

Министерство сельского хозяйства РФ

**Новозыбковский сельскохозяйственный техникум - филиал
ФГБОУ ВО
«Брянский государственный аграрный университет»**

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие



Брянск область
2015

УДК 57(07)
ББК 28
Б 63

Биология: учебное пособие / Сост. Т.П. Хезиева -
Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 194 с.

Курс лекций составлен в соответствии с рабочей программой по дисциплине Биология. Помимо теоретического материала в нем содержатся вопросы для повторения и список литературы для подготовки к занятиям.

Печатается по решению методического совета Новозыбковского филиала Брянского ГАУ

© Хезиева Т.П., 2015
© ФГБОУ ВО
«Брянский государственный
аграрный университет»
Новозыбковский филиал, 2015

Оглавление

Введение.....	4
Тема 1. Учение о клетке.....	14
Тема 1.1 Химическая организация клетки.	14
Тема 1.2 «Биологические полимеры: белки, нуклеиновые кислоты.	19
Тема 1.3 Органические молекулы - углеводы, жиры, липоид.	28
Тема 1.4 Клеточная теория строения организмов.	36
Тема 2. Организм. Размножение и индивидуальное развитие организмов.	40
Тема 2. 1 «Размножение организмов»	40
Тема 2. 2 Митоз.....	48
Тема 2. 3 Мейоз.....	53
Тема 2. 4 Эмбриональное развитие организмов.	57
Тема 2. 5 Постэмбриональное развитие организмов.....	61
Тема 3. Основы генетики и селекции.	69
Тема 3. 1 Генетика наука о наследственности и изменчивости.	69
Тема 3. 2 Первый и второй закон Г.Менделя.....	80
Тема 3. 3 Закономерности изменчивости -3 закон Г.Менделя... ..	84
Тема 4. Эволюционное учение	89
Тема 4. 1 История представлений о развитии жизни на земле.	89
Тема 4. 2. Основные положения теории Ч.Дарвина.	101
Тема 4. 3 Микроэволюция.	111
Тема 4. 4 Приспособленность организмов к условиям внешней среды.	114
Тема 4.5 Видообразование как результат микроэволюции.	123
Тема 4.6 Пути достижения биологического прогресса.	150
Тема 5. История развития жизни на земле.	156
Тема5.1 Начальный этап развития жизни.	156
Тема 5.2 Развитие жизни в архейской протерозойской, и палеозойской эрах.	161
Тема 5.3 Развитие жизни в мезозойской и кайнозойской эрах	167
Тема 6 Основы генетики	170
Тема 6.1 Абиотические и биотические факторы среды.....	170
Тема 7. Бионика	177
Дополнительная литература для студентов.	193

Введение

Вы начинаете изучение дисциплины «Биология», задача которой – изучение общих свойств живого, законов его существования и развития. Отражая живую природу и человека как ее часть, биология приобретает все большее значение в научно-техническом прогрессе, становясь производительной силой. Биология создает новую технологию – биологическую, которая должна стать основой нового индустриального общества. Биологические знания должны способствовать формированию биологического мышления и экологической культуры у каждого члена общества, без чего дальнейшее развитие человеческой цивилизации невозможно.

Цель создания данного учебного пособия – в полном объеме воспроизвести соответствующий учебный курс для студентов, обучающихся по специальностям 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 35.02.07 Механизация сельского хозяйства, 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства и для всех интересующихся биологией.

Введение в общую биологию

Вопросы:

1. Уровни организации живой материи
2. Критерии живых систем.

1 Вопрос:

Уровни организации живой материи

Окружающий нас мир живых существ – это совокупность биологических систем разной степени сложности, образующих единую иерархическую структуру. Причем следует отчетливо представлять, что взаимосвязь отдельных биологических систем, принадлежащих к одному уровню организации, формирует качественно новую систему. Одна клетка и множество клеток, один организм и группа организмов – разница не только в количестве. Совокупность клеток, обладающих общим строением и функцией, – это качественно новое образование – ткань. Группа организмов – это семья, стая, популяция, т. е. система, обладающая совершенно иными свойствами, нежели простое механическое суммирование свойств нескольких особей.

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живой материи. При образовании более сложного уровня предыдущий уровень, возникший ранее, входил в него как составная часть. Именно поэтому уровневая организация и эволюция являются отличительными признаками живой природы. В настоящее время жизнь как особая форма существования материи представлена на нашей планете несколькими уровнями организации.

1. Молекулярно-генетический уровень. Как бы сложно ни была организована любая живая система, в ее основе лежит взаимодействие биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, углеводов, а также других органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: кодирование и передача наследственной информации, обмен веществ, превращение энергии.

2. Клеточный уровень. Клетка – это структурно-функциональная единица всего живого. Существование клетки

лежит в основе размножения, роста и развития живых организмов. Вне клетки жизни нет, а существование вирусов только подтверждает это правило, потому что они могут реализовывать свою наследственную информацию только в клетке.

3. Тканевый уровень. Ткань – это совокупность клеток и межклеточного вещества, объединенных общностью происхождения, строения и выполняемой функции. В животных организмах выделяют четыре основных типа ткани: эпителиальную, соединительную, мышечную и нервную. В растениях различают образовательные, покровные, проводящие, механические, основные и выделительные (секреторные) ткани.

4. Органный уровень. Орган – это обособленная часть организма, имеющая определенную форму, строение, расположение и выполняющая конкретную функцию. Орган, как правило, образован несколькими тканями, среди которых одна (две) преобладает.

5. Организменный (онтогенетический) уровень. Организм – это целостная одноклеточная или многоклеточная живая система, способная к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов. Существование организма обеспечивается путем поддержания гомеостаза (постоянства структуры, химического состава и физиологических параметров) в процессе взаимодействия с окружающей средой.

6. Популяционно-видовой уровень. Популяция – совокупность особей одного вида, в течение длительного времени проживающих на определенной территории, внутри которой осуществляется в той или иной степени случайное скрещивание и нет существенных внутренних изоляционных барьеров; она частично или полностью изолирована от других популяций данного вида.

Вид – совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Все особи одного вида имеют одинаковый кариотип, сходное поведение и занимают определенный ареал.

На этом уровне осуществляется процесс видообразования, который происходит под действием эволюционных факторов.

7. Биогеоценотический (экосистемный) уровень. Биогеоценоз – исторически сложившаяся совокупность организмов разных видов, взаимодействующая со всеми факторами их среды обитания. В биогеоценозах осуществляется круговорот веществ и энергии.

8. Биосферный (глобальный) уровень. Биосфера – биологическая система высшего ранга, охватывающая все явления жизни в атмосфере, гидросфере и литосфере, которая объединяет все биогеоценозы (экосистемы) в единый комплекс. Здесь происходят все вещественно-энергетические круговороты, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Таким образом, жизнь на нашей планете представлена саморегулирующимися и самовоспроизводящимися системами различного ранга, открытыми для вещества, энергии и информации. Существование и взаимодействие этих систем обеспечивается происходящими в них процессами жизнедеятельности и развития.

На каждом уровне организации живой материи существуют свои специфические особенности, поэтому в любых биологических исследованиях, как правило, какой-то определенный уровень является ведущим. Так, например, изучение механизмов деления клетки осуществляется на клеточном уровне, а основные успехи в области генной инженерии достигнуты на молекулярно-генетическом. Но такое разделение проблем по уровням организации является весьма условным, потому что большинство задач биологии так или иначе касаются одновременно нескольких уровней, а порой и всех сразу. Например, проблемы эволюции затрагивают все уровни организации, а методы генной инженерии, реализуемые на молекулярно-генетическом уровне, направлены на изменение свойств всего организма.

2. Вопрос:

Критерии живых систем

Всем уровням организации живой материи присущи черты, отличающие ее от неживой материи. Рассмотрим общие,

характерные для всего живого свойства и их отличия от похожих процессов, протекающих в неживой природе.

1. Единство химического состава.

В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы.

Однако соотношение различных элементов в живом и неживом неодинаково. Элементарный состав неживой природы наряду с кислородом представлен в основном кремнием, железом, магнием, алюминием и т. д. В живых организмах 98% химического состава приходится на четыре элемента – углерод, кислород, азот и водород.

2. Обмен веществ.

Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из неё вещества, необходимые для питания, и выделяя продукты жизнедеятельности.

Отметим, что в неживой природе также существует обмен веществами. Однако при небиологическом круговороте веществ они просто переносятся с одного места на другое или меняется их агрегатное состояние: например, смыв почвы, превращение воды в пар или лёд.

В отличие от обменных процессов в неживой природе у живых организмов они имеют качественно иной уровень. В круговороте органических веществ самыми существенными стали процессы синтеза и распада.

Живые организмы поглощают из окружающей среды различные вещества. Вследствие целого ряда сложных химических превращений вещества из окружающей среды уподобляются веществам живого организма, и из них строится его тело. Эти процессы называются ассимиляцией или пластическим обменом. Другая сторона обмена веществ – процессы диссимиляции, в результате которых сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакции биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют энергетическим обменом.

Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и как следствие по-

стоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

3. Самовоспроизведение (репродукция).

При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей: кошки воспроизводят котят, собаки – щенят. Из семян одуванчика опять вырастает одуванчик. Деление одноклеточного организма – амебы – приводит к образованию двух амеб, полностью схожих с материнской клеткой. Таким образом, размножение – свойство организмов воспроизводить себе подобных.

Что лежит в основе процесса самовоспроизведения? Обратим внимание на то, что этот процесс осуществляется практически на всех уровнях организации живой материи. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, органеллы клеток (митохондрии, пластиды и др.) после деления сходны со своими предшественниками. Из одной молекулы ДНК - дезоксирибонуклеиновой кислоты – при ее удвоении образуются две дочерние молекулы, полностью повторяющие исходную.

В основе самовоспроизведения лежат реакции матричного синтеза, т.е. образования новых молекул и структур на основе информации, заложенной в последовательности нуклеотидов ДНК. Следовательно, самовоспроизведение – одно из основных свойств живого, тесно связанное с явлением наследственности.

4. Наследственность.

Заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойств и особенности развития из поколения в поколение. Она обусловлена стабильностью, т.е. постоянством, строения молекул ДНК.

5. Изменчивость.

Это свойство как бы противоположно наследственности, но вместе с тем тесно связано с ней, так как при этом изменяются наследственные задатки – гены, определяющие развитие тех или иных признаков. Если бы репродукция матриц матриц – молекул ДНК – всегда происходила с абсолютной точностью, то при размножении организмов осуществлялась бы преемственность только существовавших прежде признаков, и приспособление видов к меняющимся условиям среды оказалось бы невозможным. Следовательно, изменчивость – это способность

организмов приобретать новые признаки и свойства, в основе, которой лежат изменения биологических матриц.

Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора, т.е. отбора наиболее приспособленных особей к конкретным условиям существования в природных условиях, что в свою очередь приводит к появлению новых форм жизни, новых видов организмов.

6. Рост и развитие.

Способность к развитию – всеобщее свойство материи. Под развитием понимают закономерное изменение объектов живой и неживой природы. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта, вследствие которого изменяется его состав или структура. Развитие живой формы существования материи представлено индивидуальным развитием, или онтогенезом, и историческим развитием, или филогенезом.

На протяжении онтогенеза постепенно и последовательно проявляются индивидуальные свойства организмов. Независимо от способа размножения все дочерние особи, образующиеся из одной зиготы или споры, почки или клетки, получают по наследству только генетическую информацию, т.е. возможность проявить те или иные признаки. В процессе развития возникает специфическая структурная организация индивида, а увеличение его массы обусловлено репродукцией макромолекул, элементарных структур клеток и самих клеток. Филогенез, или эволюция, - это необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни.

Результатом эволюции является все многообразие живых организмов на Земле.

7. Раздражимость.

Любой организм неразрывно связан с окружающей средой: извлекает из нее питательные вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т.д., В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство избирательно реагировать на внешние воздействия. Это свойство носит название раздражимости. Всякое изменение окружающих организм условий среды представляет собой по отношению к нему раздражение, а

его реакция на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

Реакция многоклеточных животных на раздражение осуществляется через посредство нервной системы и называется рефлексом.

8. Дискретность.

Само слово дискретность произошло от латинского «дискретус», что означает прерывистый, разделенный: Дискретность – всеобщее свойство материи. Так, из курса физики и общей химии известно, что каждый атом состоит из элементарных частиц, что атомы образуют молекулу. Простые молекулы входят в состав сложных соединений или кристаллов и т. д. Жизнь на земле проявляется в виде дискретных форм, это означает, что отдельный организм или иная биологическая система (вид, биоценоз и др.) состоит из отдельных изолированных, т.е. обособленных или отграниченных в пространстве, но, тем не менее, тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно функциональное единство. Например, любой вид организмов включает отдельные особи. Тело высокоорганизованной особи образуют пространственно ограниченные органы, которые в свою очередь состоят из отдельных клеток. Энергетический аппарат клетки представлен отдельными митохондриями, аппарат синтеза белка – рибосомами и т.д. вплоть до макро молекул, каждая из которых может выполнять свою функцию лишь, будучи пространственно изолированной, от других. Дискретность строения организма – основа его структурной упорядоченности. Она создает возможность постоянного самообновления его путем замены «износившихся» структурных элементов (молекул, ферментов, органоидов клетки, целых клеток) без прекращения выполняемой функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции путем гибели или устранения от размножения неприспособленных особей и сохранения индивидов с полезными для выживания признаками.

9. Саморегуляция (авторегуляция).

Это способность живых организмов, обитающих в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, поддерживать постоянно своего химического состава и интенсивность течения физиологических процессов. При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние ресур-

сы организма, а избыток вызывает запасание этих веществ. Подобные реакции осуществляются разными путями благодаря деятельности регуляторных систем – нервной и эндокринной. Сигналом для включения той или иной регулирующей системы может быть изменение концентрации какого-либо вещества или состояния какой-либо системы.

10. Ритмичность.

Это свойство присуще как живой, так и неживой природе. Обусловлено оно различными космическими причинами: вращением Земли вокруг Солнца, сменой времен года, фазами Луны и т. д. Для неживой природы характерны, например, изменение освещенности и температуры в течении года и суток, приливы и отливы в морях и океанах, перемещение воздушных масс – ветры и т. д. Живые организмы также подчиняются внешним датчикам времени, однако реакция их значительно сложнее изменений окружающей среды.

Повсюду в неживой и живой природе распространены колебательные процессы. Океанические приливы и отливы, смена дня и ночи, фаз Луны, чередование времен года, периодическое увеличение солнечной активности, цикличность геологических процессов, в том числе периодическая смена суши морем и моря суши – все это разные формы колебательных процессов. Периодические изменения в окружающей среде оказывают глубокое влияние на живую природу и на собственные ритмы живых организмов.

Ритм – это повторение одного и того же события или воспроизведение одного и того же состояния через равные промежутки времени. В биологии под ритмичностью понимают периодические изменения интенсивности физиологических функций с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия). Хорошо известны суточные ритмы сна и бодрствования у человека; сезонные ритмы активности и спячки у некоторых млекопитающих (суслики, ежи, медведи) и многие другие.

Ритмичность направлена на согласование функций организма с окружающей средой, т. е. на приспособление к постоянно меняющимся условиям существования.

11. Энергозависимость.

Живые тела представляют собой «открытые» для поступления энергии системы. Это понятие заимствовано из физики.

Под «открытыми» системами понимают динамические, т. е. не находящиеся в состоянии покоя системы, устойчивые лишь при условии непрерывного доступа к ним энергии и материи извне. Таким образом, живые организмы существуют до тех пор, пока в них поступает энергия и материя в виде пищи из окружающей среды. Следует отметить, что живые организмы в отличие от объектов неживой природы отграничены от окружающей среды оболочками (наружная клеточная мембрана у одноклеточных, покровная ткань у многоклеточных). Эти оболочки затрудняют обмен веществ между организмом и внешней средой, сводят к минимуму потери веществ и поддерживают пространственное единство системы.

Таким образом, живые организмы резко отличаются от объектов физики и химии – неживых систем – своей исключительной сложностью и высокой структурной и функциональной упорядоченностью. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства. Живое представляет собой особую ступень развития материи.

Теперь, после ознакомления с основными свойствами живых организмов, можно сформулировать определение понятия «жизнь». Материалистическое определение жизни дал один из основоположников научного коммунизма Ф. Энгельс в книге «Анти-Дюринг»: «Жизнь есть способ существования белковых тел, и этот способ существования состоит по своему существу в постоянном самообновлении химических составных частей этих тел». Это определение дано Энгельсом более 100 лет назад. В него вошли два важных положения: 1) жизнь тесно связана с белковыми телами и 2) непременное условие жизни – постоянный обмен веществ, с прекращением которого прекращается и жизнь.

Достижения биологии нашего времени позволили вскрыть новые черты, характерные для живых организмов, и на этом основании дать более подробное определение понятия «жизнь». Одно из таких определений принадлежит советскому ученому М.В. Волькенштейну: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот». Ознакомившись, таким образом, со свойствами и сущностью живых орга-

низмов, можно перейти теперь к вопросу о возникновении жизни на Земле. Однако к чему же сводится этот вопрос?

Уже отмечалось, что все живые существа обладают совокупностью одних и тех же свойств и состоят из одних и тех же групп биологических полимеров, выполняющих определенные функции. Кроме того, практически все живые организмы, существующие на Земле, объединяет и то, что последовательность биохимических превращений, обеспечивающих обменные процессы, у них сходна вплоть до деталей. Например, расщепление глюкозы, биосинтез белка и другие реакции у самых разных организмов протекают почти одинаково.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие молекулярному уровню организации живой материи.
2. Дайте понятие клеточному уровню организации живой материи.
3. Дайте понятие тканевому уровню организации живой материи.
4. Дайте понятие органному уровню организации живой материи.
5. Дайте понятие организменному уровню организации живой материи.
6. Дайте понятие популяционно-видовому уровню организации живой материи.
7. Дайте понятие биогеоценологическому уровню организации живой материи.
8. Дайте понятие биосферному уровню организации живой материи.
9. Перечислите и охарактеризуйте общие свойства живых систем.

Тема 1. Учение о клетке

Тема 1.1 Химическая организация клетки

Вопросы:

1. Химический состав клетки.
2. Неорганические вещества, входящие в состав клетки.
3. Минеральные соли.

1. Вопрос. **Химический состав клетки**

Каждая клетка содержит множество химических элементов, участвующих в различных химических реакциях. Химические процессы, протекающие в клетке – одно из основных условий её жизни, развития и функционирования. Одних химических элементов в клетке больше, других – меньше.

На атомном уровне различий между органическим и неорганическим миром живой природы нет: живые организмы состоят из тех же атомов, что и тела неживой природы. Однако соотношение разных химических элементов в живых организмах и в земной коре сильно различается. Кроме того, живые организмы могут отличаться от окружающей их среды по изотопному составу химических элементов.

Условно все элементы клетки можно разделить на три группы.

- 1 Макроэлементы
- 2 Микроэлементы
- 3 Ультрамикроэлементы

К макроэлементам относят кислород (65 – 75 %), углерод (15 – 18 %), водород (8 – 10 %), азот (2,0 – 3,0 %), калий (0,15 – 0,4 %), сера (0,15 – 0,2 %), фосфор (0,2 – 1,0 %), хлор (0,05 – 0,1 %), магний (0,02 – 0,03 %), натрий (0,02 – 0,03 %), кальций (0,04 – 2,00 %). Такие элементы, как С, О, Н, N, S, Р входят в состав органических соединений.

Углерод – входит в состав всех органических веществ; скелет из атомов углерода составляет их основу. Кроме того, в виде CO_2 фиксируется в процессе фотосинтеза и выделяется в ходе дыхания, в виде СО (в низких концентрациях) участвует в регуляции клеточных функций, в виде CaCO_3 входит в состав минеральных скелетов.

Кислород – входит в состав практически всех органических веществ клетки. Образуется в ходе фотосинтеза при фотолизе воды. Для аэробных организмов служит окислителем в ходе клеточного дыхания, обеспечивая клетки энергией. В наибольших количествах в живых клетках содержится в составе воды.

Водород – входит в состав всех органических веществ клетки. В наибольших количествах содержится в составе воды.

Некоторые бактерии окисляют молекулярный водород для получения энергии.

Азот – входит в состав белков, нуклеиновых кислот и их мономеров – аминокислот и нуклеотидов. Из организма животных выводится в составе аммиака, мочевины, гуанина или мочевой кислоты как конечный продукт азотного обмена. В виде оксида азота NO (в низких концентрациях) участвует в регуляции кровяного давления.

Сера – входит в состав серосодержащих аминокислот, поэтому содержится в большинстве белков. В небольших количествах присутствует в виде сульфат-иона в цитоплазме клеток и межклеточных жидкостях.

Фосфор – входит в состав АТФ, других нуклеотидов и нуклеиновых кислот (в виде остатков фосфорной кислоты), в состав костной ткани и зубной эмали (в виде минеральных солей), а также присутствует в цитоплазме и межклеточных жидкостях (в виде фосфат-ионов).

Магний – входит в состав многих ферментов, участвующих в энергетическом обмене и синтезе ДНК; поддерживает целостность рибосом и митохондрий, входит в состав хлорофилла. В животных клетках магний необходим для функционирования мышечных и костных систем.

Кальций – участвует в свёртывании крови, а также служит одним из универсальных вторичных посредников, регулируя важнейшие внутриклеточные процессы (в том числе участвует в поддержании мембранного потенциала, необходим для мышечного сокращения). Нерастворимые соли кальция участвуют в формировании костей и зубов позвоночных и минеральных скелетов беспозвоночных.

Натрий – участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, процессах осморегуляции (в том числе в работе почек у человека) и создании буферной системы крови.

Калий – участвует в поддержании мембранного потенциала, генерации нервного импульса, регуляции сокращения сердечной мышцы. Содержится в межклеточных веществах.

Хлор – поддерживает электронейтральность клетки.

К микроэлементам, составляющим от 0,001 % до 0,000001 % массы тела живых существ, относят ванадий, германий, йод (входит в состав тироксина, гормона щитовидной железы), кобальт (витамин В12), марганец, никель, рутений, селен, фтор (зубная эмаль), медь, хром, цинк

Цинк – входит в состав ферментов, участвующих в спиртовом брожении, в состав инсулина

Медь – входит в состав окислительных ферментов.

Селен - участвует в регуляторных процессах организма.

Ультрамикроэлементы составляют менее 0,0000001 % в организмах живых существ, к ним относят золото, серебро, которые оказывают бактерицидное воздействие, ртуть, подавляющую обратное всасывание воды в почечных канальцах, оказывая воздействие на ферменты. Также к ультрамикроэлементам относят платину и цезий. Некоторые к этой группе относят и селен, при его недостатке развиваются раковые заболевания. Функции ультрамикроэлементов ещё мало понятны.

2. Вопрос. **Неорганические вещества, входящие в состав клетки**

Вода - 60 % - 95 % от общей массы организма. Вода – обязательное условие жизненной активности клетки. Вода - среда обитания для многих организмов.

Свойства воды: малые размеры молекулы; полярность молекул; способность образовывать водородные связи друг с другом.

Функции воды:

универсальный растворитель для полярных веществ, служит средой для транспорта различных веществ внутри организма;

теплоёмкость: биохимические процессы идут в малом диапазоне температур;

большая теплота испарения: используется при терморегуляции у животных (потоотделение) и растений (охлаждение листьев);

большая теплота плавления: препятствует образованию кристаллов льда в клетках при понижении температуры;

плотность льда меньше плотности воды: он не тонет, и водоёмы промерзают сверху вниз (в противном случае реки и

озера холодных и умеренных поясов промёрзли бы за зиму насквозь);

поверхностное натяжение: обеспечивает движение воды по капиллярам организмов;

необходимый компонент метаболических реакций (фотосинтез, гидролиз);

осморегулятор: обеспечивает внутриклеточное давление на стенку клетки.

3. Вопрос. **Минеральные соли**

Кроме воды, в числе неорганических веществ, входящих в состав клетки, нужно назвать соли, представляющие собой ионные соединения. В водном растворе они диссоциируют с образованием катиона металла и аниона кислотного остатка.

Для процессов жизнедеятельности клетки наиболее важны:

Катионы: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Анионы: $H_2PO_3^-$, Cl^- , HCO_3^{2-} .

Концентрация ионов на внешней поверхности клетки отличается от их концентрации на внутренней поверхности. На внешней поверхности клеточной мембраны очень высокая концентрация ионов натрия, а на внутренней поверхности высока концентрация ионов калия. Вследствие этого образуется разность потенциалов между внутренней и внешней поверхностью клеточной мембраны, что обуславливает передачу возбуждения по нерву или мышце.

Ионы кальция и магния являются активаторами многих ферментов.

От концентрации солей внутри клетки зависят ее буферные свойства. Буферность – это способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию на постоянном уровне. Буферность внутри клетки обеспечивается анионами $H_2PO_3^-$ и HCO_3^{2-} .

Во внеклеточной жидкости и в крови роль буфера играют H_2CO_3 и HCO_3^{2-} .

Анионы слабых кислот и слабые щелочи связывают ионы водорода и гидроксид-ионы, благодаря чему реакция внутри клетки не изменяется.

Соляная кислота создает, кислую среду в желудке, ускоряя переваривание белков пищи.

Ионы кальция и фосфора содержатся в костной ткани.

Минеральные соли поступают в клетки организма из внешней среды. Избыток солей вместе с водой выводится из организма во внешнюю среду.

Вопросы для повторения:

1. Назовите элементы, которые относятся к макроэлементам.
2. Перечислите элементы, которые относятся к микроэлементам.
3. Перечислите элементы, которые относятся к ультрамикроэлементам.
4. Объясните биологическую роль кальция в живых организмах.
5. Объясните биологическую роль хлора в клетках живых организмах.
6. Объясните биологическую роль азота в клетках живых организмах.
7. Объясните функции воды в клетке.
8. На что влияет концентрации солей внутри клетки.
9. Дайте понятие буферности.
10. О чем свидетельствует сходство химического состава клеток разных организмов?
11. Чем отличается химический состав тел живой и неживой природы?

Тема 1.2 «Биологические полимеры: белки, нуклеиновые кислоты

Вопросы

1. Состав, строение, функции белков.
2. Типы нуклеиновых кислот.

1. Вопрос. Состав, строение, функции белков

Строение белков Белки – высокомолекулярные органические соединения, состоящие из остатков α -аминокислот. В со-

став белков входят углерод, водород, азот, кислород, сера. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь. Белки обладают большой молекулярной массой: яичный альбумин – 36 000, гемоглобин – 152 000, миозин – 500 000. Для сравнения: молекулярная масса спирта – 46, уксусной кислоты – 60, бензола – 78.

Аминокислотный состав белков Белки – непериодические полимеры, мономерами которых являются α -аминокислоты. Обычно в качестве мономеров белков называют 20 видов α -аминокислот, хотя в клетках и тканях их обнаружено свыше 170. В зависимости от того, могут ли аминокислоты синтезироваться в организме человека и других животных, различают: заменимые аминокислоты – могут синтезироваться; незаменимые аминокислоты – не могут синтезироваться. Незаменимые аминокислоты должны поступать в организм вместе с пищей. Растения синтезируют все виды аминокислот.

В зависимости от аминокислотного состава, белки бывают: полноценными – содержат весь набор аминокислот; неполноценными – какие-то аминокислоты в их составе отсутствуют. Если белки состоят только из аминокислот, их называют простыми. Если белки содержат помимо аминокислот еще и неаминокислотный компонент их называют сложными. Все аминокислоты содержат: 1) карбоксильную группу ($-\text{COOH}$), 2) аминогруппу ($-\text{NH}_2$), 3) радикал или R-группу (остальная часть молекулы). Строение радикала у разных видов аминокислот — различное. В зависимости от количества аминогрупп и карбоксильных групп, входящих в состав аминокислот, различают: нейтральные аминокислоты, имеющие одну карбоксильную группу и одну аминогруппу; основные аминокислоты, имеющие более одной аминогруппы; кислые аминокислоты, имеющие более одной карбоксильной группы.

Пептидная связь. Пептиды – органические вещества, состоящие из остатков аминокислот, соединенных пептидной связью. Образование пептидов происходит в результате реакции конденсации аминокислот. При взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой между ними возникает ковалентная азот-углеродная связь, которую и называют пептидной. В зависимости от количества аминокис-

лотных остатков, входящих в состав пептида, различают дипептиды, трипептиды, тетрапептиды и т.д. Образование пептидной связи может повторяться многократно. Это приводит к образованию полипептидов. На одном конце пептида находится свободная аминогруппа (его называют N-концом), а на другом – свободная карбоксильная группа (его называют С-концом).

Выполнение белками определенных специфических функций зависит от пространственной конфигурации их молекул, кроме того, клетке энергетически невыгодно держать белки в развернутой форме, в виде цепочки, поэтому полипептидные цепи подвергаются укладке, приобретая определенную трехмерную структуру. Выделяют 4 уровня пространственной организации белков: первичный, вторичный, третичный и четвертичный.

Первичная структура белка - это последовательность расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи, составляющей молекулу белка. Связь между аминокислотами – пептидная. Если молекула белка состоит всего из 10 аминокислотных остатков, то число теоретически возможных вариантов белковых молекул, отличающихся порядком чередования аминокислот, – 1020. Имея 20 аминокислот, можно составить из них еще большее количество разнообразных комбинаций. В организме человека обнаружено порядка десяти тысяч различных белков, которые отличаются как друг от друга, так и от белков других организмов.

Вторичная структура - это упорядоченное свертывание полипептидной цепи в спираль (имеет вид растянутой пружины). Витки спирали укрепляются водородными связями, возникающими между карбоксильными группами и аминогруппами. Практически все СО- и NH-группы принимают участие в образовании водородных связей. Они слабее пептидных, но, повторяясь многократно, придают данной конфигурации устойчивость и жесткость. На уровне вторичной структуры существуют белки: фиброин (шелк, паутина), кератин (волосы, ногти), коллаген (сухожилия).

Третичная структура укладка полипептидных цепей в глобулы, возникающая в результате возникновения химических связей (водородных, ионных, дисульфидных) и установления гидрофобных взаимодействий между радикалами аминокислотных

остатков. Основную роль в образовании третичной структуры играют гидрофильно-гидрофобные взаимодействия. В водных растворах гидрофобные радикалы стремятся спрятаться от воды, группируясь внутри глобулы, в то время как гидрофильные радикалы в результате гидратации (взаимодействия с диполями воды) стремятся оказаться на поверхности молекулы. У некоторых белков третичная структура стабилизируется дисульфидными ковалентными связями, возникающими между атомами серы двух остатков цистеина. На уровне третичной структуры существуют ферменты, антитела, некоторые гормоны.

Четвертичная структура - она характерна для сложных белков, молекулы которых образованы двумя и более глобулами. Субъединицы удерживаются в молекуле благодаря ионным, гидрофобным и электростатическим взаимодействиям. Иногда при образовании четвертичной структуры между субъединицами возникают дисульфидные связи. Наиболее изученным белком, имеющим четвертичную структуру, является гемоглобин. Он образован двумя α -субъединицами (141 аминокислотный остаток) и двумя β -субъединицами (146 аминокислотных остатков). С каждой субъединицей связана молекула гема, содержащая железо.

Свойства белков Белки сочетают в себе основные и кислотные свойства, определяемые радикалами аминокислот: чем больше кислых аминокислот в белке, тем ярче выражены его кислотные свойства. Способность отдавать и присоединять H^+ определяют буферные свойства белков; один из самых мощных буферов – гемоглобин в эритроцитах, поддерживающий рН крови на постоянном уровне. Есть белки растворимые (фибриноген), есть нерастворимые, выполняющие механические функции (фиброин, кератин, коллаген). Есть белки активные в химическом отношении (ферменты), есть химически неактивные, устойчивые к воздействию различных условий внешней среды и крайне неустойчивые.

Свойства белков Внешние факторы (нагревание, ультрафиолетовое излучение, тяжелые металлы и их соли, изменения рН, радиация, обезвоживание) могут вызывать нарушение структурной организации молекулы белка. Процесс утраты трехмерной конформации, присущей данной молекуле белка, называют денатурацией. Причиной денатурации является раз-

рыв связей, стабилизирующих определенную структуру белка. Первоначально рвутся наиболее слабые связи, а при ужесточении условий и более сильные. Поэтому сначала утрачивается четвертичная, затем третичная и вторичная структуры. Изменение пространственной конфигурации приводит к изменению свойств белка и, как следствие, делает невозможным выполнение белком свойственных ему биологических функций. Если денатурация не сопровождается разрушением первичной структуры, то она может быть обратимой, в этом случае происходит самовосстановление свойственной белку конформации. Такой денатурации подвергаются, например, рецепторные белки мембраны. Процесс восстановления структуры белка после денатурации называется ренатурацией. Если восстановление пространственной конфигурации белка невозможно, то денатурация называется необратимой.

Функции белков:

1. Строительная. Белки участвуют в образовании клеточных и внеклеточных структур: входят в состав клеточных мембран (липопротеины, гликопротеины), волос (кератин), сухожилий (коллаген) и т.д.

2. Транспортная. Белок крови гемоглобин присоединяет кислород и транспортирует его от легких ко всем тканям и органам, а от них в легкие переносит углекислый газ; в состав клеточных мембран входят особые белки, которые обеспечивают активный и строго избирательный перенос некоторых веществ и ионов из клетки во внешнюю среду и обратно.

3. Регуляторная. Гормоны белковой природы принимают участие в регуляции процессов обмена веществ. Например, гормон инсулин регулирует уровень глюкозы в крови, способствует синтезу гликогена, увеличивает образование жиров из углеводов.

4. Защитная. В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (антигенов) образуются особые белки - антитела, способные связывать и обезвреживать их. Фибрин, образующийся из фибриногена, способствует остановке кровотечений.

5. Двигательная. Сократительные белки актин и миозин обеспечивают сокращение мышц у многоклеточных животных.

6. Сигнальная. В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды, таким образом осуществляя прием сигналов из внешней среды и передачу команд в клетку.

7. Запасающая. В организме животных белки, как правило, не запасаются, исключение: альбумин яиц, казеин молока. Но благодаря белкам в организме могут откладываться про запас некоторые вещества, например, при распаде гемоглобина железо не выводится из организма, а сохраняется, образуя комплекс с белком ферритином.

8. Энергетическая. При распаде 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж. Сначала белки распадаются до аминокислот, а затем до конечных продуктов - воды, углекислого газа и аммиака. Однако в качестве источника энергии белки используются только тогда, когда другие источники (углеводы и жиры) израсходованы.

9. Каталитическая. Одна из важнейших функций белков. Обеспечивается белками - ферментами, которые ускоряют биохимические реакции, происходящие в клетках. Например, рибулезобифосфаткарбоксилаза катализирует фиксацию CO₂ при фотосинтезе.

2. Вопрос. Типы нуклеиновых кислот

Мы рождаемся, взрослеем, у нас появляются дети и внуки. Мы ни одни живые существа на этой планете, вокруг нас ежедневно, ежесекундно происходит зарождение новой жизни. Этот процесс не прерывается никогда. Наши соседи по планете – это миллиарды живых существ: растения, животные, микроорганизмы, вирусы. Нас радует цветущий вишневый сад и шорох желтеющей, отмирающей листвы под ногами, умиротворяет выпрыгивающие из воды дельфины и прыгающая белка – летяга. Все мы когда-либо болели гриппом, краснухой и эти болезни вызваны нахождением в нашем организме болезнетворных микробов и вирусов, а это тоже живые организмы. Как редко мы задумываемся, откуда такое разнообразие жизни, и ее форм, так не похожих друг на друга! А между тем все живые организмы состоят из одних и тех же химических элементов, объединенных

в макромолекулы, такие как белки. Только у различных живых существ белки различны по своей структуре. Но почему клетки определенного организма синтезируют только свойственные им белки? Как происходит механизм передачи наследственной информации, а главное – где она хранится? Это вопросы, на которые я постараюсь найти ответы в этой работе.

Нуклеиновые кислоты - это биополимеры, макромолекулы которых состоят из многократно повторяющихся звеньев - нуклеотидов. Поэтому их называют также полинуклеотидами. Важнейшей характеристикой нуклеиновых кислот является их нуклеотидный состав. В состав нуклеотида - структурного звена нуклеиновых кислот - входят три составные части:

- азотистое основание - пиримидиновое или пуриновое. В нуклеиновых кислотах содержатся основания 4-х разных видов: два из них относятся к классу пуринов и два – к классу пиримидинов. Азот, содержащийся в кольцах, придает молекулам основные свойства.

- моносахарид - рибоза или 2-дезоксирибоза. Сахар, входящий в состав нуклеотида, содержит пять углеродных атомов, т.е. представляет собой пентозу. В зависимости от вида пентозы, присутствующей в нуклеотиде, различают два вида нуклеиновых кислот – рибонуклеиновые кислоты (РНК), которые содержат рибозу, и дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК), содержащие дезоксирибозу.

- остаток фосфорной кислоты. Нуклеиновые кислоты являются кислотами потому, что в их молекулах содержится фосфорная кислота.

Нуклеотид - фосфорный эфир нуклеозида. В состав нуклеозида входят два компонента: моносахарид (рибоза или дезоксирибоза) и азотистое основание.

Значение нуклеиновых кислот очень велико. Особенности их химического строения обеспечивают возможность хранения, переноса в цитоплазму и передачи по наследству дочерним клеткам информации о структуре белковых молекул, которые синтезируются в каждой клетке. Белки обуславливают большинство свойств и признаков клеток. Понятно поэтому, что стабильность структуры нуклеиновых кислот - важнейшее условие нормальной жизнедеятельности клеток и организма в целом.

Любые изменения строения нуклеиновых кислот влекут за собой изменения структуры клеток или активности физиологических процессов в них, влияя таким образом на жизнеспособность. Существует два типа нуклеиновых кислот: ДНК и РНК.

РНК (рибонуклеиновая кислота), так же как ДНК, представляет собой полимер, мономерами которого служат нуклеотиды. Азотистые основания те же самые, что входят в состав ДНК (аденин, гуанин, цитозин); четвертое - урацил - присутствует в молекуле РНК вместо тимина. Нуклеотиды РНК содержат вместо дезоксирибозы другую пентозу - рибозу.

Химически РНК очень похожа на ДНК. Оба вещества - это линейные полимеры нуклеотидов. Каждый мономер - нуклеотид - представляет собой фосфорилированный N-гликозид, построенный из остатка пятиуглеродного сахара - пентозы, несущего фосфатную группу на гидроксильной группе пятого углеродного атома (сложноэфирная связь) и азотистое основание при первом углеродном атоме (N-гликозидная связь). Главное химическое различие между ДНК и РНК состоит в том, что сахарный остаток мономера РНК - это рибоза, а мономера ДНК - дезоксирибоза, являющаяся производным рибозы, в котором отсутствует гидроксильная группа при втором углеродном атоме

Существует три вида основных вида РНК.

- Информационная (матричная) РНК – мРНК.

Все мРНК объединяет их функции – они служат в качестве матриц для синтеза белков, передавая информацию об их структуре с молекул ДНК.

- Транспортная (акцепторная) РНК – тРНК

Самая маленькая из РНК. Молекулы тРНК состоят из 75-100 нуклеотидов и весит 20-30 тыс. Да. Функция тРНК – перенос аминокислот к синтезируемой молекуле белка.

Число различных видов тРНК в клетке невелико: 20-61. Все они имеют сходную пространственную организацию. Благодаря внутрицепочечным комплементарным взаимодействиям молекула тРНК приобретает характерную вторичную структуру, которую традиционно изображают в виде плоского креста, называя ее клеверным крестом. Трехмерная же модель тРНК выглядит несколько иначе. В тРНК выделяют 4 петли (или плеча):

акцепторная (служит местом присоединения переносимой аминокислоты);

антикодоновая (узнает кодон в мРНК в процессе трансляции);
2 боковые.

- Рибосомная РНК – рРНК.

Одноцепочечные нуклеиновые кислоты, которые в комплексе с рибосомными белками образуют рибосомы – органеллы, на которых происходит синтез белка.

В клетке больше всего содержится рРНК, значительно меньше тРНК и совсем немного мРНК.

Между ДНК и РНК есть три основных отличия:

ДНК содержит сахар дезоксирибозу, РНК – рибозу, у которой есть дополнительная, по сравнению с дезоксирибозой, гидроксильная группа. Эта группа увеличивает вероятность гидролиза молекулы, то есть уменьшает стабильность молекулы РНК.

Нуклеотид, комплементарный аденину, в РНК не тимин, как в ДНК, а урацил — метилированная форма тимина.

ДНК существует в форме двойной спирали, состоящей из двух отдельных молекул. Молекулы РНК, в среднем, гораздо короче и преимущественно одноцепочечные

Вопросы для повторения:

1. Каковы особенности строения белка как полимера?
2. Чем отличаются белки как полимеры от таких природных полимеров как крахмал, целлюлоза?
3. Что представляет собой первичная структура белка?
4. Что представляет собой вторичная, третичная структура белка?
5. Что представляет собой денатурация белка?
6. Охарактеризуйте функции белков.
7. Какие виды нуклеиновых кислот обнаружены в клетке?
8. Какова биологическая роль ДНК?
9. Какова биологическая роль РНК?
10. Какие виды РНК имеются в клетке?
11. Сравните структуру ДНК и РНК?

Тема 1.3 Органические молекулы - углеводы, жиры, липоиды

Вопросы

1. Биологические полимеры.
2. Углеводы и их строение.
3. Функции углеводов.
4. Функции жиров, липидов.

1. Вопрос. Биологические полимеры

Биологические полимеры часто называют биополимерами. Это органические соединения, которые входят в состав клеток живых организмов и содержатся в продуктах их жизнедеятельности.

Если обратить внимание на греческое происхождение слова «полимер», то его дословный перевод означает «много». Следовательно, полимер – это многозвеньевая цепь. Непосредственно звеньями в этой цепи является мономер – достаточно простое вещество.

Мономеры в процессе соединения между собой в обязательном порядке образуют цепи, которые состоят не из одной тысячи мономеров. Если для обозначения типа мономера взять определенную букву, например «А», то полимер будет выглядеть в виде достаточно длинного сочетания однотипных звеньев (например, А - А - А - А - ... А). Стоит отметить, что из таких цепей и состоят известные большинству органические вещества: крахмал, целлюлоза, гликоген и другие.

Классический пример биологических полимеров – это белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты.

Что касается свойств биополимеров, то они зависят исключительно от строения присутствующих в них молекул. И не только от их количества, но и от соединения мономерных звеньев, которые собственно и образуют сам полимер.

Мономеры белков – аминокислоты, нуклеиновых кислот – нуклеотиды, в полисахаридах – моносахариды.

Выделяют два типа биополимеров – регулярные (некоторые полисахариды) и нерегулярные (белки, нуклеиновые кислоты, некоторые полисахариды).

2 Вопрос. Углеводы и их строение

Все углеводы состоят из отдельных «единиц», которыми являются сахараиды. По способности к гидролизу на мономеры углеводы делятся на две группы: простые и сложные. Углеводы, содержащие одну единицу, называются моносахаридами. Две единицы – дисахаридами, от двух до десяти единиц – олигосахаридами, а более десяти – полисахаридами. Моносахаридами быстро повышают содержание сахара в крови, и обладают высоким гликемическим индексом, поэтому их ещё называют быстрыми углеводами. Они легко растворяются в воде и синтезируются в зелёных растениях. Углеводы, состоящие из 3 или более единиц, называются сложными. Продукты, богатые медленными углеводами, постепенно повышают содержание глюкозы и имеют низкий гликемический индекс, поэтому их ещё называют медленными углеводами. Сложные углеводы являются продуктами поликонденсации простых сахаров (моносахаридов) и, в отличие от простых, в процессе гидролитического расщепления способны распадаться на мономеры, с образованием сотни и тысячи молекул моносахаридов.

Моносахаридами (от греческого *monos* – единственный, *sacchar* – сахар) – простейшие углеводы, не гидролизующиеся с образованием более простых углеводов – обычно представляют собой бесцветные, легко растворимые в воде, плохо – в спирте и совсем нерастворимые в эфире, твёрдые прозрачные органические соединения, одна из основных групп углеводов, самая простая форма сахара. Водные растворы имеют нейтральную pH. Некоторые моносахаридами обладают сладким вкусом. Моносахаридами содержат карбонильную (альдегидную или кетонную) группу, поэтому их можно рассматривать как производные многоатомных спиртов. Моносахарид, у которого карбонильная группа расположена в конце цепи, представляет собой альдегид и называется альдоза. При любом другом положении карбонильной группы моносахарид является кетоном и называется

кетоза. В зависимости от длины углеродной цепи (от трёх до десяти атомов) различают триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы и так далее. Среди них наибольшее распространение в природе получили пентозы и гексозы[3]. Моносахариды – стандартные блоки, из которых синтезируются дисахариды, олигосахариды и полисахариды.

В природе в свободном виде наиболее распространена D-глюкоза (виноградный сахар или декстроза) – шестиатомный сахар (гексоза), структурная единица (мономер) многих полисахаридов (полимеров) – дисахаридов: (мальтозы, сахарозы и лактозы) и полисахаридов (целлюлоза, крахмал). Другие моносахариды, в основном, известны как компоненты ди-, олиго- или полисахаридов и в свободном состоянии встречаются редко. Природные полисахариды служат основными источниками моносахаридов.

Дисахариды.

Мальтоза (солодовый сахар) – природный дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы

Дисахариды (от *di* – два, *sacchar* – сахар) – сложные органические соединения, одна из основных групп углеводов, при гидролизе каждая молекула распадается на две молекулы моносахаридов, являются частным случаем олигосахаридов.

Олигосахариды.

Олигосахариды (от греч. *ὀλίγος* – немногий) – углеводы, молекулы которых синтезированы из 2 – 10 остатков моносахаридов, соединённых гликозидными связями. Соответственно различают: дисахариды, трисахариды и так далее. Олигосахариды, состоящие из одинаковых моносахаридных остатков, называют гомополисахаридами, а из разных – гетерополисахаридами. Наиболее распространены среди олигосахаридов дисахариды.

Среди природных трисахаридов наиболее распространена рафиноза – невосстанавливающий олигосахарид, содержащий остатки фруктозы, глюкозы и галактозы – в больших количествах содержится в сахарной свёкле и во многих других растениях.

Полисахариды – общее название класса сложных высокомолекулярных углеводов, молекулы которых состоят из десятков, сотен или тысяч мономеров – моносахаридов. С точки зрения общих принципов строения в группе полисахаридов возможно различить гомополисахариды, синтезированные из одно-

типных моносахаридных единиц и гетерополисахариды, для которых характерно наличие двух или нескольких типов мономерных остатков

Крахмал $(C_6H_{10}O_5)_n$ – смесь двух гомополисахаридов: линейного – амилозы и разветвлённого – амилопектина, мономером которых является альфа-глюкоза. Белое аморфное вещество, не растворимое в холодной воде, способное к набуханию и частично растворимое в горячей воде.

Гликоген $(C_6H_{10}O_5)_n$ – полисахарид, построенный из остатков альфа-D-глюкозы – главный резервный полисахарид высших животных и человека, содержится в виде гранул в цитоплазме клеток практически во всех органах и тканях, однако, наибольшее его количество накапливается в мышцах и печени. Молекула гликогена построена из ветвящихся полиглюкозидных цепей. В организмах животных является структурным и функциональным аналогом полисахарида растений – крахмала. Гликоген образует энергетический резерв, который при необходимости восполнить внезапный недостаток глюкозы может быть быстро мобилизован – сильное разветвление его молекулы ведёт к наличию большого числа концевых остатков, обеспечивающих возможность быстрого отщепления нужного количества молекул глюкозы. В отличие от запаса триглицеридов (жиров) запас гликогена не настолько ёмок.

Целлюлоза (клетчатка) – наиболее распространённый структурный полисахарид растительного мира, состоящий из остатков альфа-глюкозы, представленных в бета-пиранозной форме. В желудочно-кишечном тракте человека целлюлоза не переваривается, так как набор пищеварительных ферментов не содержит бета-глюкозидазу. Тем не менее, наличие оптимального количества растительной клетчатки в пище способствует нормальному формированию каловых масс. Обладая большой механической прочностью, целлюлоза выполняет роль опорного материала растений, например, в составе древесины её доля варьирует от 50 до 70 %, а хлопок представляет собой практически стопроцентную целлюлозу.

Хитин – структурный полисахарид низших растений, грибов и беспозвоночных животных (в основном роговые оболочки членистоногих – насекомых и ракообразных). Хитин, подобно

целлюлозе в растениях, выполняет опорные и механические функции в организмах грибов и животных. Молекула хитина построена из остатков N-ацетил-D-глюкозамина, связанных между собой бета-1,4-гликозидными связями. Макромолекулы хитина неразветвлённые и их пространственная укладка не имеет ничего общего с целлюлозой.

Пектиновые вещества – полигалактуроновая кислота, содержится в плодах и овощах, остатки D-галактуроновой кислоты связаны альфа-1,4-гликозидными связями. В присутствии органических кислот способны к желеобразованию, применяются в пищевой промышленности для приготовления желе и мармелада. Некоторые пектиновые вещества оказывают противоязвенный эффект и являются активной составляющей ряда фармацевтических препаратов, например, производное подорожника «плантаглюцид».

Мурамин (лат. *mŭrus* – стенка) — полисахарид, опорно-механический материал клеточной стенки бактерий. По химическому строению представляет собой неразветвлённую цепь, построенную из чередующихся остатков N-ацетилглюкозамина и N-ацетилмурамовой кислоты, соединённых бета-1,4-гликозидной связью. Мурамин по структурной организации (неразветвлённая цепь бета-1,4-полиглюкопиранозного скелета) и функциональной роли весьма близок к хитину и целлюлозе.

Декстраны – полисахариды бактериального происхождения – синтезируются в условиях промышленного производства микробиологическим путём (воздействием микроорганизмов *Leuconostoc mesenteroides* на раствор сахарозы) и используются в качестве заменителей плазмы крови.

3. Вопрос. **Функции углеводов**

В живых организмах углеводы выполняют следующие функции:

Структурная и опорная функции. Углеводы участвуют в построении различных опорных структур. Так целлюлоза является основным структурным компонентом клеточных стенок растений, хитин выполняет аналогичную функцию у грибов, а также обеспечивает жёсткость экзоскелета членистоногих.

Защитная роль у растений. У некоторых растений есть защитные образования (шипы, колючки и др.), состоящие из клеточных стенок мёртвых клеток.

Пластическая функция. Углеводы входят в состав сложных молекул (например, пентозы (рибоза и дезоксирибоза) участвуют в построении АТФ, ДНК и РНК).

Энергетическая функция. Углеводы служат источником энергии: при окислении 1 грамма углеводов выделяются 4,1 ккал энергии и 0,4 г воды.

Запасная функция. Углеводы выступают в качестве запасных питательных веществ: гликоген у животных, крахмал и инулин – у растений.

Осмотическая функция. Углеводы участвуют в регуляции осмотического давления в организме. Так, в крови содержится 100 – 110 мг/% глюкозы, от концентрации глюкозы зависит осмотическое давление крови.

Рецепторная функция. Олигосахариды входят в состав воспринимающей части многих клеточных рецепторов или молекул-лигандов.

4. Вопрос Функции жиров, липидов

Липиды (от греч. λίπος, lípos – жир) – обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества. Молекулы простых липидов состоят из спирта и жирных кислот, сложных – из спирта, высокомолекулярных жирных кислот и других компонентов. Содержатся во всех живых клетках.

Биологические функции:

- Энергетическая.

Многие жиры, в первую очередь триглицериды, используются организмом как источник энергии. При полном окислении 1 г жира выделяется около 9 ккал энергии, примерно вдвое больше, чем при окислении 1 г углеводов (4.1 ккал). Жировые отложения используются в качестве запасных источников питательных веществ, прежде всего животными, которые вынуждены носить свои запасы на себе. Растения чаще запасают углеводы, однако в семенах многих растений высоко содержание жи-

ров (растительные масла добывают из семян подсолнечника, кукурузы, рапса, льна и других масличных растений).

Почти все живые организмы запасают энергию в форме жиров. Существуют две основные причины, по которым именно эти вещества лучше всего подходят для выполнения такой функции. Во-первых, жиры содержат остатки жирных кислот, уровень окисления которых очень низкий (почти такой же, как у углеводов нефти). Поэтому полное окисление жиров до воды и углекислого газа позволяет получить более чем в два раза больше энергии, чем окисление той же массы углеводов. Во-вторых, жиры гидрофобные соединения, поэтому организм, запасая энергию в такой форме, не должен нести дополнительной массы воды необходимой для гидратации, как в случае с полисахаридами, на 1 г которых приходится 2 г воды. Однако триглицериды это «более медленный» источник энергии, чем углеводы.

Жиры запасаются в форме капель в цитоплазме клетки. У позвоночных имеются специализированные клетки – адипоциты, почти полностью заполненные большой каплей жира. Также богатым на триглицериды являются семена многих растений. Мобилизация жиров в адипоцитах и клетках прорастающих семян, происходит благодаря ферментам липазы, которые расщепляют их до глицерола и жирных кислот.

У людей наибольшее количество жировой ткани находится под кожей (так называемая подкожная клетчатка), особенно в районе живота и молочных желез. Лицу с лёгким ожирением (15-20 кг триглицеридов) таких запасов может хватить для обеспечения энергией в течение месяца, в то время как всего запасного гликогена хватит менее чем на сутки.

- Функция теплоизоляции.

Жир – хороший теплоизолятор, поэтому у многих теплокровных животных он откладывается в подкожной жировой ткани, уменьшая потери тепла. Особенно толстый подкожный жировой слой характерен для водных млекопитающих (китов, моржей и др.). Но в то же время у животных, обитающих в условиях жаркого климата (верблюды, тушканчики) жировые запасы откладываются на изолированных участках тела (в горбах у верблюда, в хвосте у жирнохвостых тушканчиков), в каче-

стве резервных запасов воды, так как вода – один из продуктов окисления жиров.

- Структурная функция.

Фосфолипиды составляют основу биослоя клеточных мембран, холестерин – регулятор текучести мембран. Воски образуют кутикулу на поверхности надземных органов (листьев и молодых побегов) растений. Их также производят многие насекомые (так, пчёлы строят из них соты, а червецы и щитовки образуют защитные чехлы).

Все живые клетки окружены плазматическими мембранами, основным структурным элементом которых является двойной слой липидов.

- Регуляторная.

Витамины – липиды (А, D, Е, К)

Гормональная (стероиды, эйкозаноиды, простагландины и прочие.)

Кофакторы (долихол)

Сигнальные молекулы (диглицериды, МРЗ-каскад)

Некоторые липиды играют активную роль в регулировании жизнедеятельности отдельных клеток и организма в целом. В частности, к липидам относятся стероидные гормоны, секретруемые половыми железами и корой надпочечников. Эти вещества переносятся кровью по всему организму и влияют на его функционирование.

Среди липидов есть также и вторичные посредники – вещества, участвующие в передаче сигнала от гормонов или других биологически активных веществ внутри клетки.

- Защитная.

Толстый слой жира защищает внутренние органы многих животных от повреждений при ударах (например, сивучи при массе до тонны, могут прыгать в воду со скал высотой 20-25 м).

- Увеличения плавучести.

Самые разные организмы – от диатомовых водорослей до акул – используют резервные запасы жира как средство снижения среднего удельного веса тела и, таким образом, увеличения плавучести. Это позволяет снизить расходы энергии на удержание в толще воды.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие полимеру.
2. Дайте понятие регулярным белкам
3. Дайте понятие нерегулярным белкам.
4. Напишите общую формулу углеводов.
5. Какие вещества относятся к углеводам?
6. Перечислите Функции углеводов.
7. Перечислите функции жиров, липоидов.

Тема 1.4 Клеточная теория строения организмов

Вопросы

1. Первые наблюдения над клеткой.
2. Появление и развитие клеточной теории.
3. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями.

1. Вопрос. Первые наблюдения над клеткой

Изобретение микроскопа и его использование для биологических наблюдений позволило открыть неизвестный до тех пор мир.

Началом изучения клетки можно считать 1665 г., когда английский ученый Роберт Гук впервые увидел в микроскоп на тонком срезе пробки мелкие ячейки; он назвал их клетками. По мере усовершенствования микроскопов появлялись все новые сведения о клеточном строении растительных и животных организмов.

К началу XIX в. представления о клеточном строении живых организмов получили широкое распространение и признание. Однако, что собой представляет клетка, как она устроена, какова ее роль для организма, как она произошла, и множество других вопросов оставались без ответа.

2. Вопрос. Появление и развитие клеточной теории

Очень важное открытие в 30-х годах XIX века сделал шотландский ученый Роберт Броун. Наблюдая в микроскоп строение листа растения, он обнаружил внутри клетки круглое

плотное образование, которое назвал ядром. Это было замечательное открытие, поскольку оно создало основу для сопоставления всех клеток.

В 1838 г. немецкий ученый М. Шлейден первым пришел к заключению о том, что ядро является обязательным структурным элементом всех растительных клеток. Познакомившись с этим исследованием, Т. Шванн, соотечественник Шлейдена, был удивлен: точно такие же образования он обнаружил и в животных клетках, изучением которых занимался. Сопоставление большого числа растительных и животных клеток привело его к выводу: все клетки, несмотря на их огромное разнообразие, сходны - у них есть ядра.

Обобщив разрозненные факты, Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали основное положение клеточной теории: все растительные и животные организмы состоят из клеток, сходных по строению.

Немецкий биолог Рудольф Вирхов в 1858 г. внес очень важное дополнение в клеточную теорию. Он доказал, что количество клеток в организме увеличивается в результате клеточного деления, т. е. клетка происходит только от клетки.

Клеточная теория явилась одним из великих открытий XIX века. Клеточная теория лежит в основе представлений о единстве всего живого, общности его происхождения и эволюционного развития. Основные успехи цитологии (от греческого «цитос» - клетка) - науки о клетке (как, впрочем, и любой науки о природе) связаны с развитием методов исследования.

Благодаря дальнейшему усовершенствованию светового микроскопа и методов окраски клеток открытия следовали одно за другим. За сравнительно короткое время были выделены и описаны не только ядро и цитоплазма клеток, но и многие заключенные в них структурно-функциональные части - органоиды.

С приходом в науку о клетке физических и химических методов исследования было выявлено удивительное единство в строении клеток разных организмов, доказана неразрывная связь между их структурой и функцией. Благодаря этому основные положения клеточной теории, сформулированные более ста лет назад, были развиты и углублены. В настоящее время клетку изучают, применяя физические и химические методы исследо-

вания и новейшие приборы. Это и электронные микроскопы, дающие увеличение до 1 000 000 раз, и применение специальных красителей, позволяющих избирательно выявить клеточные структуры, и др.

Для того чтобы изучить химический состав клетки или ее частей, применяют метод центрифугирования. Он основан на том, что разные клеточные органоиды имеют неодинаковую плотность. При очень быстром вращении в ультрацентрифуге различные органоиды предварительно измельченных клеток располагаются слоями: внизу оказываются более плотные, которые осаждаются быстрее, сверху - наименее плотные. Слои разделяют и изучают отдельно.

Основные положения клеточной теории на современном этапе развития биологии формулируются так:

1. Клетка является основной структурной и функциональной единицей жизни. Все организмы состоят из клеток, жизнь организма в целом обусловлена взаимодействием составляющих его клеток.

2. Клетки всех организмов сходны по своему химическому составу, строению и функциям.

3. Все новые клетки образуются при делении исходных клеток.

Клетка является основной структурной и функциональной единицей жизни. Все организмы состоят из клеток, жизнь организма в целом обусловлена взаимодействием составляющих его клеток.

Для всех клеток характерна способность к росту, размножению, дыханию, выделению, использованию и превращению энергии, они реагируют на раздражение. Таким образом, клетки обладают всей совокупностью свойств, необходимых для поддержания жизни. Отдельные их части не могут выполнять весь комплекс жизненных функций, только совокупность структур, образующих клетку, проявляет все признаки живого. Поэтому только клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов. У многоклеточных организмов (растений, животных, грибов) отдельные клетки тесно и слаженно взаимодействуют друг с другом.

Клетки всех организмов имеют сходный химический состав. Химический состав клетки: мелкие капли жира, гранулы крахмала, некоторые пигменты.

Строение большинства клеточных органоидов во всех клетках также очень сходно. И в то же время форма и размер клеток даже в пределах одного организма очень разнообразны, что зависит от специализации клетки и выполняемой ею функции. Они могут быть в виде многогранников, а также иметь дисковидную, шаровидную, кубическую форму.

Например, клетки покровных тканей плоские и плотно прилегают друг к другу, нервные клетки вытянуты в длинные нити и т. д.

3. Вопрос. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями



Рис. 10. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями. 1 - клетки эпителия кишечника; 2 - бактерии (кокки, кишечная палочка, спириллы со жгутиками на концах тела); 3 - диатомовая водоросль; 4 - мышечная клетка; 5 - нервная клетка; 6 - одноклеточная водоросль ацетабулярия; 7 - клетки печени; 8 - инфузория; 9 - эритроциты человека; 10 - клетки эпидермиса лука; 11 - жгутиконосец.

Вопросы для повторения:

1. Что изучает цитология.
2. Назовите год, когда начали изучать клетку.
3. Назовите первого ученого, который начал изучать клетку.
4. Какое открытие сделал Роберт Броун?
5. К какому заключению пришел немецкий ученый Шлейден в 1838 году?
6. Какое увеличение дают электронные микроскопы?
7. Какими методами можно изучить строение клеток.
8. Когда и кем была создана клеточная теория?
9. Сформулируйте современную клеточную теорию.

Тема 2. Организм. Размножение и индивидуальное развитие организмов

Тема 2. 1 «Размножение организмов»:

Вопросы

1. Формы размножения.
2. Бесполое размножение.
3. Половое размножение.

1. Вопрос. Формы размножения

Способность размножаться, т. е. производить новое поколение особей того же вида - одна из основных особенностей живых организмов. В процессе размножения происходит передача генетического материала от родительского поколения следующему поколению, что обеспечивает воспроизведение признаков не только данного вида, но конкретных родительских особей. Для вида смысл размножения состоит в замещении тех его представителей, которые гибнут, что обеспечивает непрерывность существования вида; кроме того, при подходящих условиях размножение позволяет увеличить общую численность вида.

Прежде чем каждая новая особь достигает стадии, на которой она будет способна к размножению, она должна пройти

целый ряд стадий роста и развития. Некоторые особи погибают, так и не достигнув репродуктивной стадии, в результате уничтожения хищниками, болезней и различных случайных событий. Поэтому вид может сохраняться только при условии, что каждое поколение будет производить больше потомков, чем было родительских особей, которые принимали участие в процессе размножения. Численность популяции будет колебаться, в зависимости от баланса между размножением и вымиранием особей.

Размножение — присущее всем живым организмам свойство воспроизведения себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни. Разные способы размножения подразделяются на два основных типа: бесполое и половое. Для организмов, обладающих клеточным строением, в основе всех форм размножения лежит деление клетки

2. Вопрос. **Бесполое размножение**

Бесполое размножение происходит без образования гамет, в нем участвует лишь один организм. При бесполом размножении обычно образуются идентичные потомки, а единственным источником генетической изменчивости служат случайные мутации. Генетическая изменчивость выгодна виду, потому что она является поставщиком «сырья» для естественного отбора, а значит, и для эволюции.

Для бесполого размножения характерно то, что в процессе не участвует мейоз (исключение составляют растительные организмы с чередованием поколений), и потомки идентичны родительской особи. Такое идентичное потомство, которое происходит от одной родительской особи, называют клоном. Члены одного клона могут быть генетически различными, только когда возникают случайные мутации. Высшие животные не способны к бесполому размножению, однако в последнее время было сделано несколько успешных попыток клонировать некоторые виды искусственным образом.

Существует несколько типов бесполого развития.

Первый тип - это деление.

Делением размножаются одноклеточные организмы: каждая особь при этом делится на две или большее число клеток,

которые называются дочерними, они идентичны родительской клетке. Перед делением клетки происходит репликация ДНК, а у эукариот - деление и ядра. В большинстве случаев происходит бинарное деление, при котором образуются две идентичные клетки. Таким образом, делятся бактерии, многие простейшие, например амеба, и некоторые одноклеточные водоросли, например эвглена. При подходящих условиях это приводит к быстрому росту популяции.

Множественное деление, при котором следом за рядом повторных делений клеточного ядра происходит деление самой клетки на огромное множество дочерних клеток, можно наблюдать у споровиков - это группа простейших, и к ним относятся, например, возбудитель малярии *Plasmodium*. Стадия, на которой происходит множественное деление, называется шизонтом, а сам этот процесс - шизогонией. У *Plasmodium* шизогония следует за заражением хозяина, когда паразит проникает в печень. В результате этого получается сразу около тысячи дочерних клеток, каждая из которых способна инвазировать эритроцит и произвести путем шизогонии еще 24 дочерние клетки. Такая высокая плодовитость компенсирует большие потери из-за трудностей успешной передачи паразита отдельного хозяина другому, а именно от человека организму-переносчику, т. е. малярийному комару, и в обратном направлении

Второй тип бесполого размножения - это образование спор, или споруляция.

Спора - это одноклеточная репродуктивная единица обычно микроскопических размеров, состоящая из небольшого количества цитоплазмы и ядра. Образование спор можно наблюдать у бактерий, простейших, у представителей всех групп зеленых растений и всех групп грибов. Споры могут быть различными по своему типу и функции и часто образуются в специальных структурах.

Очень часто споры образуются в больших количествах, но они имеют ничтожный вес, и это облегчает их распространение ветром, а также животными, но главным образом - насекомыми. Из-за своих маленьких размеров спора обычно содержит лишь минимальные запасы питательных веществ; из-за того, что мно-

гие споры не попадают в подходящее место для прорастания, их потери очень велики.

Главное достоинство таких спор заключается в возможности быстрого размножения и расселения видов, в особенности это касается грибов.

Споры бактерий служат не для размножения, а для того, чтобы выжить при неблагоприятных условиях, потому что каждая бактерия образует только одну спору. Бактериальные споры относятся к числу наиболее устойчивых спор. Так, например, они очень часто выдерживают обработку сильными дезинфицирующими средствами и кипячением в воде. Важно отметить, что один организм может производить споры более чем одного типа; например, *Rhizopus* образует половые и бесполовые споры, а высшие растения производят бесполом путем микроспоры и мегаспоры.

Третий тип бесполого размножения - это почкование.

Почкованием называют одну из форм бесполого размножения, при которой новая особь образуется в виде выроста (или почки) на теле родительской особи, а затем отделяется от нее, при этом превращаясь в самостоятельный организм, который совершенно идентичен родительскому организму. Почкование встречается у различных групп организмов, особенно у кишечнорастных, например, у гидры, и у одноклеточных грибов, таких, как дрожжи. В последнем случае почкование отличается от делений (которые тоже наблюдаются у дрожжей) тем, что две образующиеся части имеют разные размеры.

Необычная форма почкования описана у суккулентного растения *Bryophyllum* - ксерофита, часто выращиваемого в качестве декоративного комнатного растения: по краям его листьев развиваются маленькие, миниатюрные растеньица, снабженные крошечными корешками; эти так называемые «почки» в конце концов, отпадают и начинают существовать как самостоятельные растения.

Четвертый тип бесполого размножения - размножение фрагментами, или фрагментация.

Фрагментацией называют разделение особи на две или несколько частей, каждая из которых растет и образует новую особь. Фрагментация происходит, например, у нитчатых водо-

рослей, таких, как спирогира. Нить спирогиры может разорваться на две части в любом месте.

Фрагментация наблюдается также у некоторых низших животных, которые, в отличие от более организованных форм, сохраняют значительную способность к регенерации из относительно слабо регенерированных клеток. Например, тело намертин (это группа примитивных червей, главным образом - морских) особенно легко разрывается на много частей, каждая из которых может дать в результате регенерации новую особь. В этом случае регенерация - это процесс нормальный и регулируемый; но, несмотря на это, у некоторых животных (например, у морских звезд) восстановление из отдельных частей происходит только после случайной фрагментации. Животные, способные к регенерации, служат объектами для экспериментального изучения этого процесса; часто при этом используют свободно живущего червя планарию.

Пятый тип бесполого размножения - вегетативное размножение.

Вегетативное размножение представляет собой одну из форм бесполого размножения, при котором от растения отделяется относительно большая, обычно дифференцированная, часть и развивается в самостоятельное растение. По существу, вегетативное размножение сходно с почкованием. Нередко растения образуют структуры, специально предназначенные для этой цели: луковицы, клубнелуковицы, корневища, столоны и клубни. Некоторые из этих структур служат также для запасания питательных веществ, что позволяет растению переживать зиму и давать в следующем году цветки и плоды (это двулетние растения) или выживать в течение ряда лет (это многолетние растения). К таким органам, они называются зимующие, относятся луковицы, клубнелуковицы, корневища и клубни.

Зимующими органами могут быть также стебли, корни или целые побеги (почки): во всех случаях содержащиеся в них питательные вещества создаются главным образом в процессе фотосинтеза, происходящего в листьях текущего года. Образовавшиеся питательные вещества переносят в запасующий орган, а затем обычно превращаются в резервный материал, например в крахмал.

При наступлении неблагоприятных условий подземные части растений отмирают, а подземный зимующий орган переходит в состояние покоя. В начале следующего вегетативного периода запасы питательных веществ мобилизуются с помощью ферментов: почки пробуждаются и в них начинаются процессы активного роста и развития за счет запасенных питательных веществ. Если прорастает больше одной почки, то можно считать, что размножение осуществилось. Последовательность этих событий очень тесно связана со сменой времен года, потому что она регулируется такими внешними факторами, как длина светового дня (это фотопериод) и температура. Глубокое влияние этих факторов на рост и развитие было давно доказано.

3. Вопрос. Половое размножение

Половое размножение встречается в основном у высших организмов. Это более поздний вид размножения (существует около 3 млрд. лет). Оно обеспечивает значительное генетическое разнообразие и, следовательно, большую фенотипическую изменчивость потомства; организмы получают большие эволюционные возможности, возникает материал для естественного отбора.

Помимо полового размножения, существует половой процесс. Суть его в том, что обмен генетической информацией между особями происходит, но без увеличения числа особей. Формированию гамет у многоклеточных организмов предшествует мейоз. Половой процесс состоит в объединении наследственного материала от двух разных источников (родителей).

При половом размножении потомство генетически отличается от своих родителей, так как между родителями происходит обмен генетической информацией.

Половое размножение осуществляется через гаметы – половые клетки, имеющие гаплоидный набор хромосом и вырабатывающиеся в родительских организмах. Слияние родительских клеток приводит к образованию зиготы, из которой в дальнейшем образуется организм-потомок. Половые клетки образуются в гонадах – половых железах (в яичниках у самок и семенниках у самцов).

Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом (овогенезом у самок и сперматогенезом у самцов).

Если мужские и женские гаметы образуются в организме одной особи, то ее называют **гермафродитной**. Гермафродитизм бывает истинный (особь имеет гонады обоих полов) и ложный гермафродитизм (особь имеет половые железы одного типа – мужского или женского, а наружные половые органы и вторичные половые признаки обоих полов).

Виды полового размножения

У одноклеточных организмов выделяют две формы полового размножения – копуляцию и конъюгацию.

При конъюгации (например, у инфузорий) специальные половые клетки (половые особи) не образуются. У этих организмов имеются два ядра – макро- и микронуклеус. Обычно инфузории размножаются делением надвое. При этом микронуклеус сначала делится митотически. Из него формируются стационарное и мигрирующее ядра, имеющие гаплоидный набор хромосом. Затем две клетки сближаются, между ними образуется протоплазматический мостик. По нему происходит перемещение в цитоплазму партнера мигрирующего ядра, которое затем сливается со стационарным. Формируются обычные микро – и макронуклеусы, клетки расходятся. Так как при этом процессе не происходит увеличения количества особей, то говорят о половом процессе, а не о половом размножении. Однако происходит обмен (рекомбинация) наследственной информацией, поэтому потомки генетически отличаются от своих родителей.

При копуляции (у простейших) происходят образование половых элементов и их попарное слияние. При этом две особи приобретают половые различия и полностью сливаются, образуя зиготу. Происходит объединение и рекомбинация наследственного материала, поэтому особи генетически отличны от родительских форм.

Нетипичное половое размножение

Речь пойдет о партеногенезе, гиногенезе, андрогенезе, полиэмбрионии, двойном оплодотворении у покрытосеменных растений.

Партеногенез (девственное размножение).

Дочерние организмы развиваются из неоплодотворенных яйцеклеток. Партогенез открыт в середине XVIII века швейцарским натуралистом Ш. Бонне.

Значение партеногенеза:

- 1) размножение возможно при редких контактах разнополых особей;
- 2) резко возрастает численность популяции, так как потомство, как правило, многочисленно;
- 3) встречается в популяциях с высокой смертностью в течение одного сезона.

Виды партеногенеза:

1) облигатный (обязательный) партеногенез. Встречается в популяциях, состоящих исключительно из особей женского пола (у кавказской скалистой ящерицы). При этом вероятность встречи разнополых особей минимальна (скалы разделены глубокими ущельями). Без партеногенеза вся популяция оказалась бы на грани вымирания;

2) циклический (сезонный) партеногенез (у тлей, дафний, коловраток). Встречается в популяциях, которые исторически вымирали в больших количествах в определенное время года. У этих видов партеногенез сочетается с половым размножением. При этом в летнее время существуют только самки, которые откладывают два вида яиц – крупные и мелкие. Из крупных яиц партеногенетически появляются самки, а из мелких – самцы, которые оплодотворяют яйца, лежащие зимой на дне. Из них появляются исключительно самки;

3) факультативный (необязательный) партеногенез. Встречается у общественных насекомых (ос, пчел, муравьев). В популяции пчел из оплодотворенных яиц выходят самки (рабочие пчелы и царицы), из неоплодотворенных – самцы (трутни).

У этих видов партеногенез существует для регулирования численного соотношения полов в популяции.

Выделяют также естественный (существует в естественных популяциях) и искусственный (используется человеком) партеногенез. Этот вид партеногенеза исследовал В. Н. Тихомиров. Он добился развития неоплодотворенных яиц тутового шелкопряда, раздражая их тонкой кисточкой или погружая на

несколько секунд в серную кислоту (известно, что шелковую нить дают только самки).

Гиногенез (у костистых рыб и некоторых земноводных). Сперматозоид проникает в яйцеклетку и лишь стимулирует ее развитие. Ядро сперматозоида при этом с ядром яйцеклетки не слипнется и погибает, а источником наследственного материала для развития потомка служит ДНК ядра яйцеклетки.

Андрогенез. В развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцеклетку, а ядро яйцеклетки при этом гибнет. Яйцеклетка дает лишь питательные вещества своей цитоплазмы.

Полиэмбриония. Зигота (эмбрион) делится на несколько частей бесполом способом, каждая из которых развивается в самостоятельный организм. Встречается у насекомых (наездников), броненосцев. У броненосцев клеточный материал первоначально одной зародыша на стадии бластулы равномерно разделяется между 4–8 зародышами, каждый из которых в дальнейшем дает полноценную особь.

К этой категории явлений можно отнести появление однояйцевых близнецов у человека.

Вопросы для повторения:

1. В чем отличие бесполого размножения от полового?
2. Как осуществляется вегетативное размножение растений?
3. Перечислите виды полового размножения.
4. Перечислите виды партеногенеза.

Тема 2. 2 Митоз

Вопросы

1. Подготовка к делению.
2. Фазы митоза.
3. Биологическое значение митоза.

1. Вопрос. Подготовка к делению

Деление клетки включает в себя два этапа – деление ядра (митоз, или кариокинез) и деление цитоплазмы (цитокинез).

Митоз состоит из четырех последовательных фаз – профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Ему предшествует период, называемый интерфазой.

Интерфаза

Интерфаза подразделяется на три стадии: G1, S и G2. В течение всех этих трёх фаз клетка растёт за счёт синтеза белков и органелл. Тем не менее, репликация хромосом протекает только в S-фазе. Таким образом, сначала клетка растёт (G1), её хромосомы удваиваются (S), клетка растёт дальше и готовится к делению (G2) и, наконец, делится (M), давая начало двум клеткам, вступающим в новый клеточный цикл. Все эти три фазы в клетке чётко отрегулированы (в основном с помощью белков). Эти фазы сменяют друг друга в чётком порядке, причём в каждой из них есть «контрольные точки», дающие клетке команду перейти из одной фазы в другую. У некоторых клеток есть и четвёртая стадия — G0. В этом случае клетка проходит клеточный цикл, пока не разрастётся и не наполнится настолько, что она покидает его и вступает в фазу G0. Эта реакция называется контактным подавлением. Суммарно на интерфазу приходится около 90 % клеточного цикла (по продолжительности).

2. Вопрос. Фазы митоза

1) профазы. Центриоли клеточного центра делятся и расходятся к противоположным полюсам клетки. Из микротрубочек образуется веретено деления, которое соединяет центриоли разных полюсов. В начале профазы в клетке еще видны ядро и ядрышки, к концу этой фазы ядерная оболочка разделяется на отдельные фрагменты (происходит демонтаж ядерной мембраны), ядрышки распадаются. Начинается конденсация хромосом: они скручиваются, утолщаются, становятся видимыми в световой микроскоп. В цитоплазме уменьшается количество структур шероховатой ЭПС, резко сокращается число полисом;

2) метафаза. В метафазе завершилось образование веретена деления. Конденсированные хромосомы выстраиваются по экватору клетки, образуя метафазную пластинку. Микротрубочки веретена деления прикрепляются к центромерам, или кинетохорам (первичным перетяжкам), каждой хромосомы. После этого каждая хромосома продольно расщепляется на две хроматиды (дочерние хромосомы) которые оказываются связанными только в участке центромеры;

3) анафаза. Между дочерними хромосомами разрушается связь, и они начинают перемещаться к противоположным полюсам клетки со скоростью 0,2–5 мкм/мин. В конце анафазы на каждом полюсе, оказывается, по диплоидному набору хромосом. Хромосомы начинают деконденсироваться и раскручиваться, становятся тоньше и длиннее;

4) телофаза. Хромосомы полностью деспирализуются, восстанавливается структура ядрышек и интерфазного ядра, монтируется ядерная мембрана. Разрушается веретено деления. Происходит цитокинез (деление цитоплазмы). В животных клетках этот процесс начинается с образования в экваториальной плоскости перетяжки, которая все более углубляется и в конце концов полностью делит материнскую клетку на две дочерние.

При задержке цитокинеза образуются многоядерные клетки. Это наблюдается при размножении простейших путем шизогонии. У многоклеточных организмов так образуются синцитии – ткани, в которых отсутствуют границы между клетками (поперечнополосатая мышечная ткань у человека).

Продолжительность каждой фазы зависит от типа ткани, физиологического состояния организма, воздействия внешних факторов (света, температуры, химических веществ) и пр.

Нетипичные формы митоза

К нетипичным формам митоза относятся амитоз, эндомитоз, политения.

I Амитоз – это прямое деление ядра. При этом сохраняется морфология ядра, видны ядрышко и ядерная мембрана. Хромосомы не видны, и их равномерного распределения не происходит. Ядро делится на две относительно равные части без образования митотического аппарата (системы микротрубочек, цен-

триолей, структурированных хромосом). Если при этом деление заканчивается, возникает двухъядерная клетка. Но иногда перешнуровывается и цитоплазма.

Такой вид деления существует в некоторых дифференцированных тканях (в клетках скелетной мускулатуры, кожи, соединительной ткани), а также в патологически измененных тканях. Амитоз никогда не встречается в клетках, которые нуждаются в сохранении полноценной генетической информации, – оплодотворенных яйцеклетках, клетках нормально развивающегося эмбриона. Этот способ деления не может считаться полноценным способом размножения эукариотических клеток.

2. Эндомитоз. При этом типе деления после репликации ДНК не происходит разделения хромосом на две дочерние хроматиды. Это приводит к увеличению числа хромосом в клетке иногда в десятки раз по сравнению с диплоидным набором. Так возникают полиплоидные клетки. В норме этот процесс имеет место в интенсивно функционирующих тканях, например, в печени, где полиплоидные клетки встречаются очень часто. Однако с генетической точки зрения эндомитоз представляет собой геномную соматическую мутацию.

3. Политения. Происходит кратное увеличение содержания ДНК (хромонем) в хромосомах без увеличения содержания самих хромосом. При этом количество хромонем может достигать 1000 и более, хромосомы при этом приобретают гигантские размеры. При политении выпадают все фазы митотического цикла, кроме репродукции первичных нитей ДНК. Такой тип деления наблюдается в некоторых высокоспециализированных тканях (печеночных клетках, клетках слюнных желез двукрылых насекомых). Политенные хромосомы дрозофил используются для построения цитологических карт генов в хромосомах.

Продолжительность митоза

Собственно митоз зачастую протекает сравнительно быстро. Средняя продолжительность составляет 1–2 часа, что занимает всего около 10 % времени клеточного цикла. К примеру, у делящихся клеток меристемы корней интерфаза составляет 16 – 30 часов, а митоз длится всего 1–3 часа. Для эпителиальных клеток кишечника мыши интерфазный период со-

ставляет порядка 20 – 22 часов, а митоз продолжается в течение 1 часа. В клетках животных митоз обычно протекает быстрее и длится в среднем 30 – 60 минут, в то время как в растительных клетках средняя продолжительность митоза составляет 2–3 часа. Известны исключения с противоположными показателями. К примеру, в животных клетках продолжительность митоза может достигать 3,8 часов (эпидермис мышцы). Наиболее интенсивно митоз протекает в эмбриональных клетках (10 – 40 минут в дробящихся яйцеклетках).

Длительность митоза находится в зависимости от целого ряда факторов: размеров делящейся клетки, её плоидности, числа ядер. Частота клеточных делений также зависит от степени дифференцировки клеток и специфики выполняемых функций. Так, нейроны или клетки скелетной мышцы человека не делятся совсем; клетки печени обычно делятся раз в один или два года, а некоторые эпителиальные клетки кишечника делятся чаще, чем 2 раза в сутки.

Темп клеточного деления зависит также от условий окружающей среды, в частности, от температуры. Повышение температуры окружающей среды в физиологических пределах повышает скорость митоза, что может быть объяснено обычной закономерностью кинетики химических реакций.

3. Вопрос. **Биологическое значение митоза**

Оно состоит в том, что митоз обеспечивает наследственную передачу признаков и свойств в ряду поколений клеток при развитии многоклеточного организма. Благодаря точному и равномерному распределению хромосом при митозе все клетки единого организма генетически одинаковы.

Митотическое деление клеток лежит в основе всех форм бесполого размножения, как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов. Митоз обуславливает важнейшие явления жизнедеятельности: рост, развитие и восстановление тканей и органов и бесполое размножение организмов.

Вопросы для повторения:

1. Какие изменения в клетке происходят перед процессом деления?
2. Как называется эта фаза?
3. Перечислите фаза митоза
4. Какова роль веретена деления в ходе митоза?
5. Какие изменения происходят в профазе?
6. Какие изменения происходят в метафазе?
7. Какие изменения происходят в анафазе?
8. Какие изменения происходят в телофазе?
9. В чем заключается биологическое значение митоза?

Тема 2.3 Мейоз

Вопросы

1. Фазы мейоза
2. Биологическое значение мейоза
3. Образование половых клеток и оплодотворение

1. Вопрос. Фазы мейоза

При половом размножении дочерний организм возникает в результате слияния двух половых клеток (гапет) и последующего развития из оплодотворенной яйцеклетки – зиготы.

Половые клетки родителей обладают гаплоидным набором (n) хромосом, а в зиготе при объединении двух таких наборов число хромосом становится диплоидным ($2n$): каждая пара гомологичных хромосом содержит одну отцовскую и одну материнскую хромосому.

Гаплоидные клетки образуются из диплоидных клеток в результате особого клеточного деления – мейоза.

Мейоз – разновидность митоза, в результате которого из диплоидных ($2n$) соматических клеток половых желез образуются гаплоидные гаметы ($1n$). При оплодотворении ядра гаметы сливаются, и восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Таким образом, мейоз обеспечивает сохранение постоянного для каждого вида набора хромосом и количества ДНК.

Мейоз представляет собой непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений, называемых мейозом I и мейозом II. В каждом делении различают профазу, метафазу, анафазу и телофазу. В результате мейоза I число хромосом уменьшается вдвое (редукционное деление): при мейозе II гаплоидность клеток сохраняется (эквационное деление). Клетки, вступающие в мейоз, содержат генетическую информацию $2n2x$.

В профазе мейоза I происходит постепенная спирализация хроматина с образованием хромосом. Гомологичные хромосомы сближаются, образуя общую структуру, состоящую из двух хромосом (бивалент) и четырех хроматид (тетрада). Соприкосновение двух гомологичных хромосом по всей длине называется конъюгацией. Затем между гомологичными хромосомами появляются силы отталкивания, и хромосомы сначала разделяются в области центромер, оставаясь соединенными в области плеч, и образуют перекресты (хиазмы). Расхождение хроматид постепенно увеличивается, и перекресты смещаются к их концам. В процессе конъюгации между некоторыми хроматидами гомологичных хромосом может происходить обмен участками — кроссинговер, приводящий к рекомбинации генетического материала. К концу профазы растворяются ядерная оболочка и ядрышки, формируется ахроматиновое веретено деления. Содержание генетического материала остается прежним ($2n2x$).

В метафазе мейоза I биваленты хромосом располагаются в экваториальной плоскости клетки. В этот момент спирализация их достигает максимума. Содержание генетического материала не изменяется ($2n2x$).

В анафазе мейоза I гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, окончательно отходят друг от друга и расходятся к полюсам клетки. Следовательно, из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадает только одна — число хромосом уменьшается вдвое (происходит редукция). Содержание генетического материала становится $1n2x$ у каждого полюса.

В телофазе происходит формирование ядер и разделение цитоплазмы — образуются две дочерние клетки. Дочерние клет-

ки содержат гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома – две хроматиды ($1n2x$).

Интеркинез – короткий промежуток между первым и вторым мейотическими делениями. В это время не происходит репликации ДНК, и две дочерние клетки быстро вступают в мейоз II, протекающий по типу митоза.

В профазе мейоза II происходят те же процессы, что и в профазе митоза. В метафазе хромосомы располагаются в экваториальной плоскости. Изменений содержания генетического материала не происходит ($1n2x$). В анафазе мейоза II хроматиды каждой хромосомы отходят к противоположным полюсам клетки, и содержание генетического материала у каждого полюса становится $1nx$. В телофазе образуются 4 гаплоидные клетки ($1nx$).

Таким образом, в результате мейоза из одной диплоидной материнской клетки образуются 4 клетки с гаплоидным набором хромосом. Кроме того, в профазе мейоза I происходит рекомбинация генетического материала (кроссинговер), а в анафазе I и II — случайное отхождение хромосом и хроматид к одному или другому полюсу. Эти процессы являются причиной комбинативной изменчивости.

2. Вопрос. Биологическое значение мейоза:

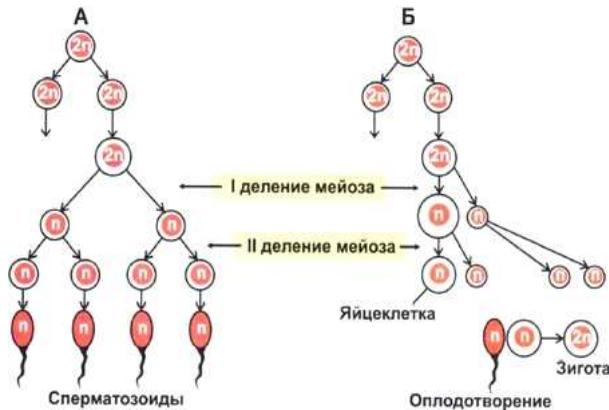
- 1) является основным этапом гаметогенеза;
- 2) обеспечивает передачу генетической информации от организма к организму при половом размножении;
- 3) дочерние клетки генетически не идентичны материнской и между собой.

Атак же, биологическое значение мейоза заключается в том, что уменьшение числа хромосом необходимо при образовании половых клеток, поскольку при оплодотворении ядра гамет сливаются. Если бы указанной редукции не происходило, то в зиготе (следовательно, и во всех клетках дочернего организма) хромосом становилось бы вдвое больше. Однако это противоречит правилу постоянства числа хромосом. Благодаря мейозу половые клетки гаплоидны, а при оплодотворении в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом.

3. Вопрос. **Образование половых клеток и оплодотворение**

Сперматогенез и овогенез. По рассмотренной выше схеме мейоза идет сперматогенез – образование мужских половых клеток у животных и человека. На рисунке А дано схематическое изображение сперматогенеза.

Сперматогенез начинается с того, что незрелая половая клетка увеличивается в размерах и приступает к первому делению мейоза. Из исходной образуются две клетки, которые претерпевают второе деление мейоза. В результате двух мейотических делений из каждой незрелой мужской половой клетки образуются четыре зрелые клетки с гаплоидным набором хромосом (n). Превращение этих клеток в сперматозоиды связано со сложными процессами роста и специализации, но не сопровождается клеточным делением.



Образование женских половых гамет — овогенез идет по той же схеме, но с некоторыми существенными отличиями.

В результате неравномерного распределения цитоплазмы как при первом, так и при втором делениях мейоза только в одной клетке оказывается большой запас питательных веществ, необходимых для развития будущего зародыша. Следовательно, образуется только одна зрелая яйцеклетка с гаплоидным набором хромосом (n) и три маленькие клеточки (направительные тельца), которые впоследствии погибают (рис. Б). При овогенезе

наряду с мейозом происходит так называемое созревание яйцеклетки, во время которого значительно увеличивается ее объем.

Рассмотренное различие сперматогенеза и овогенеза способствует образованию во много раз большего числа сперматозоидов по сравнению с яйцеклетками. Это необходимо для обеспечения оплодотворения наибольшего числа яйцеклеток и, следовательно, для сохранения вида.

Вопросы для повторения:

1. Есть ли черты сходства между митозом и мейозом?
2. Есть ли черты различия между митозом и мейозом?
3. Охарактеризуйте понятия диплоидной набор хромосом.
4. Охарактеризуйте понятия гаплоидной набор хромосом.
5. В чем заключается биологическое значение мейоза?

Тема 2. 4 Эмбриональное развитие организмов

Вопросы:

1. Дробление зиготы
2. Гастрюла. Образование трех зародышевых слоев.
3. Образование органов.
4. Взаимодействие частей развивающегося зародыша.

1. Вопрос. Дробление зиготы

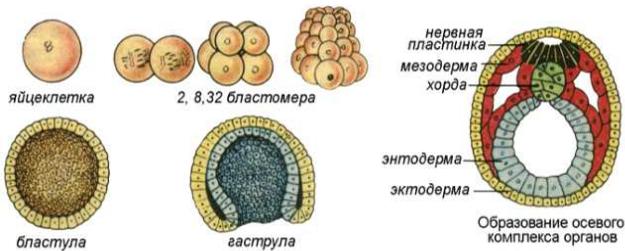
Онтогенез – индивидуальное развитие организма от момента образования зиготы до конца жизни организма. Онтогенез – процесс, присущий любому живому существу, независимо от сложности его организации. Через несколько часов после оплодотворения наступает первая стадия зародышевого развития, называемая дроблением, в результате которого зигота делится митозом на две клетки. Две образующиеся клетки не разъединяются, затем каждая клетка опять делится также на две и получается зародыш, состоящий из четырех, восьми клеток. Постепенно зародыш образует сферу – многоклеточный однослойный шар, полый внутри. Все ядра клеток – бластомеров диплоидны с одинаковой генетической информацией. Обычно в бластуле 64 (иногда 128) бластомеров. По величине бластула не превышает зиготу. Полость внутри бластулы – первичная (бластоцель).

2. Вопрос. Гастроула. Образование трех зародышевых слоев.

Вторая стадия – гастроула: зародыш двухслойный, у него появляется кишечная полость, первичное ротовое отверстие, два слоя клеток – эктодерма и энтодерма.

Затем начинается поздняя гастроула (у всех животных, кроме губок и кишечно-полостных). На этой стадии появляется третий слой клеток – мезодерма, которая закладывается между экто- и энтодермой. Вначале она имеет вид двух карманов, полости которых называются вторичной полостью тела.

Ранние стадии развития ланцетника



Начальные стадии дробления яйцеклеток лягушки и птицы



Развитие зародыша тритона



3. Вопрос. Образование органов

В зародыше хордовых вслед за этим наступает стадия нейтрулы – формируется осевой комплекс, состоящий из хорды

и нервной пластинки, расположенных параллельно друг другу. Хорда возникает из энтодермы, а нервная пластинка из эктодермы. В дальнейшем идет дифференцирование клеток: из эктодермы образуется покровный эпителий, эмаль зубов, нервная система, органы чувств, из энтодермы – эпителий кишечника, пищеварительные железы, легкие. Из мезодермы – скелет, мышцы, кровеносная система, выделительные органы, половая система. У всех животных и у человека одни и те же зародышевые листки формируют одни и те же органы и ткани. Это как раз свидетельствует о том, что зародышевые листки гомологичны и имеют единое происхождение в эволюции. У эмбрионов есть участки, способные влиять на развитие соседних органов. Данные о таком взаимодействии были получены в опытах по пересадке эктодермы, из которого формируется нервная система одной лягушки, под брюшную эктодерму зародыша другой лягушки, находящегося на той же стадии гастрюлы. В процессе нормального развития этот участок влияет на формирование расположенной около него спинной эктодермы в нервную пластинку.

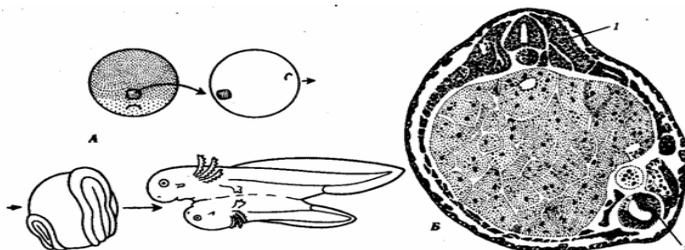
4. Вопрос. **Взаимодействие частей развивающегося зародыша**

Эмбриональная индукция – это взаимодействие частей развивающегося зародыша, при котором один участок зародыша влияет на судьбу другого участка. Явление эмбриональной индукции с начала XX в. изучает экспериментальная эмбриология.

Классическими считают опыты немецкого ученого Г. Шпемана и его сотрудников (1924) на зародышах амфибий. Для того чтобы иметь возможность проследить за судьбой клеток определенного участка зародыша, Шпеман использовал два вида тритонов: тритона гребенчатого, яйца которого лишены пигмента и потому имеют белый цвет, и тритона полосатого, яйца которого благодаря пигменту имеют желто-серый цвет.

Один из опытов заключается в следующем: кусочек зародыша из области дорсальной губы бластопора на стадии гастрюлы тритона гребенчатого пересаживают на боковую или вентральную сторону гастрюлы тритона полосатого. В месте пересадки происходит развитие нервной трубки, хорды и других органов. Развитие может достичь довольно продвинутых стадий с

образованием дополнительного зародыша на боковой или вентральной стороне зародыша реципиента. Дополнительный зародыш содержит в основном клетки зародыша реципиента, но светлые клетки зародыша-донора тоже обнаруживаются в составе различных органов.



Пересадка спинной губы от зародыша-донора на брюшную сторону зародыша-реципиента. А – схема опыта; Б – поперечный срез на стадии закладки двух комплексов осевых органов:

1 – первичный зародыш, 2 – вторичный, индуцированный зародыш

Из этого и подобных опытов следует несколько выводов. Во-первых, участок, взятый из спинной губы бластопора, способен направлять или даже переключать развитие того материала, который находится вокруг него, на определенный путь развития. Он как бы организует, или индуцирует, развитие зародыша, как в обычном, так и в нетипичном месте. Во-вторых, боковая и брюшная стороны гастрюлы обладают более широкими потенциями к развитию, нежели их предполагаемое перспективное направление, так как вместо обычной поверхности тела в условиях эксперимента там образуется целый зародыш. В-третьих, достаточно точное строение новообразованных органов в месте пересадки указывает на эмбриональную регуляцию. Это означает, что фактор целостности организма приводит к достижению хорошего конечного результата из нетипичных клеток в нетипичном месте, как бы управляя процессом, регулируя его в целях достижения этого результата.

Вопросы для повторения:

1. Как происходит процесс дробления?
2. Дробление идет методом митоза или мейоза?
3. Что происходит с клетками в процессе деления.
4. Когда заканчивается процесс деления, что образуется?
5. Как эта сфера называется?
6. Как происходит образование 2 слойного зародыша?
7. Как называется наружный слой?
8. Как называется внутренний слой ?
9. Как называется слой между эктодермой и энтодермой?
10. Как можно доказать влияние одних частей зародыша на другие.
11. Какие органы развиваются из эктодермы?
12. Какие органы развиваются из энтодермы?
13. Какие органы развиваются из мезодермы?

Тема 2. 5 Постэмбриональное развитие организмов

Вопросы

1. Постэмбриональное развитие.
2. Старение и смерть организмов.

1. Вопрос. Постэмбриональное развитие

Может быть прямым или непрямым (сопровождается метаморфозом (превращение)).

При прямом развитии вновь появившийся организм по строению похож на родительский и отличается от него только размерами и неполным развитием органов.

Прямое постэмбриональное развитие:

Прямое развитие свойственно человеку и другим млекопитающим, птицам, пресмыкающимся, некоторым насекомым.

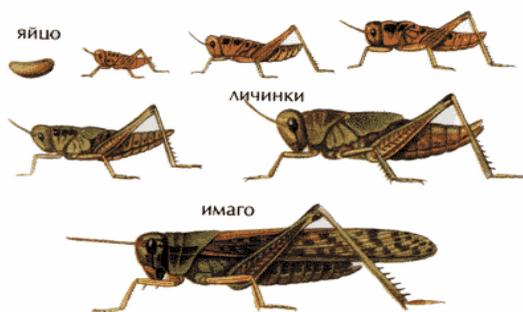
В развитие человека выделяют следующие периоды: детство, отрочество, юность, молодость, зрелость, старость. Каждый период характеризуется рядом изменений в организме.

Старение и смерть – последние этапы индивидуального развития. Старение характеризуются многими морфологиче-

скими и физиологическими именениями, ведущими к общему понижению жизненных процессов и устойчивости организма. Причины и механизмы старения до конца не изучены.

Смерть завершает индивидуальное существование. Она может быть физиологической, если наступает в результате старения, и патологической, если вызвана преждевременно каким-нибудь внешним фактором (ранение, болезнь).

Непрямое постэмбриональное развитие:



Метаморфоз представляет собой глубокие преобразования в строении организма, в результате которых личинка превращается во взрослое насекомое. В зависимости от характера постэмбрионального развития у насекомых различают два типа метаморфоза:

неполный (гемиметаболия), когда развитие насекомого характеризуется прохождением только трех стадий - яйца, личинки и взрослой фазы (имаго);

полный (голометаболия), когда переход личинки во взрослую форму осуществляется на промежуточной стадии - куколочной.

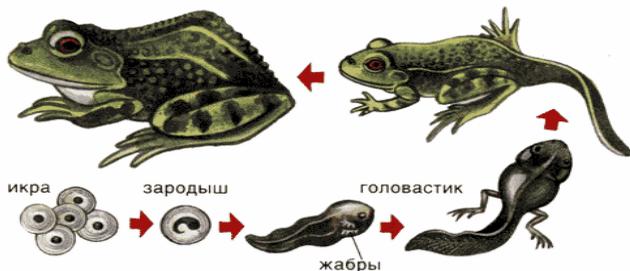
Вylупившийся из яйца цыпленок или родившийся котенок похож на взрослых животных соответствующего вида. Однако у других животных (например, земноводные, большинство насекомых) развитие протекает с резкими физиологическими изменениями и сопровождается образованием личиночных стадий. При этом все части тела личинки претерпевают значительные изменения. Меняются также физиология и поведение животных. Биологическое значение метаморфоза в том, что на стадии личинки организм

растет и развивается не за счет запасных питательных веществ яйца, а она может питаться самостоятельно.

Из яйца выходит личинка, обычно устроенная проще взрослого животного, со специальными личиночными органами, отсутствующими во взрослом состоянии. Личинка питается, растет, и, со временем личиночные органы заменяются органами, свойственными взрослым животным. При неполном метаморфозе замена личиночных органов происходит постепенно, без прекращения активного питания и перемещения организма. Полный метаморфоз включает стадию куколки, в которой личинка преобразовывается во взрослое животное.

У асцидий (тип хордовые, подтип личиночно-хордовые) образуется личинка, обладающая всеми основными признаками хордовых животных: хордой, нервной трубкой, жаберными щелями в глотке. Личинка свободно плавает, затем прикрепляется к какой-либо твердой поверхности на дне моря и совершает метаморфоз: хвост исчезает, хорда, мышцы, нервная трубка распадаются на отдельные клетки, большая часть которых фагоцитируются. От нервной системы личинки остается лишь группа клеток, дающая начало нервному узлу. Строение взрослой асцидии, ведущей прикрепленный образ жизни, несколько не напоминает обычные черты организации хордовых животных. Только знание особенностей онтогенеза позволяет определить систематическое положение асцидий. Строение личинки указывает на происхождение их от хордовых животных, которые вели свободный образ жизни. В процессе метаморфоза асцидии переходят к сидячему образу жизни, в связи с чем упрощается их организация.

Непрямое развитие характерно для земноводных.



Личинка лягушки – головастик - напоминает рыбку. Он плавает у дна, проталкивая себя вперед хвостом, обранным плавником и дышит сначала наружными жабрами, торчащими пучками по бокам головы, а позднее внутренними жабрами. У него один круг кровообращения, двухкамерное сердце, есть боковая линия. Все это – черты строения рыб.

1 неделя, длина тела 7 мм – вылупляется из слизистой капсулы. Имеются наружные жабры, хвост, рот с роговыми челюстями; под ротовым отверстием слизистые железы.

2 неделя, длина тела 9мм – Наружные жабры начинают атрофироваться, над внутренними жабрами образуется жаберная крышка. Глаза хорошо развиты.

4 неделя, длина тела 12 мм – Утрата наружных жабр и слизистых желез. Развивается брызгальце. Хвост расширяется и помогает плавать.

7 неделя, длина тела 28 мм – Появляются почки задних конечностей.

9 неделя, длина тела 35 мм – Задние конечности вполне сформированы, но не используются при плавании. Голова начинает расширяться.

11-12 неделя, длина тела 35 мм – Левая передняя конечность выходит через брызгальце, а правая прикрыта жаберной крышкой. Задние конечности используются при плавании.

13 неделя, длина тела 25 мм – Глаза увеличиваются, рот расширяется.

14 неделя, длина тела 20 мм – Хвост начинает рассасываться.

16 неделя, длина тела 15мм – Все внешние личиночные признаки исчезли. Лягушка выходит на сушу.

Земноводные растут всю жизнь, но чем старше, тем медленнее.

У рыбы из икринки появляется малёк, который растёт и превращается во взрослую особь.

Скорость метаморфоза зависит от количества пищи, температуры и внутренних факторов. Например, личинка лягушки – головастик питается растениями, а взрослая лягушка – насекомыми. Головастики и гусеницы отличаются от взрослых форм по строению, внешнему виду, образу жизни, питанию.



Личинки бабочек, называемые гусеницами, имеют вытянутое, насеченное туловище, напоминая червей с обрубленными концами тела. Ротовой аппарат у гусениц в отличие от таких взрослых насекомых – грызущий. На нижней губе открываются прядильные железы, выделяющие секрет, застывающий на воздухе в шелковые нити.

На груди у личинок, как и у взрослых, имеются три пары членистых ножек, но они пользуются ими лишь для захвата пищи и для опоры. Для передвижения гусеницы применяют нечленистые мясистые брюшные ложноножки, на подошвах которых

имеются мелкие крючочки. Подавляющее большинство гусениц питается растительной пищей. По образу жизни они очень разнообразны. Развитие с полным превращением.

2. Вопрос. Старение и смерть организмов

Понятие развитие в широком смысле означает все изменения, происходящие с организмом в течении жизни, в том числе и процессы снижения его функциональных возможностей при достижении определенного возраста - старения.

Старость - закономерная стадия индивидуального развития. По классификации ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), пожилыми считаются мужчины 61-74 лет, женщины 56-74 лет, старыми - мужчины и женщины 75-90 лет, долгожителями - старше 90 лет.

В процессе старения организма все системы и органы подвергаются необратимым изменениям, снижающим их функциональные возможности.

Причины старения и возможности его замедления интересовали людей с давних времен. Имеется более 200 теорий старения, которые в настоящее время классифицируют на две группы:

-негенетические, согласно которым старение - это структурные изменения клеток и тканей под действием факторов среды;

-генетические, согласно которым старение - генетически запрограммированный процесс, согласно которой в организме имеются специальные гены, отвечающие за старение; оно связано с изменением в строении и функционировании наследственного аппарата - ДНК, РНК.

В более ранних, негенетических теориях причинами старения считали "изнашивание" отдельных тканей и органов, накопление в них токсинов, изменение гидратации тканей, что ведет к нарушению их строения, механической прочности и функций.

В 1908 г. И. И. Мечников выдвинул теорию, согласно которой старение наступает как результат самоотравления токсинами, вырабатываемыми в толстом кишечнике, и "борьбы тканей".

В 1940 г. академик А. А. Богомолец обосновал теорию, определяющую первичными в процессе старения изменения в структуре и функциях соединительной ткани.

Позднее, с развитием молекулярной генетики, внимание стали акцентировать на генетических факторах: ДНК, РНК, процессов репликации, репарации (восстановления при повреждениях), транскрипции, трансляции, приводящих к появлению аномальных белков и других веществ.

В настоящее время с учетом положений многих теорий старение считают многофакторным процессом, в котором ведущую роль играют изменения генетического аппарата, в разной степени модифицированного под действием факторов среды.

Изменения, составляющие содержание процесса старения, затрагивают все органы и системы.

Кровь. Здесь возрастные изменения затрагивают главным образом процессы образования форменных элементов (клеток крови) в красном костном мозге. У молодых людей объем активного красного костного мозга составляет 1500 мл, тогда как у старых в два раза меньше, поскольку значительная его часть замещается жиром. В результате число производимых клеток эритроцитов и лейкоцитов резко снижается. Снижение числа лейкоцитов приводит к снижению возможностей иммунной системы.

Сердце. У пожилых людей мышечные волокна частично замещаются соединительной тканью и происходят изменения сосудов сердца - коронарный атеросклероз. Нарушаются процессы генерации и передачи возбуждения по ткани сердца.

Сосуды. Основные признаки старения сосудов - снижение их упругости в результате замещения эластических волокон коллагеновыми и отложения холестериновых бляшек в стенке сосудов. Это является причиной многих патологических процессов в пожилом возрасте: инсультов, тромбозов, эмболий, варикозного расширения вен.

Органы дыхания. У пожилых людей происходит расширение просветов альвеол из-за частичного разрушения перегородок между ними, уменьшается число легочных капилляров и эластических волокон. Это приводит к снижению растяжимости легких, уменьшению их жизненной емкости, нарушению снабжения тканей кислородом.

Желудочно-кишечный тракт. Начиная со среднего возраста, снижаются способности желудочно-кишечного тракта к перистальтике (сократительным движениям, способствующим продвижению пищи), секреторная активность пищеварительных желез, процессы всасывания питательных веществ.

Печень. После сорока лет масса печени, объем протекающей через неё крови, активность печеночных ферментов снижаются. При этом многие токсичные вещества и лекарственные препараты разрушаются медленнее, чем у молодых людей.

Почки. После 70 лет у пожилых людей остается в работе лишь 70% ранее активных нефронов.

Кожа. Изменения кожи - наиболее заметный признак старения. Кожа становится дряблой, морщинистой, на ней появляются пигментные пятна. Волосы седеют.

Половые органы. У женщин последняя менструация (менопауза) происходит в возрасте около 50 лет. После этого гормональная активность яичников прекращается. У мужчин процесс производства сперматозоидов продолжается до самой смерти, но после 55 лет у них часто наблюдается увеличение предстательной железы (аденома простаты), что сдавливает мочеиспускательный канал и нарушается мочеиспускание.

Нервная система. В результате изменений мозговых сосудов - атеросклероз - у пожилых людей значительно снижен объем мозгового кровообращения, что приводит к нарушению снабжения мозга кислородом и нарушению его работы. Допол-

нительную опасность при этом имеют возможности кровоизлияний в мозг - инсультов.

Органы чувств. С возрастом ухудшаются слух (старческая тугоухость), зрение - из-за нарушения прозрачности хрусталика (катаракта) и нарушений в сетчатке. При нарушении оттока внутриглазной жидкости повышается внутриглазное давление с последующей атрофией глазного нерва (глаукома).

Сам по себе процесс старения не приводит к смерти. Смерть, как правило, наступает в результате болезней пожилого возраста - инсультов, инфарктов, онкологических заболеваний и т. д.

Смерть как биологическое явление. Смерть - это естественный этап онтогенеза всех организмов. Без смерти не было бы смены поколений и биологической эволюции организмов на Земле.

Различают биологическую и клиническую смерть.

Биологическая смерть необратима. Она состоит в полном прекращении функционирования всех органов и систем организма.

Клиническая смерть выражается в потере сознания, остановке сердечной деятельности, дыхания, в то время как большинство клеток и тканей организма остаются живыми: некоторое время происходит самообновление клеток, перистальтика кишечника и др. Клиническая смерть является обратимой: при восстановлении сердечной и дыхательной деятельности возможно "возвращение" организма к жизни. В этом заключается цель реанимационных мероприятий.

Однако способность восстановления нормальной функции у разных клеток неодинакова: первой (через 5 мин) гибнет кора головного мозга, затем - клетки кишечника, легких, печени, мышц и сердца.

Вопросы для повторения:

1. Когда начинается постэмбриональное развитие?
2. Назовите виды постэмбрионального развития.
3. В чем суть прямого развития?
4. В чем суть непрямого развития?
5. Приведите примеры продолжительности жизни у животных.
6. Приведите примеры продолжительности жизни у растений.
7. Перечислите показатели старения организма.

Тема 3. Основы генетики и селекции

Тема 3. 1 Генетика наука о наследственности и изменчивости

Вопросы

1. Биография Г. Менделя.
2. Основные понятия генетики.
3. Символика генетики.

1. Вопрос. **Биография Г. Менделя**



Грегор Мендель (Грегор Иоганн Мендель) (1822-84) – австрийский естествоиспытатель, ученый-ботаник и религиозный деятель, монах, основоположник учения о наследственности (менделизм). Применив статистические методы для анализа результатов по гибридизации сортов гороха (1856-63), сформулировал закономерности наследственности (см. законы Менделя).

Грегор Мендель родился 22 июля 1822, Хейнцендорф, Австро-Венгрия, ныне Гинчице. Скончался 6 января 1884, Брюнн, ныне Брно, Чешская Республика.

Трудные годы учения.

Иоганн родился вторым ребенком в крестьянской семье смешанного немецко-славянского происхождения и среднего достатка, у Антона и Розины Мендель. В 1840 Мендель окончил шесть классов гимназии в Троппау (ныне г. Опава) и в следующем году поступил в философские классы при университете в г. Ольмюце (ныне г. Оломоуц). Однако, материальное положение семьи в эти годы ухудшилось, и с 16 лет Мендель сам должен был заботиться о своем пропитании. Не будучи в силах постоянно выносить подобное напряжение, Мендель по окончании

философских классов, в октябре 1843, поступил послушником в Брюннский монастырь (где он получил новое имя Грегор). Там он нашел покровительство и финансовую поддержку для дальнейшего обучения.

В 1847 Мендель был посвящен в сан священника. Одновременно с 1845 года он в течение 4 лет обучался в Брюннской теологической школе. Августинской монастырь св. Фомы был центром научной и культурной жизни Моравии. Помимо богатой библиотеки, он имел коллекцию минералов, опытный садик и гербарий. Монастырь патронировал школьное образование в крае.

Монах-преподаватель.

Будучи монахом, Грегор Мендель с удовольствием вел занятия по физике и математике в школе близлежащего городка Цнайм, однако не прошел государственного экзамена на аттестацию учителя. Настоятель монастыря послал его для продолжения обучения в Венский университет, где Мендель в качестве вольнослушателя проучился четыре семестра в период 1851-53, посещая семинары и курсы по математике и естественным наукам, в частности, курс известного физика К. Доплера. Хорошая физико-математическая подготовка помогла Менделю впоследствии при формулировании законов наследования. Вернувшись в Брюнн, Мендель продолжил учительство (преподавал физику и природоведение в реальном училище), однако вторая попытка пройти аттестацию учителя вновь оказалась неудачной.

Опыты над гибридами гороха.

С 1856 Грегор Мендель начал проводить в монастырском садике (шириной в 7 и длиной в 35 метров) хорошо продуманные обширные опыты по скрещиванию растений (прежде всего среди тщательно отобранных сортов гороха) и выяснению закономерностей наследования признаков в потомстве гибридов. В 1863 он закончил эксперименты и в 1865 на двух заседаниях Брюннского общества естествоиспытателей доложил результаты своей работы. В 1866 в трудах общества вышла его статья «Опыты над растительными гибридами», которая заложила основы генетики как самостоятельной науки. Это редкий в истории знаний случай, когда одна статья знаменует собой рождение новой научной дисциплины. Почему принято так считать?

Работы по гибридизации растений и изучению наследования признаков в потомстве гибридов проводились десятилетия до Менделя в разных странах и селекционерами, и ботаниками. Были замечены и описаны факты доминирования, расщепления и комбинирования признаков, особенно в опытах французского ботаника Ш. Нодена. Даже Дарвин, скрещивая разновидности львиного зева, отличные по структуре цветка, получил во втором поколении соотношение форм, близкое к известному менделевскому расщеплению 3:1, но увидел в этом лишь «капризную игру сил наследственности». Разнообразие взятых в опыты видов и форм растений увеличивало количество высказываний, но уменьшало их обоснованность. Смысл или «душа фактов» (выражение Анри Пуанкаре) оставались до Менделя туманными.

Совсем иные следствия вытекали из семилетней работы Менделя, по праву составляющей фундамент генетики. В-первых, он создал научные принципы описания и исследования гибридов и их потомства (какие формы брать в скрещивание, как вести анализ в первом и втором поколении). Мендель разработал и применил алгебраическую систему символов и обозначений признаков, что представляло собой важное концептуальное нововведение.

Во-вторых, Грегор Мендель сформулировал два основных принципа, или закона наследования признаков в ряду поколений, позволяющие делать предсказания. Наконец, Мендель в неявной форме высказал идею дискретности и бинарности наследственных задатков: каждый признак контролируется материнской и отцовской парой задатков (или генов, как их потом стали называть), которые через родительские половые клетки передаются гибридам и никуда не исчезают. Задатки признаков не влияют друг на друга, но расходятся при образовании половых клеток и затем свободно комбинируются у потомков (законы расщепления и комбинирования признаков). Парность задатков, парность хромосом, двойная спираль ДНК – вот логическое следствие и магистральный путь развития генетики 20 века на основе идей Менделя.

Великие открытия часто признаются не сразу

Хотя труды Общества, где была опубликована статья Менделя, поступили в 120 научных библиотек, а Мендель дополни-

тельно разослал 40 оттисков, его работа имела лишь один благосклонный отклик – от К. Негели, профессора ботаники из Мюнхена. Негели сам занимался гибридизацией, ввел термин «модификация» и выдвинул умозрительную теорию наследственности. Однако, он усомнился в том, что выявленные на горохе законы имеет всеобщий характер и посоветовал повторить опыты на других видах. Мендель почтительно согласился с этим. Но его попытка повторить на ястребинке, с которой работал Негели, полученные на горохе результаты, оказалась неудачной. Лишь спустя десятилетия стало ясно почему. Семена у ястребинки образуются партеногенетически, без участия полового размножения. Наблюдались и другие исключения из принципов Грегора Менделя, которые нашли истолкование гораздо позднее. В этом частично заключается причина холодного приема его работы. Начиная с 1900, после практически одновременной публикации статей трех ботаников – Х. Де Фриза, К. Корренса и Э. Чермака-Зейзенетта, независимо подтвердивших данные Менделя собственными опытами, произошел мгновенный взрыв признания его работы. 1900 считается годом рождения генетики.

Вокруг парадоксальной судьбы открытия и переоткрытия законов Менделя создан красивый миф о том, что его работа оставалась совсем неизвестной и на нее лишь случайно и независимо, спустя 35 лет, натолкнулись три переоткрывателя. На самом деле, работа Менделя цитировалась около 15 раз в сводке о растительных гибридах 1881, о ней знали ботаники. Более того, как выяснилось при анализе рабочих тетрадей К. Корренса, он еще в 1896 читал статью Менделя и даже сделал ее реферат, но не понял в то время ее глубинного смысла и забыл.

Стиль проведения опытов и изложения результатов в классической статье Менделя делают весьма вероятным предположение, к которому в 1936 пришел английский математический статистик и генетик Р. Э. Фишер: Мендель сначала интуитивно проник в «душу фактов» и затем спланировал серию многолетних опытов так, чтобы озарившая его идея выявилась наилучшим образом. Красота и строгость числовых соотношений форм при расщеплении (3:1 или 9:3:3:1), гармония, в которую удалось уложить хаос фактов в области наследственной изменчивости, возможность делать предсказания – все это внутренне убеждало Менделя во все-

общем характере найденных им на горохе законов. Оставалось убедить научное сообщество. Но эта задача столь же трудна, сколь и само открытие. Ведь знание фактов еще не означает их понимания. Крупное открытие всегда связано с личностным знанием, ощущениями красоты и целостности, основанных на интуитивных и эмоциональных компонентах. Этот внерациональный вид знания передать другим людям трудно, ибо с их стороны нужны усилия и такая же интуиция.

Судьба открытия Менделя – задержка на 35 лет между самим фактом открытия и его признанием в сообществе – не парадокс, а скорее норма в науке. Так, спустя 100 лет после Менделя, уже в период расцвета генетики, подобная же участь непризнания в течение 25 лет постигла открытие Б. Мак-Клинток мобильных генетических элементов. И это несмотря на то, что она, в отличие от Менделя, была ко времени своего открытия высоко авторитетным ученым и членом Национальной Академии наук США.

В 1868 Грегор Мендель был избран настоятелем монастыря и практически отошел от научных занятий. В его архиве сохранились заметки по метеорологии, пчеловодству, лингвистике. На месте монастыря в Брно ныне создан музей Менделя; издается специальный журнал «Folia Mendeliana». (М. Д. Голубовский).

Грегор Мендель трудился в крохотном, менее двух с половиною соток гектара, монастырском садике. Он высевал горох на протяжении восьми лет, манипулируя двумя десятками разновидностей этого растения, различных по окраске цветков и по виду семян. Он проделал десять тысяч опытов. Своим усердием и терпением он приводил в немалое изумление помогавших ему в нужных случаях партнеров – Винкельмейера и Лиленталя, а также садовника Мареша, весьма склонного к выпивке. Если Мендель и давал пояснения своим помощникам, то вряд ли они могли его понять.

Неторопливо текла жизнь в монастыре Святого Томаша. Нетороплив был и Грегор Мендель. Настойчив, наблюдателен и весьма терпелив. Изучая форму семян у растений, полученных в результате скрещиваний, он ради уяснения закономерностей передачи лишь одного признака («гладкие – морщинистые») подверг анализу 7324 горошины. Каждое семя он рассматривал в лупу, сравнивая их форму и делая записи.

С опытов Грегора Менделя начался другой отсчет времени, главной отличительной чертой которого стал опять же введенный Менделем гибридологический анализ наследственности отдельных признаков родителей в потомстве. Трудно сказать, что именно заставило естествоиспытателя обратиться к абстрактному мышлению, отвлечься от голых цифр и многочисленных экспериментов. Но именно оно позволило скромному преподавателю монастырской школы увидеть целостную картину исследования; увидеть ее лишь после того, как пришлось пренебречь десятыми и сотыми долями, обусловленными неизбежными статистическими вариациями. Только тогда буквенно «помеченные» исследователем альтернативные признаки открыли ему нечто сенсационное: определенные типы скрещивания в разном потомстве дают соотношение 3:1, 1:1, или 1:2:1.

Грегор Мендель обратился к работам своих предшественников за подтверждением мелькнувшей у него догадки. Те, кого исследователь почитал за авторитеты, пришли в разное время и каждый по-своему к общему заключению: гены могут обладать доминирующими (подавляющими) или рецессивными (подавляемыми) свойствами. А раз так, делает вывод Мендель, то комбинация неоднородных генов и дает то самое расщепление признаков, что наблюдается в его собственных опытах. И в тех самых соотношениях, что были вычислены с помощью его статистического анализа. «Проверяя алгеброй гармонию» происходящих изменений в полученных поколениях гороха, ученый даже ввел буквенные обозначения, отметив заглавной буквой доминантное, а строчной – рецессивное состояние одного и того же гена.

Г. Мендель доказал, что каждый признак организма определяется наследственными факторами, задатками (впоследствии их назвали генами), передающимися от родителей потомкам с половыми клетками. В результате скрещивания могут появиться новые сочетания наследственных признаков. И частоту появления каждого такого сочетания можно предсказать.

Обобщенно результаты работы ученого выглядят так:

– все гибридные растения первого поколения одинаковы и проявляют признак одного из родителей;

– среди гибридов второго поколения появляются растения как с доминантными, так и с рецессивными признаками в соотношении 3:1;

– два признака в потомстве ведут себя независимо и во втором поколении встречаются во всех возможных сочетаниях;

– необходимо различать признаки и их наследственные задатки (растения, проявляющие доминантные признаки, могут в скрытом виде нести задатки рецессивных);

– объединение мужских и женских гамет случайно в отношении того, задатки каких признаков несут эти гаметы.

В феврале и марте 1865 года в двух докладах на заседаниях провинциального научного кружка, носившего название Общества естествоиспытателей города Брю, один из рядовых его членов, Грегор Мендель, сообщил о результатах своих многолетних исследований, завершенных в 1863 году. Несмотря на то что его доклады были довольно холодно встречены членами кружка, он решился опубликовать свою работу. Она увидела свет в 1866 году в трудах общества под названием «Опыты над растительными гибридами».

Современники не поняли Менделя и не оценили его труд. Для многих ученых опровержение вывода Менделя означало бы ни много ни мало, как утверждение собственной концепции, гласившей, что приобретенный признак можно «втиснуть» в хромосому и обратить в наследуемый. Как только не сокрушали «крамольный» вывод скромного настоятеля монастыря из Брно маститые ученые, каких только эпитетов не придумывали, дабы унижить, высмеять. Но время решило по-своему.

Грегор Мендель не был признан современниками. Слишком уж простой, бесхитростной представилась им схема, в которую без нажима и скрипа укладывались сложные явления, составляющие в представлении человечества основание незыблемой пирамиды эволюции. К тому же в концепции Менделя были и уязвимые места. Так, по крайней мере, представлялось это его оппонентам. И самому исследователю тоже, поскольку он не мог развеять их сомнений. Одной из «виновниц» его неудач была ястребинка.

Ботаник Карл фон Негели, профессор Мюнхенского университета, прочитав работу Менделя, предложил автору проверить обнаруженные им законы на ястребинке. Это маленькое

растение было излюбленным объектом Негели. И Мендель согласился. Он потратил много сил на новые опыты. Ястребинка – чрезвычайно неудобное для искусственного скрещивания растение. Очень мелкое. Приходилось напрягать зрение, а оно стало все больше и больше ухудшаться. Потомство, полученное от скрещивания ястребинки, не подчинялось закону, как он считал, правильному для всех. Лишь спустя годы после того, как биологи установили факт иного, не полового размножения ястребинки, возражения профессора Негели, главного оппонента Менделя, были сняты с повестки дня. Но ни Менделя, ни самого Негели уже, увы, не было в живых.

Очень образно о судьбе работы Менделя сказал крупнейший советский генетик академик Б.Л. Астауров, первый президент Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Николая Ивановича Вавилова: «Судьба классической работы Менделя превратна и не чужда драматизма. Хотя им были обнаружены, ясно показаны и в значительной мере поняты весьма общие закономерности наследственности, биология того времени еще не доросла до осознания их фундаментальности. Сам Грегор Мендель с удивительной проницательностью предвидел общезначимость обнаруженных на горохе закономерностей и получил некоторые доказательства их применимости к некоторым другим растениям (трем видам фасоли, двум видам левкоя, кукурузе и ночной красавице). Однако его настойчивые и утомительные попытки приложить найденные закономерности к скрещиванию многочисленных разновидностей и видов ястребинки не оправдали надежд и потерпели полное фиаско. Насколько счастлив был выбор первого объекта (гороха), настолько же неудачен второй. Только много позднее, уже в нашем веке, стало понятно, что своеобразные картины наследования признаков у ястребинки являются исключением, лишь подтверждающим правило.

Во времена Менделя никто не мог подозревать, что принятые им скрещивания разновидностей ястребинки фактически не происходили, так как это растение размножается без опыления и оплодотворения, девственным путем, посредством так называемой апогамии. Неудача кропотливых и напряженных опытов, вызвавших почти полную потерю зрения, свалившиеся

на Менделя обременительные обязанности прелата и преклонные годы, вынудили его прекратить любимые исследования.

Прошло еще несколько лет, и Грегор Мендель ушел из жизни, не предчувствуя, какие страсти будут бушевать вокруг его имени и какой славой оно, в конце концов, будет покрыто. Да, слава и почет придут к Менделю уже после смерти. Он же покинет жизнь, так и не разгадав тайны ястребинки, не «уложившейся» в выведенные им законы единообразия гибридов первого поколения и расщепления признаков в потомстве».

Менделю было бы значительно легче, знай, он о работах другого ученого Адамса, опубликовавшего к тому времени пионерскую работу о наследовании признаков у человека. Но Мендель не был знаком с этой работой. А ведь Адамс на основе эмпирических наблюдений за семьями с наследственными заболеваниями фактически сформулировал понятие наследственных задатков, подметив доминантное и рецессивное наследование признаков у человека. Но ботаники не слышали о работе врача, а тому, вероятно, выпало на долю столько практической лечебной работы, что на абстрактные размышления просто не хватало времени. В общем, так или иначе, но генетики узнали о наблюдениях Адамса, только приступив всерьез к изучению истории генетики человека.

Не повезло и Менделю. Слишком рано великий исследователь сообщил о своих открытиях научному миру. Последний был к этому еще не готов. Лишь в 1900 году, переоткрыв законы Менделя, мир поразился красоте логики эксперимента исследователя и изящной точности его расчетов. И хотя ген продолжал оставаться гипотетической единицей наследственности, сомнения в его материальности окончательно развеялись.

Грегор Мендель был современником Чарлза Дарвина. Но статья брюннского монаха не попала на глаза автору «Происхождения видов». Остается лишь гадать, как бы оценил Дарвин открытие Менделя, если бы ознакомился с ним. Между тем великий английский натуралист проявлял немалый интерес к гибридизации растений. Скрещивая разные формы львиного зева, он по поводу расщепления гибридов во втором поколении писал: «Почему это так. Бог знает...»

Умер Грегор Мендель 6 января 1884 года, настоятелем того монастыря, где вел свои опыты с горохом. Не замеченный современниками, Мендель, тем не менее, нисколько не поколебался в своей правоте. Он говорил:

«Мое время еще придет». Эти слова начертаны на его памятнике, установленном перед монастырским садиком, где он ставил свои опыты.

2. Вопрос. **Основные понятия генетики**

Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Датой «рождения» генетики можно считать 1900 год, когда Г. Де Фриз в Голландии, К. Корренс в Германии и Э. Чермак в Австрии независимо друг от друга «переоткрыли» законы наследования признаков, установленные Г. Менделем еще в 1865 году.

Наследственность – свойство организмов передавать свои признаки от одного поколения к другому.

Изменчивость – свойство организмов приобретать новые по сравнению с родителями признаки. В широком смысле под изменчивостью понимают различия между особями одного вида.

Признак – любая особенность строения, любое свойство организма. Развитие признака зависит как от присутствия других генов, так и от условий среды, формирование признаков происходит в ходе индивидуального развития особей. Поэтому каждая отдельно взятая особь обладает набором признаков, характерных только для нее.

Фенотип – совокупность всех внешних и внутренних признаков организма.

Ген – функционально неделимая единица генетического материала, участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру полипептида, молекулы транспортной или рибосомной РНК. В широком смысле ген – участок ДНК, определяющий возможность развития отдельного элементарного признака.

Генотип – совокупность генов организма.

Локус – местоположение гена в хромосоме.

Аллельные гены – гены, расположенные в идентичных локусах гомологичных хромосом.

Гомозигота – организм, имеющий аллельные гены одной молекулярной формы.

Гетерозигота – организм, имеющий аллельные гены разной молекулярной формы; в этом случае один из генов является доминантным, другой – рецессивным.

Рецессивный ген – аллель, определяющий развитие признака только в гомозиготном состоянии; такой признак будет называться рецессивным.

Доминантный ген – аллель, определяющий развитие признака не только в гомозиготном, но и в гетерозиготном состоянии; такой признак будет называться доминантным.

3. Вопрос. **Символика генетики.**

В генетике пользуются такими общепринятыми символами:

♀ («зеркало Венеры») женский организм

♂ («щит и копье Марса») мужской организм

× знак скрещивания

Родительские организмы

F1, F2 дочерние организмы первого и второго поколения

A, B, C... гены, кодирующие доминантные признаки

a, b, c... аллельные им гены, кодирующие рецессивные признаки

AA, BB, CC. генотипы особей, моногетерозиготных по доминантному признаку

Aa, Bb, Cc... генотипы моногетерозиготных особей

aa, bb, cc... генотипы рецессивных особей

AaBb, AaBbCc генотипы ди- и тригетерозигот

Вопросы для повторения:

1. Объясните такое понятие как наследственность.
2. Объясните такое понятие как изменчивость.
3. Объясните такое понятие как ген.
4. Объясните такое понятие как генотип.
5. Объясните такое понятие как фенотип
6. Какой год считается годом открытия генетики.
7. Кто первый из ученых заложил фундамент в генетику?
8. Объясните такое понятие как доминантный признак.

9. Объясните такое понятие как рецессивный признак.
10. Как буквенно обозначается гомозиготный организм?
11. Как буквенно обозначается гетерозиготный организм?
12. Как обозначается женский организм?
13. Как обозначается мужской организм?
14. Как символом написать гибрид 1 и 2 поколения?
15. Какие признаки были изучены Г. Менделем?

Тема 3. 2 Первый и второй закон Г. Менделя

Вопросы

1. Первый закон Г. Менделя.
2. Второй закон Г. Менделя.
3. Неполное доминирование.

1. Вопрос. Первый закон Г. Менделя

Закон единообразия первого поколения гибридов, или первый закон Менделя. Для иллюстрации первого закона Менделя – закона единообразия первого поколения – воспроизведем его опыты по монотгибридному скрещиванию растений гороха. Скрещивание двух организмов называется гибридизацией, потомство от скрещивания двух особей с разной наследственностью называют гибридным, а отдельную особь – гибридом. Моногибридным называется скрещивание двух организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков. Следовательно, при таком скрещивании прослеживаются закономерности наследования только двух признаков, развитие которых обусловлено парой аллельных генов. Все остальные признаки, свойственные данным организмам, во внимание не принимаются.

Если скрестить растения гороха с желтыми и зелеными семенами, то у всех полученных в результате этого скрещивания гибридов семена будут желтыми. Такая же картина наблюдается при скрещивании растений, обладающих гладкой и морщинистой формой семян; все потомство первого поколения будет иметь гладкую форму семян. Следовательно, у гибрида, первого поколения из каждой пары альтернативных признаков развивается только один. Второй признак как бы исчезает, не проявля-

ется. Явление преобладания у гибрида признака одного из родителей Г. Мендель назвал доминированием. Признак, проявляющийся у гибрида первого поколения и подавляющий развитие другого признака, был назван доминантным, а противоположный, т. е. подавляемый, признак – рецессивным. Если в гено типе организма (зиготы) два одинаковых аллельных гена – оба доминантные или оба рецессивные (AA или aa), та-кой организм называется гомозиготным. Если же из пары аллельных генов один доминантный, а другой рецессивный (Aa), то такой организм носит название гетерозиготного.

2. Вопрос. Второй закон Г. Менделя

Закон расщепления, или второй закон Менделя. Семена гибридов первого поколения использовались Менделем для получения второго гибридного поколения. В F₂ 6022 горошины были желтого цвета, 2001 горошины – зеленого.

У полученных таким образом гибридов второго поколения проявился не только доминантный, но и рецессивный признак. Подобные же результаты были получены в F₂ при анализе еще 6 пар признаков. Результаты опытов Менделя приведены в таблице.

Результаты опытов приведены в таблице.

Результаты экспериментов Менделя по наследованию семи пар альтернативных признаков у гороха					
Признак	Родительские растения		Гибриды F ₂		Отношение
	Доминантный	Рецессивный	Доминантный	Рецессивный	
1. Высота стебля	Высокие	Низкие	787	277	2,84:1
2. Семена	Гладкие	Морщинистые	5474	1850	2,96:1
3. Окраска семян	Желтые	Зеленые	6022	2001	3,01:1
4. Форма плодов	Плоские	Выпуклые с перетяжками	882	299	2,95:1
5. Окраска плодов	Зеленые	Желтые	428	152	2,82:1
6. Положение цветков	Пазушные	Верхушечные	651	207	3,14:1
7. Окраска цветков	Красные	Белые	705	224	3,15:1
		Всего:	14949	5010	2,98:1

Анализ данных таблицы позволил сделать следующие выводы:

Единообразия гибридов во втором поколении не наблюдается – часть гибридов несет один (доминантный), часть – другой (рецессивный) признак из альтернативной пары;

Количество гибридов, несущих доминантный признак, приблизительно в три раза больше, чем гибридов, несущих рецессивный признак;

Рецессивный признак у гибридов первого поколения не исчезает, а лишь подавляется и проявляется во втором гибридном поколении.

Дано:

Ген	Признак
A	- желт.
a	- зелен.
$P \text{♀} AA$	$x \text{♂} aa$
Желт. Зелен.	

$F_1 - ?$	$F_2 - ?$

Решение:

P ♀ AA x ♂ aa
♀ Желт. Зелен.

G (A) (a)

F₁ Aa x Aa
Желт. Желт.

G (A) (a) (A) (a)

	♀ ♂	A	a
F ₂	A	AA Желт.	Aa Желт.
	a	Aa Желт.	aa Зелен.

Рис. Генетическая схема скрещиваний

Явление, при котором часть гибридов второго поколения несет доминантный признак, а часть – рецессивный, называют расщеплением. Причем наблюдающееся у гибридов расщепление не случайное, а подчиняется определенным количественным закономерностям. На основе этого Мендель сделал еще один вывод: при скрещивании гибридов первого поколения в

потомстве происходит расщепление признаков в определенном числовом соотношении.

При скрещивании гибридов первого поколения между собой (двух гетерозиготных особей) во втором поколении наблюдается расщепление в определенном числовом соотношении: по фенотипу 3:1, по генотипу 1:2:1. Это второй закон Менделя, закон расщепления.

Английский генетик Р. Пеннет предложил проводить генетическую запись слияния гамет в виде решетки, которую так и назвали – решетка Пеннета. По вертикали указываются женские гаметы, по горизонтали – мужские. В клетки решетки вписываются генотипы зигот, образовавшихся при слиянии гамет.

3. Вопрос. **Неполное доминирование**

Закон доминирования – первый закон Менделя – называют также законом единообразия гибридов первого поколения, так как у всех особей первого поколения проявляется один признак.

Неполное доминирование. Доминантный ген в гетерозиготном состоянии не всегда полностью подавляет рецессивный ген. В ряде случаев гибрид F_1 не воспроизводит полностью ни одного из родительских признаков и признак носит промежуточный характер с большим или меньшим уклоном к доминантному или рецессивному состоянию. Но все особи этого поколения единообразны по данному признаку. Так, при скрещивании ночной красавицы с красной окраской цветков (AA) с растением, имеющим белые цветки (aa), в F_1 образуется промежуточная розовая окраска цветка (Aa). При неполном доминировании в потомстве гибридов (F_1) расщепление по генотипу и фенотипу совпадает (1:2:1).

Неполное доминирование – широко распространенное явление. Оно обнаружено при изучении наследования окраски цветка у львиного зева, окраски шерсти у крупного рогатого скота и овец, биохимических признаков у человека и т. д. Промежуточные признаки, возникающие вследствие неполного доминирования, нередко представляют эстетическую или материальную ценность для человека.

Вопросы для повторения:

1. Объясните на примере 1 закон Г. Менделя.
2. Объясните на примере 2 закон Г. Менделя.
3. Объясните на примере неполное доминирование.
4. Решите задачу: Ген черной масти у крупнорогатого скота доминирует над геном красной масти. Какое потомство F_1 получится от скрещивания чистопородного черного быка с красными коровами? Какое потомство F_2 получится от скрещивания между собой гибридов?
5. Решите задачу: При скрещивании двух морских свинок с черной шерстью (доминантный признак) получено потомство, среди которого особи с белой шерстью составили 25%, каковы генотипы родителей?
6. Решите задачу: Гибриды F_1 , полученные при скрещивании растений земляники с красными и белыми плодами, имели плоды розового цвета, О чем это свидетельствует?
7. Решите задачу: Каковы генотипы родительских особей, если их потомство в F_1 дало расщепление по фенотипу 3:1
8. Решите задачу: Что получится при скрещивании растений гороха с карликовым (aa) и с высоким ростом (Aa) в поколении F_1 .
9. Решите задачу: Какой процент растений ночной красавицы с розовыми цветками можно ожидать от скрещивания растений с красными и белыми цветками (неполное доминирование).
10. Решите задачу: Растения томатов с округлыми (A) плодами скрестили с растениями, обладающими грушевидными (a) плодами. В потомстве получено 50% растений с округлыми плодами и 50% – с грушевидными плодами. Укажите генотипы родителей.
11. Решите задачу: По закону расщепления чему равно соотношение фенотипов в F_2 (при полном доминировании).

Тема 3. 3 Закономерности изменчивости -3 закон Г. Менделя

Вопросы:

1. Третий закон Г.Менделя.
2. Решетка Пеннета.

1. Вопрос. Третий закон Г. Менделя

Дигибридным называется скрещивание, при котором рассматривается наследование двух альтернативных признаков, кодируемых генами, расположенными в разных парах гомологичных хромосом. Организмы гетерозиготные по двум генам называют дигетерозиготными.

Согласно третьему закону Менделя, при дигибридном скрещивании наследование обоих признаков осуществляется независимо друг от друга, а в потомстве дигетерозигот наблюдается расщепление по фенотипу в пропорции 9:3:3:1 (9 *A-B-*, 3 *aaB-*, 3 *A-aa*, 1 *aaavv*, где «-» в данном случае обозначает, что ген может находиться либо в доминантном, либо в рецессивном состоянии). По генотипу расщепление будет осуществляться в соотношении 4:2:2:2:1:1:1:1 (4*AaBv*, 2*AABv*, 2*AaBB*, 2*Aavv*, 2*aaBv*, 1*AAvv*, 1*AABB*, 1*aaBB*, 1*aaavv*). В отличие от первого и второго законов Менделя, которые справедливы всегда, третий закон относится только к случаям независимого наследования, когда изучаемые гены расположены в разных парах гомологичных хромосом. При неполном доминировании по двум парам генов, участвующим в дигибридном скрещивании, следует ожидать 9 фенотипических и генотипических классов в соотношении 1:2:1:2:4:2:1:2:1 (1*AABB*:2*AABv*:1*AAvv*:2*AaBB*:4*AaBv*:2*Aavv*:1*aaBB*:2*aaBv*:1*aaavv*). Для определения фенотипов и генотипов потомства при дигибридном скрещивании удобно пользоваться решеткой Пеннета.

A – желтая окраска семян (ж),

a – зеленая окраска семян (з),

B – гладкая форма семян (г),

v – морщинистая форма семян (м).

гаметы	AB	Av	aB	av
AB	<i>AABB</i> ж.г.	<i>AABv</i> ж.г.	<i>AaBB</i> ж.г.	<i>AaBv</i> ж.г.
Av	<i>AABv</i> ж.г.	<i>AAvv</i> ж.м.	<i>AaBv</i> ж.г.	<i>Aavv</i> ж.м.
aB	<i>AaBB</i> ж.г.	<i>AaBv</i> ж.г.	<i>aaBB</i> з.г.	<i>aaBv</i> з.г.
av	<i>AaBv</i> ж.г.	<i>Aavv</i> ж.м.	<i>aaBv</i> з.г.	<i>aaavv</i> з.м.

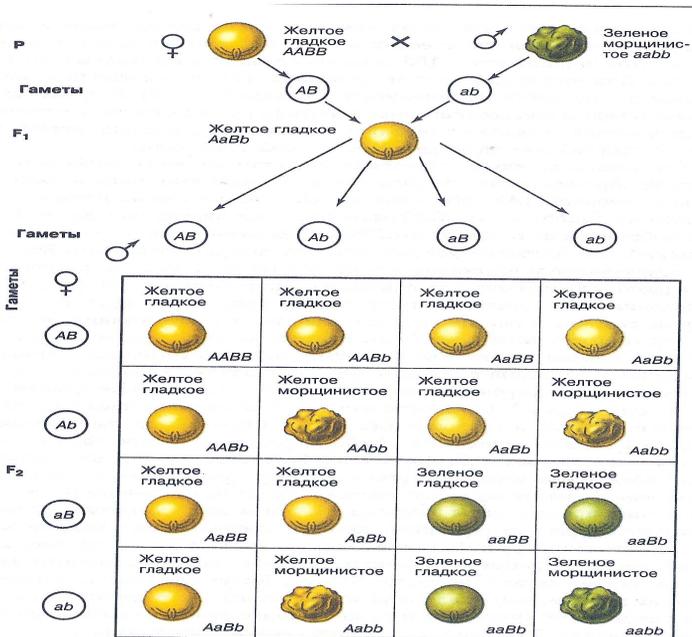
Тот факт, что признаки наследуются независимо друг от друга, значительно упрощает решение задач на дигибридное скрещивание. Оно сводится к тому, что надо абстрагироваться от второго признака и два раза решить задачу на моногибридное скрещивание.

При полигибридном скрещивании количество пар генов, по которым могут быть гетерозиготны скрещивающиеся организмы, часто оказывается больше двух. Количество генотипов и фенотипов, возникающих в таких полигибридных скрещиваниях, резко возрастает, хотя закономерности, которым оно подчиняется, те же, что и в моно- и дигибридном скрещиваниях.

Число пар генов	Гаметы	F ₂	Число классов	
	число различных типов	число возможных комбинаций	фенотипических (при полном доминировании)	генотипических
1	2	4	2	3
2	4	16	4	9
..
n	2 ⁿ	4 ⁿ	2 ⁿ	3 ⁿ

2. Вопрос. Решетка Пеннета

Решётка Пеннета – таблица, предложенная английским генетиком Реджинальдом Паннетом (1875– 1967) в качестве инструмента, представляющего собой графическую запись для определения сочетаемости аллелей из родительских генотипов. Вдоль одной стороны квадрата расположены женские гаметы, вдоль другой – мужские. Это позволяет легче и нагляднее представить генотипы, получаемые при скрещивании родительских гамет.



III-закон Г. Менделя Закон независимого наследования признаков

- При дигибридном скрещивании гены и признаки, за которые эти гены отвечают, наследуются независимо друг от друга
- Для того, чтобы понять как будет происходить комбинация признаков при скрещивании гибридов, американский исследователь Реджинальд Пеннет предложил заносить результаты опыта в таблицу, которую назвали решеткой Пеннета

Вопросы для повторения:

1. Дать понятие 3 закону Г. Менделя.
2. Решить задачи:

* Написать возможные типы гамет, продуцируемых организмами со следующими генотипами: *AABB*, *CcDd*, *EeFf*, *gghh* (гены наследуются независимо).

* У морских свинок ген черной окраски шерсти *W* доминирует над аллелем *w*, обуславливающим белую окраску. Короткошерстность определяется доминантным геном *L*, а длинношерстность – его рецессивным аллелем *l*. Гены окраски и длины шерсти наследуются независимо. Гомозиготное черное длинношерстное животное было скрещено с гомозиготным белым короткошерстным. Какое потомство получится от возвратного скрещивания свинок из F_1 с родительской особью?

* У человека альбинизм и способность преимущественно владеть левой рукой – рецессивные признаки, наследующиеся независимо. Каковы генотипы родителей с нормальной пигментацией и владеющих правой рукой, если у них родился ребенок альбинос и левша?

* Тыкву, имеющую желтые плоды дисковидной формы, скрестили с тыквой, у которой были белые шаровидные плоды. Все гибриды от этого скрещивания имели белую окраску и дисковидную форму плодов. Какие признаки доминируют? Каковы генотипы родителей и потомства?

* Глухота и болезнь Вильсона (нарушение обмена меди) – рецессивные признаки. От брака глухого мужчины и женщины с болезнью Вильсона родился ребёнок с обеими аномалиями. Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребёнка?

* Темноволосый (доминантный признак), не имеющий веснушек мужчина женился на светловолосой женщине с веснушками (доминантный признак). У них родился светловолосый сын без веснушек. Определить вероятность рождения у них темноволосого ребёнка с веснушками.

* У голубоглазой близорукой женщины от брака с кареглазым мужчиной с нормальным зрением родилась кареглазая близорукая девочка и голубоглазый с нормальным зрением мальчик. Ген близорукости (*B*) доминантен по отношению к ге-

ну нормального зрения (*в*), а генкареглазости (*С*) доминирует над геном голубоглазости (*с*). Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого с нормальным зрением ребенка?

* У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть над длинной. Обе пары генов находятся в разных хромосомах. Охотник купил черную с короткой шерстью собаку и хочет быть уверен, что его собака чистопородна. Какого партнера по скрещиванию ему нужно подобрать, чтобы убедиться в чистоте породы?

* Полидактилия (многопалость) и отсутствие малых коренных зубов передаются как доминантные признаки. Признаки наследуются независимо. Какова вероятность рождения детей без аномалий в семье, где оба родителя страдают обеими болезнями и гетерозиготны по этим парам генов?

Тема 4. Эволюционное учение

Тема 4. 1 История представлений о развитии жизни на земле

Вопросы

1. Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни.
2. Систематика органической природы К. Линнея.
3. Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка.

1. Вопрос. Античные и средневековые представления о сущности и развитии жизни

Общий уровень знаний в древнем мире был невысок, и господствовавшие в то время представления отличались своей фантастичностью. Особенно это относится к такому явлению, как размножение. В древней Греции в VII-VI веках до н.э. в недрах целостной философии природы возникли первые зачатки античной науки. Основоположники греческой философии Фалес, Анаксимандр, Анаксимен и Гераклит искали материальное первоначало, из которого в силу естественного саморазвития

возник мир. Древнегреческие философы Милетской школы принимали идею возникновения живых существ из воды либо из различных влажных или гниющих материалов, что было результатом непосредственного влияния вавилонской культуры. Но Фалес (624-547 гг. до н.э.) оспаривал мифологические представления и создал стихийно-материалистическое мировоззрение с элементами диалектики. Согласно Фалесу и его последователям, возникновение живых существ из воды произошло без какого-либо вмешательства духовных сил; жизнь есть свойство материи. Живые существа, согласно учению Анаксимандра, образуются из неопределённой материи- «алейрона» по тем же законам, что и объекты неживой природы. Философ Анаксимен считал материальным первоначалом мира воздух, из которого всё возникает и в который всё возвращается обратно. Душу человека он также отождествлял с воздухом. Яркое материалистическое развитие идеи самозарождения живых существ осуществляется позже в трудах Демокрита (460-370 гг. до н.э.) и Эпикура (341-270 гг. до н. э.). По мнению этих философов; возникновение живых существ - естественный процесс, результат природных сил, а не «акта творения» внешних сил. Также величайшим из древнегреческих философов был Гераклит из Эфеса. Его учение не содержит специальных положений о живой природе, однако оно имело огромное значение, как развития всего естествознания, так и для становления представлений о живой материи. Большое влияние на развитие представлений о живой природе оказали исследования и умозрительные концепции других учёных античности: Пифагора, Эмпедокла, Гиппократы и многих других. Идеи Платона (427-347 гг. до н.э.) о двойственности мира- первичном мире идей и вторичном, материальном, мире сыграли отрицательную роль в развитии взглядов на возникновение жизни. Даже такой разносторонний и самобытный философ, как Аристотель (384-322 гг. до н. э.), который колебался между идеализмом и материализмом, признавал бога за высшую форму и перводвижитель. Согласно Аристотелю, организмы могут происходить от организмов, но вместе с тем могут возникать и от неживой материи. Он считает, что материя лишь пассивное начало, возможность, которая может осуществиться только через определенную форму. Бытие содержит внутреннюю цель

развития (энтелехию). По Аристотелю, именно энтелехия как целеустремленная внутренняя сущность вдыхает жизнь в материю. Взгляды Аристотеля почти на 2000 лет определяют судьбу идеи о самозарождении жизни, которая становится предметом ряда идеалистических и мистических трактатов. Аристотель занимался систематическим изучением животных, он описал более 500 видов животных и расположил их в определенном порядке: от просто устроенных до более сложно устроенных. Во всех телах природы Аристотель различал две стороны: материю, обладающую различными возможностями, и форму- душу, под влиянием которой реализуется данная возможность материи. Взгляды на происхождение жизни в средние века следует также расценивать как следствие невежества, которое по мере накопления положительного знания уступало место более правильным представлениям. Однако теория самопроизвольного зарождения долгое время господствовала в умах исследователей. С установлением христианской церкви в Европе распространяется официальная точка зрения, основанная на библейских текстах: все живое создано Богом и остаётся неизменным.

В античных и средневековых представлениях о зарождении, развитии жизни философы придерживались в основном теорий о том, что жизнь возникла либо из неживого вещества, либо была создана сверхъестественным существом (Богом) в определенное время.

2. Вопрос. **Систематика органической природы К. Линнея**

Известный ученый К. Линней проанализировал предыдущие классификации растений и животных, тщательно изучил их видовой состав и в результате разработал свою систему. Линией Карл (1707–1778) – шведский естествоиспытатель, первый президент Шведской АН (с 1739 г.), создатель более совершенной по сравнению с предыдущими классификациями растений и животных, которая, однако, была искусственной. Окончательно ввел в систематику, унифицированную бинарную номенклатуру, утвердил представление о виде как основной единице классификаций, о дискретности вида и его устойчивости. Виды он считал созданными творцом и неизменными, но в конце жизни до-

пускал возможность появления вариаций. Основным труд «Система природы» (1735) при жизни автора переиздавался 12 раз и оказал большое влияние на развитие науки XVIII веке. Предложенными Линнеем принципами классификации широко пользовались ботаники и зоологи разных стран, поскольку его система была простой и довольно удобной.

В качестве основы классификации К. Линней принял вид, который рассматривал как реальную и элементарную единицу живой природы. Он описал около 10 тыс. видов растений (в том числе 1500 видов, открытых им самим) и 4200 видов животных. Близкие виды ученый объединил в роды, сходные роды – в отряды, а отряды – в классы. Позже отдельные виды он разделял на разновидности. В ботанической классификации за основу были взяты особенности строения репродуктивных органов, главным образом тычинок: их число, форма, размер, расположение и т. д. По этому признаку Линней выделил 23 класса растений с явно отличимыми цветками, а в 24-й класс (тайнобрачные) поместил в основном бесцветковые растения.

Линней разработал короткие и четкие определения (диагнозы) каждой группы организмов, что значительно облегчало их описание. Он окончательно ввел двойные названия видов на латинском языке, первое слово – название рода, второе – видовое название, например род *Ranunculus* (лютик) объединяет такие виды: *R. lingua* L.– лютик большой, *R. repens* L.– лютик ползучий, *R. auricomus* L. – лютик золотистый, *R. acris* L.– лютик едкий, *R. sceleratus* L.– лютик ядовитый и др. Заглавная латинская буква L в конце названия указывает, что этот вид был описан Линнеем. Линнеевская номенклатура отличалась точностью, простотой, изяществом, она отражала родство видов в пределах рода. Такой способ названия видов стал общеупотребительным для ботаников и зоологов всех стран.

Система Линнея усилила интерес к изучению многообразия органического мира. К концу XVIII в. было известно уже более 20 тыс. видов растений. К. А. Тимирязев отмечал: «Венцом и, вероятно, последним словом подобной классификации была и до сих пор не превзойденная в своей изящной простоте система растительного царства, предложенная Линнеем».

Как и предыдущие классификации, классификация Линнея была искусственной. На основании отдельных (а не комплекса) признаков он объединял в одну группу формы, которые не имели между собой ничего общего. Так, ко второму классу были отнесены ива, сирень, шалфей, вероника – представители четырех семейств, имеющие по две тычинки; морковь объединялась со смородиной (пять тычинок), рис. – с барбарисом (шесть тычинок), а злаковые по этой классификации принадлежали к разным классам – в зависимости от количества тычинок. Сознавая искусственность своей системы, Линней пытался построить «естественную» систему, основанную на совокупности многих признаков, но не завершил этой работы. Такая система могла быть создана значительно позже, уже на принципах эволюционной теории.

По мировоззрению Линней был креационистом и метафизиком. Он подчеркивал, что виды не изменяются, и их существует столько, сколько разных форм с самого начала было создано всемогущим творцом. Однако его система подрывала веру в сотворение видов и их постоянство. И действительно, если виды создавались однократно и независимо друг от друга, то как объяснить их сходство, по которому они объединяются в роды, а последние – в систематические единицы высшего порядка?

Систематика растений и животных, которая быстро совершенствовалась, приводила отдельных естествоиспытателей к мысли, что в одной группе объединяются сходные формы живых существ, а такое сходство – следствие общности их происхождения, поэтому систематика должна отображать родственные связи между разными группами живых существ и их развитие на основе изменчивости.

3. Вопрос. Эволюционная теория Ж.Б. Ламарка

Ламарк и его эволюционные представления

1. Краткая биография Ламарка.

Ламарк, чье полное имя звучит следующим образом - Жан Батист Пьер Антуан де Моне, шевалье де Ламарк родился 1 августа 1744 года в Базентин-ле-Петит. Его отец носил баронский

титул и был лейтенантом пехотных войск, будущий основоположник нового эволюционного учения стал одиннадцатым ребенком в семье.

Его отец хотел, чтобы сын стал священником и поэтому в молодости Ламарк был послан в Амьен, в иезуитскую школу. Но когда его отец умирает в 1760-м году, Ламарк отказывается от богословской карьеры и записывается в армию. Он служил в течение 7-ми лет, до 1768 года. Когда его полк длительное время стоял в Ривьере, Ламарк заинтересовался растениями. Поэтому, уволившись в возрасте 25-ти лет из армии, он начинает изучать медицину и ботанику. Вскоре он полностью посвящает себя изучению ботаники и становится служащим королевского ботанического сада.

Через девять лет, на основе обширной коллекции, собранной им, Ламарк издает трехтомный труд под названием “Французская Флора” (1778). Ботаника в это время становилась очень популярной среди широкой публики, труд Ламарка, по существу представляющий из себя определитель растений, произрастающих во Франции, завоевал ему широкую известность. Благодаря тому, что в “Французской Флоре” содержались некоторые новые идеи относительно систематики растений, Ламарк был выбран в члены Французской Академии, в которой в то время могло быть только строго 42 члена. В течении последующих 2-х лет Ламарк путешествует по Центральной Европе, собирая новые образцы растений и посещая ботанические сады и учебные заведения. До 1789 года он работал главным смотрителем королевского гербария, а также составлял статьи касающиеся ботаники для знаменитой Энциклопедии.

В 1789 году произошла революция, и королевская естественноисторическая коллекция прекратила свое существование. Ламарк обратился к Национальному Собранию с речью. Он заявил, что существующие в то время музеи, представляющие из себя кабинеты, где в случайном порядке были собраны разные диковинки, собранные состоятельными любителями, несмотря на лучшие побуждения создателей таких музеев, не отражают достижений науки того времени и не способствуют ее развитию. Он призвал Собрание способствовать созданию большого национального естественноисторического музея.

По мнению Ламарка, такой музей не должен быть похож на старые, где камни, чучела животных и редкие растения были представлены в полном беспорядке. Он предложил разбить все музейные объекты на группы: минералы, растения, животные. Каждая из этих групп должна была быть разбита на классы, порядки, семейства и рода, близкие систематические группы должны быть представлены рядом друг с другом. Все объекты в систематическом порядке должны были быть внесены в специальный каталог, а сам музей должен быть важным подспорьем для систематиков и биологов. Таким образом, Ламарк стал одним из основоположников современной музейной системы, когда все объекты расположены в строгом систематическом порядке, а надзор над коллекцией, и ее обновление осуществляет квалифицированный специалист.

В 1793 году был основан Национальный Музей Естественной Истории. В этом заведении Ламарк получил должность главы раздела беспозвоночных, основой экспозиции стала собранная им до этого коллекция. Он был первым, кто поместил некоторые живущие сейчас и ископаемые организмы в одни систематические группы.

Развитие науки в конце 18 века подошло уже к той ступени, когда такие дисциплины как химия, физиология, ботаника и т.п. достигли такого развития, что стали во всей своей полноте доступны лишь специалистам. Ламарк понимал, что состояние науки 18 века, когда каждый образованный человек мог знать абсолютно все, известное людям в области науки проходят.

Пытаясь предотвратить распад науки на отдельные отрасли и потерю связи между ними, он пишет ряд трудов, посвященных созданию обобщенного взгляда на физику, химию, биологию, геологию и т.п.

Первая из таких работ посвящена рассуждениям о природе материи и энергии и носит название “Исследование причин основных физических явлений, особенно касающихся горения” (1794), за которой последовала “Опровержение пневматической теории или новая доктрина современной химии” (1796). Однако в этих работах, основанных скорее на философских рассуждениях, чем на эмпирических исследованиях, Ламарк не выдвинул ничего нового, кроме некоторых ошибочных положений.

В своем труде “Гидрогеология” (1802) Ламарк представляет историю Земли как серию затоплений суши океаном и последующих его отступлений. Во время затоплений происходит отложение органогенных осадков и рост континентов. В этой книге Ламарк предвосхитил некоторые методы современного фациального анализа и расширил временные рамки геологической истории, которые в 18 веке считались довольно узкими, не превышающими несколько тысяч лет. Однако эта работа Ламарка, как и две прошлые не получила широкой известности.

В 1800 году Ламарк издал книгу “Систематическая биология беспозвоночных”. В ней он подверг критике систему классификации беспозвоночных Линнея и предложил свою собственную. При создании этого труда Ламарк пользовался богатой коллекцией, собранной им за 30 лет жизни. Поэтому в нем он опирался в основном не только на рассуждения, как обычно, а также на богатый фактические материалы и исследования. При проведении классификации, Ламарк главным критерием сделал гомологичность внутренних органов, что позволило ему избежать многих ошибок, сделанных Линнеем, у которого те или иные организмы были отнесены к одной группе только на основании внешней схожести и в один систематический раздел попадали моллюски и черви и. т.п.

Систематика беспозвоночных, предложенная Ламарком, была основной до конца 19 века, и большая часть ее черт существует и сейчас. Биологии и систематики беспозвоночных были посвящены и следующие его работы “Система беспозвоночных животных или общая таблица классов” (1801) и “Естественная история беспозвоночных животных” (1815-22), в которой в частности излагались соображения ученого по поводу устройства естественнонаучных музеев. В общем, в области систематики беспозвоночных Ламарк добился серьезных успехов и фактически стал основоположником этой отрасли знаний.

Эволюционные идеи Ламарка содержатся в отдельных частях его трудов, посвященных физиологии и общей биологии: “Исследование о строение живых тел” (1802) и “Философия зоологии” (1809). На них мы остановимся ниже. Ученый умер в 1829 году, слепым и в бедности.

2. Предпосылки эволюционных воззрений Ламарка.

Первым важным фактором, оказавшим на идеи Ламарка большое воздействие, была его приверженность к деизму. Это философское течение возникло в начале 18 в. Его придерживались Вольтер, Дидро, Руссо и другие крупнейшие мыслители эпохи просвещения. Основные положения этой теории таковы: бог есть, но на жизнь людей и вообще на то что творится в мире он не оказывает никакого влияния. Бог создал материю и законы природы, по представлениям 18 в. законы движения. Далее материя под влиянием этих законов развивается уже сама. Таким образом, бог выступает как бы в роли программиста, который написал программу, но далее программа действует уже сама по себе, без всякого вмешательства извне. То есть Ламарк был материалистом, но в то же время с сильной примесью идеализма. Бог мог создать законы физики, но также и некие таинственные законы стремления материи к совершенству. Ламарк перенес эти свои воззрения в область биологии.

К началу 19 века, то есть ко времени, когда Ламарк писал свои книги, все идеи, имеющиеся в его теории, уже были кем-либо выдвинуты. Ламарк лишь как бы связал их воедино и создал на их основе целостную теорию. Этими идеями были:

1) мысль об изменчивости видов под влиянием внешних условий.

2) мысль об изменении видов под влиянием упражнения и неупражнения органов

3) идея об образовании видов в результате скрещивания двух других видов.

4) идея об общих родоначальных формах для определенных групп видов.

5) допущение о возможности резкого превращения одних организмов в другие (например, рыб в птиц).

6) идея естественного возникновения организмов путем самозарождения.

7) идея о значении фактора времени в эволюции.

8) идея об иерархии и последовательности форм, т. н. “Лестнице сущств”.

9) идея единства плана строения разных организмов.

10) идея отбора.

3. Эволюционные воззрения Ламарка.

Основой воззрений Ламарка, как уже говорилось, стало положение о том, что материя и законы ее развития были созданы творцом. Ламарк проанализировал сходства и различия между живой и неживой материей и перечислил их. Важнейшим из таких отличий является способность реагировать на внешние раздражители. Ламарк осознавал, что живая материя устроена гораздо сложнее, чем мертвая, но все же не признавал за ней способности к жизни. По его мнению, причина жизни лежит не в самом живом теле, а вне его.

Внешнее по отношению к живому организму пространство как бы пронизано какими-то вездесущими, тонкими и неуловимыми флюидами, которые соприкасаясь с особой организацией материи (с живой материей), поддерживают в ней жизнь. Если живая материя разрушается, то флюиды уже не могут поддерживать в ней жизнь. У сложноустроенных организмов влияние этих флюидов происходит через нервную систему. Таким образом, живой организм напоминает нечто вроде радиоприемника, улавливающего радиоволны и работающего под их воздействием.

Жизнь, по мнению Ламарка, может самопроизвольно зарождаться на Земле и продолжает зарождаться в настоящее время. В 17 веке существовали представления, что для самозарождения мышей необходима темнота и зерно, а для самозарождения червей гнилое мясо. Однако успехи науки 18 века опровергли такие воззрения. Было замечено, что черви в мясе не заводятся, если его предварительно не посетили мухи и. т.п.

Тем не менее, Ламарк полагает, что глисты и кишечнополостные все же могут самозародиться. Одноклеточные организмы, по его мнению, способны к самозарождению абсолютно точно. Он считает что никто не может доказать того что все одноклеточные образовались только в результате деления других одноклеточных, а не зародились сами под влиянием тепла, влаги и электричества. По его мнению, такое самозарождение происходит в природе постоянно.

Далее Ламарк предполагает, что все животные и растения, имеющие более высокую организацию, чем одноклеточные, появились в результате долговременного развития живых организмов.

Все организмы были поделены Ламарком на 14 классов и размещены на “лестнице существ” в следующем порядке:

Ступень 1: классы Инфузории и Полипы

Ступень 2: Лучистые и Черви

Ступень 3: Насекомые и Паукообразные

Ступень 4: Ракообразные и Кольчецы

Ступень 5: Усоногие и Моллюски

Ступень 6: Рыбы, Рептилии, Птицы и Млекопитающие.

“Лестница существ” отображает эволюцию животного мира, а не статичную его картину, показывающую усложнение организации материи (как это было до Ламарка). Каждый последующий класс произошел из предшествующего и обладает более сложной организацией чем тот. Резкие скачки сложности организации, то есть, то что сейчас называется ароморфозом, были названы Ламарком градациями. По его мнению, они вызваны внутренним стремлением живой материи к усложнению организации, такое стремление к совершенству является свойством материи, заложенным в нее создателем. Эти скачки происходят не в одночасье, на то чтобы они произошли, требуется очень много времени.

Целостное единство представляет из себя только классы, в то время как виды, по мнению ученого, не представляют из себя дискретной единицы и находятся в постоянном движении и изменении. Границ между видами, по мнению Ламарка, нет, и переходы от одного вида к другому происходят постепенно.

В пределах одного класса изменение форм происходит под воздействием внешних условий. Такое изменение (что-то вроде того, что сейчас называется идиоадаптацией) по мнению Ламарка, состоит из следующих последовательных процессов:

Изменение условий внешней среды,

Изменение потребностей животного,

Изменение его действий,

Выработка новых привычек.

Упражнение органов, необходимых для выполнения этих привычек и неупражнение органов для этого ненужных.

Изменение органов под влиянием длительного упражнения или неупражнения (1-й закон Ламарка).

Закрепление изменений произошедших в организме в результате передачи их по наследству (2-й закон Ламарка).

Упражнение органов происходит в результате того, что к ним под воздействием воли животного происходит усиленный приток “жидкостей”. Например, предку жирафа необходимо достать листву с высокого дерева, он пытается вытянуть шею, туда притекают “жидкости” и шея немного удлиняется, этот признак передается по наследству. Если необходимость в удлинении шеи происходит и потомков, то шея у животных в течение ряда поколений удлиняется очень сильно. Органы могут появляться в результате такого притока жидкостей под влиянием воли животных, как например рога у оленей. Если органы не упражняются, как глаза у крота, то приток жидкостей к ним замедляется и органы постепенно атрофируются.

Такое направление притока “жидкостей” возможно лишь у высокоорганизованных животных. У низших животных и растений изменение органов возможно только непосредственно под воздействием внешних условий, например как изменение формы листьев у водного лютика под водой и над водой.

Итак, как мы увидели, Ламарк внес существенный вклад в развитие теории эволюции. Во-первых, он создал первую целостную теорию, в которой скомпоновал многие правильные идеи, выдвинутые в течение 2-х веков до него. Его теория была во многом материалистическая, то есть не основанная на абстрагированных от действительности теологических и философско-идеалистических представлений. В теории Ламарка ясно поставлен знак равенства между изменением организма и его стремлением приспособиться к окружающей среде. Конечно, при уровне развития науки в начале 19 века, Ламарк не мог ответить на многие вопросы с материалистических позиций, а если и пытался делать это, то часто неправильно. Но все же теория Ламарка стала важной вехой в развитие представлений об эволюции, и во многом предопределило его дальнейшее направление.

Вопросы для повторения:

1. Назовите первых философов, которые искали материальное первоначало?

2. Для Фалеса этим первоначалом было что?
3. По учению Анаксимандра, живые существа образуются из какой материи?
4. А по учению Анаксимена?
5. Какой вывод сделал Гераклит?
6. Сколько видов описал Аристотель?
7. Какие события послужили открытию новых видов?
8. Сколько видов описал Карл Линней?
9. Какую систематику он предложил?
10. Что в эту систематику было дополнено с развитием науки?
11. Кто предложил термин биология?

Тема 4. 2. Основные положения теории Ч. Дарвина

Вопросы

1. Жизнь и труды Ч. Дарвина.
2. Предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина.
3. Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина.
4. Значение эволюционного учения Ч. Дарвина.

1. Вопрос. Жизнь и труды Ч. Дарвина

Чарльз Дарвин родился 12 февраля 1809 г. в семье врача. Во время обучения в университетах Эдинбурга и Кембриджа Дарвин получил глубокие знания в области зоологии, ботаники и геологии, навыки и вкус к полевым исследованиям. Большую роль в формировании его научного мировоззрения сыграла книга выдающегося английского геолога Чарльза Лайеля «Принципы геологии». Лайель утверждал, что современный облик Земли складывался постепенно под влиянием тех же естественных сил, что действуют и в настоящее время. Дарвин был знаком с эволюционными идеями Эразма Дарвина, Ламарка и других ранних эволюционистов, но они не казались ему убедительными.

Решающим поворотом в его судьбе стало кругосветное путешествие на корабле «Бигль» (1832–1837). По словам самого

Дарвина, в ходе этого путешествия на него произвели самое сильное впечатление: «1) открытие гигантских ископаемых животных, которые были покрыты панцирем, сходным с панцирем современных броненосцев; 2) то обстоятельство, что по мере продвижения по материк Южной Америки близкородственные виды животных замещают одни других; 3) тот факт, что близкородственные виды различных островов Галапагосского архипелага незначительно отличаются друг от друга. Было очевидно, что такого рода факты, так же как и многие другие, можно было объяснить только на основании предположения, что виды постепенно изменялись, и проблема эта стала преследовать меня».

По возвращении из плавания Дарвин начинает обдумывать проблему происхождения видов. Он рассматривает разные идеи, в том числе идею Ламарка, и отвергает их, так как ни одна из них не дает объяснения фактам поразительной приспособленности животных и растений к условиям их обитания. То, что ранним эволюционистам казалось изначально заданным и не требующим объяснений, представляется для Дарвина самым важным вопросом. Он собирает данные об изменчивости животных и растений в природе и в условиях одомашнивания. Через много лет, вспоминая, как возникла его теория, Дарвин напишет: «Вскоре я понял, что краеугольным камнем успехов человека в создании полезных рас животных и растений был отбор. Однако в течение некоторого времени для меня оставалось тайной, каким образом отбор мог быть применен к организмам, живущим в естественных условиях». Как раз в то время в Англии бурно обсуждались идеи английского ученого Т. Мальтуса о возрастании численности популяций в геометрической прогрессии. «В октябре 1838 г. я прочитал книгу Мальтуса «О народонаселении», - продолжает Дарвин, - и так как, благодаря продолжительным наблюдениям над образом жизни животных и растений, я был хорошо подготовлен к тому, чтобы оценить значение повсеместно происходящей борьбы за существование, меня сразу поразила мысль, что при таких условиях благоприятные изменения должны иметь тенденцию сохраняться, а неблагоприятные - уничтожаться. Результатом этого и должно быть образование новых видов».

Итак, идея о происхождении видов путем естественного отбора возникла у Дарвина в 1838 г. В течение 20 лет он работал над ней. В 1856 по совету Лайеля он начал готовить свою работу к публикации. В 1858 г. молодой английский ученый Альфред Уоллес прислал Дарвину рукопись своей статьи «О тенденции разновидностей к неограниченному отклонению от первоначального типа». Эта статья содержала изложение идеи происхождения видов путем естественного отбора. Дарвин был готов отказаться от публикации своего труда, однако его друзья геолог Ч. Лайель и ботаник Г. Гукер, которые давно знали об идее Дарвина и знакомы с предварительными набросками его книги, убедили ученого, что обе работы должны быть опубликованы одновременно.

Книга Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь» вышла в 1859 г., и ее успех превзошел все ожидания. Его идея эволюции встретила страстную поддержку одних ученых и жесткую критику других. Этот и последующие труды Дарвина «Изменения животных и растений при одомашнивании», «Происхождение человека и половой отбор», «Выражение эмоций у человека и животных» немедленно после выхода переводились на многие языки. Примечательно, что русский перевод книги Дарвина «Изменения животных и растений при одомашнивании» был опубликован раньше, чем ее оригинальный текст. Выдающийся русский палеонтолог В. О. Ковалевский перевел эту книгу с издательских гранок, предоставленных ему Дарвином, и опубликовал ее отдельными выпусками.

Основные принципы эволюционной теории Ч. Дарвина.

1. Сущность дарвиновской концепции эволюции сводится к ряду логичных, проверяемых в эксперименте и подтвержденных огромным количеством фактических данных положений: В пределах каждого вида живых организмов существует огромный размах индивидуальной наследственной изменчивости по морфологическим, физиологическим, поведенческим и любым другим признакам. Эта изменчивость может иметь непрерывный, количественный, или прерывистый качественный характер, но она существует всегда.

2. Все живые организмы размножаются в геометрической прогрессии.

3. Жизненные ресурсы для любого вида живых организмов ограничены, и поэтому должна возникать борьба за существование либо между особями одного вида, либо между особями разных видов, либо с природными условиями. В понятие «борьба за существование» Дарвин включил не только собственно борьбу особи за жизнь, но и борьбу за успех в размножении.

4. В условиях борьбы за существование выживают и дают потомство наиболее приспособленные особи, имеющие те отклонения, которые случайно оказались адаптивными к данным условиям среды. Это принципиально важный момент в аргументации Дарвина. Отклонения возникают не направленно -- в ответ на действие среды, а случайно. Немногие из них оказываются полезными в конкретных условиях. Потомки выжившей особи, которые наследуют полезное отклонение, позволившее выжить их предку, оказываются более приспособленными к данной среде, чем другие представители популяции.

5. Выживание и преимущественное размножение приспособленных особей Дарвин назвал естественным отбором.

6. Естественный отбор отдельных изолированных разновидностей в разных условиях существования постепенно ведет к дивергенции (расхождению) признаков этих разновидностей и, в конечном счете, к видообразованию.

На этих постулатах, безупречных с точки зрения логики и подкрепленных огромным количеством фактов, была создана современная теория эволюции.

Главная заслуга Дарвина в том, что он установил механизм эволюции, объясняющий как многообразие живых существ, так и их изумительную целесообразность, приспособленность к условиям существования. Этот механизм, постепенный естественный отбор случайных ненаправленных наследственных изменений.

Формирование синтетической теории эволюции. Проблема наследования изменений была ключевой для судьбы дарвиновской теории. Во времена Дарвина господствовали представления о слитной наследственности. Наследственность объяснялась слиянием «кровей» предковых форм. «Крови» родителей

смешиваются, давая потомство с промежуточными признаками. Именно с этой позиции выступал против теории Дарвина математик Ф. Дженкин. Он считал, что накопление благоприятных уклонений невозможен, так как при скрещивании они растворяются, разбавляются, становятся пренебрежимо малыми и, наконец, исчезают вовсе. Дарвин, который нашел ответы на большинство возражений против своей теории, выдвинутых его современниками, этим возражением был поставлен в тупик.

Выход из этого тупика давала теория корпускулярной, дискретной наследственности, созданная Грегором Менделем (1822--1884). Наследственность дискретна. Каждый родитель передает своему потомку одинаковое количество генов. Гены могут подавлять или модифицировать проявления других генов, но не способны изменять информацию, записанную в них. Иначе говоря, гены не изменяются при слиянии с другими генами и передаются следующему поколению в той же форме, в какой они получены от предыдущего. В случае неполного доминирования мы действительно наблюдаем у потомков первого поколения промежуточное проявление признаков родителей. Но во втором и последующих поколениях родительские признаки могут вновь проявиться в неизменном виде.

В 1920-х годах был осуществлен синтез дарвинизма и генетики. Решающую роль в осуществлении этого синтеза сыграл выдающийся отечественный генетик С.С. Четвериков. На основании своих работ по анализу природных популяций он пришел к пониманию механизмов накопления и поддержания индивидуальной изменчивости. Одновременно с С. С. Четвериковым к синтезу идей корпускулярной генетики с классическим дарвинизмом пришли Р. Фишер, Дж. Холдейн и С. Райт. Крупный вклад в формирование современной синтетической теории эволюции внесли зоолог Э. Майр и палеонтолог Дж. Симпсон. Теория естественного отбора была развита в трудах выдающегося отечественного ученого И. И. Шмальгаузена. Основы экологии, биогеографии, филогенетической систематики и этологии (науки о поведении животных), заложенные в трудах Дарвина, развились в самостоятельные науки и, в свою очередь, внесли важнейший вклад в формирование современных представлений о путях, механизмах и закономерностях эволю-

ции. Важнейшие успехи эволюционной биологии в последние годы были достигнуты, благодаря активному применению в эволюционных исследованиях идей и методов молекулярной генетики и биологии развития.

2. Вопрос. **Предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина**

Общественно-экономические предпосылки возникновения теории эволюции. Общественно-экономическая обстановка в Англии в середине 19 века оказалась весьма благоприятной для развития эволюционной теории.

В 17 веке в Англии произошла буржуазная революция, устранившая все препятствия на пути развития капитализма. В результате эксплуатации колоний в Англии накапливаются большие богатства, и свободные средства вкладываются в промышленность и сельское хозяйство. Происходит переворот в методах производства, который получил название «промышленной революции».

В результате роста заводов и фабрик увеличился рост городского населения и повысился спрос на сельскохозяйственное сырье и продукты питания. Промышленная революция обусловила аграрный переворот. Перед сельским хозяйством встала задача улучшения существующих сортов культурных растений и пород домашних животных. Этого можно было добиться, применяя различные методы селекции. В ходе практической селекционной работы росла уверенность в том, что человек может быстро изменить растительные и животные организмы, приспособив их к своим потребностям. Опираясь на результаты селекционной практики как на своеобразную модель, Дарвин смог перейти к анализу процесса видообразования в природе.

В середине 19 века Англия превращается в крупнейшую колониальную державу мира. Причем, освоение колоний было связано не только с многочисленными военными и торговыми экспедициями, но и с научно-исследовательскими, что способствовало накоплению новых знаний в разных областях науки. В одну из таких экспедиций в качестве натуралиста на корабле «Бигль» был зачислен Ч. Дарвин, который на протяжении почти пяти лет (с 1831 по 1836) имел возможность исследовать геоло-

гические породы, флору и фауну посещаемых мест. Факты, обнаруженные им, противоречили креационистским взглядам о неизменности видов и наводили на мысль об эволюции. Так, обнаружив на берегу реки Параны в Бразилии скопление костей животных, Дарвин замечает, что массовая гибель животных не связана с катастрофами, на что ранее указывал Ж. Кювье. А палеонтологические находки в Южной Америке дали Ч. Дарвину возможность найти сходство вымерших неполнозубых с современными ленивцами, муравьедами и броненосцами, встречающимися в той же местности (рис. 3.4). Это наводило исследователя на предположение о родстве вымерших и современных видов млекопитающих. Изучая фауну Галапагосских островов, Ч. Дарвин обратил внимание на то, что, с одной стороны, некоторые животные этих островов похожи на представителей фауны американского континента, с другой стороны, они нигде в другом месте земного шара не встречаются. Еще более его удивило то обстоятельство, что вьюрки и черепахи почти на каждом острове представлены особой формой. Дарвин в ту пору не мог правильно объяснить эти факты, он сделал ироническую запись: «Чрезвычайно удивляюсь количеству творческой силы, если можно употребить это выражение, проявившейся на этих малых, голых и скалистых островах».

На создание теории Ч. Дарвина повлияли также **экономические идеи** А. Смита и Т. Мальтуса. А. Смит (1723–1790) разработал учение о «свободной конкуренции» в промышленности, считая, что именно «естественное своекорыстие», или «естественный эгоизм», человека могут служить источником национального богатства, а неприспособленные в процессе свободной конкуренции устраняются. Английский священник и экономист Т. Мальтус (1766–1834) – создатель теории народонаселения – считал, что численность населения возрастает в геометрической прогрессии, а средства для его существования – в арифметической, в результате чего возникает нехватка средств существования. Это объяснялось «естественным законом природы», действие которого можно ограничить только уменьшением численности населения. В противном случае сама природа установит равновесие (при помощи болезней, голода и т.д.), резко повысив интенсивность конкуренции.

Таким образом, в первой половине 19 в. в Англии широкое распространение получили идеи свободной конкуренции, перенаселения, естественной гибели неудачливых конкурентов. Вероятно, эти идеи и натолкнули Ч. Дарвина на существование в природе подобных аналогий и подготовили почву для объяснения эволюции органического мира.

Научные предпосылки. По мере развития различных отраслей естествознания накапливались факты, не совместимые с представлениями о неизменности природы. Немецкий философ Э. Кант (1724–1804) отверг миф о первом толчке и пришел к заключению, что Земля и вся Солнечная система – это нечто, возникшее во времени и постоянно изменяющееся.

Английский естествоиспытатель Ч. Лайель (1797–1875) обосновал идею об изменяемости поверхности Земли под влиянием климата, воды, вулканических сил и других факторов. Он высказал мысль о постепенном изменении органического мира. Сочинение Ч. Лайеля «Основы геологии» повлияло на формирование научного мировоззрения Ч. Дарвина, подсказав ему идею эволюции органической природы.

В химии были получены результаты, подтверждающие единство живой и неживой природы. Шведский ученый И. Берцелиус (1779–1845), изучая химический состав разных частей организма и некоторых органических продуктов (молока, крови, костей и т.д.), пришел к выводу, что живое вещество состоит из тех же химических элементов, которые встречаются в неживой природе. Немецкий химик Ф. Вёлер (1800–1882) впервые синтезировал в лаборатории химическим путем мочевины из неорганического вещества, показав, таким образом, что образование органических веществ возможно без участия некой «жизненной силы», которой приверженцы витализма наделяли все живые организмы.

Физика. Следующий удар по витализму был нанесен в 40-х годах 19 в., когда был открыт закон превращения энергии. Оказалось, что разные виды энергии (тепловая, механическая, электромагнитная), существующие в природе, являются особыми формами одной и той же энергии движения. В природе происходит превращение одной формы энергии в другую.

Биология. Выяснилось, что закон превращения энергии применим к живым организмам. Эта точка зрения нашла под-

тверждение в трудах русского ученого К. А. Тимирязева (1843–1920) при изучении процесса фотосинтеза у зеленых растений.

В 19 в. энергично накапливается фактический материал во всех областях биологии. Появляются новые отрасли биологической науки: сравнительная анатомия, эмбриология, биогеография, палеонтология. Возникают вопросы, которые нельзя решить с позиции креационизма. К таким вопросам относятся: многообразие органических форм и их сходство и наличие гомологичных органов, единство плана строения живых организмов в пределах типа, сходство зародышей позвоночных на ранних стадиях развития (закон К.М. Бэра) единство клеточного строения организмов (клеточная теория Т. Шванна) смена ископаемых форм во времени, универсальность закладки зародышевых листков в эмбриогенезе многоклеточных животных (открыта Х.И. Пандером в 1817–1818 гг.) и др.

Возникновение и решение этих вопросов укрепило идею единства органического мира, подготовило почву для создания учения об историческом развитии природы. Таким образом, идея естественной эволюции уже витала в воздухе к тому времени, когда Ч. Дарвин взялся за эту проблему.

Достигнутые к середине 19 в. успехи в разных областях естествознания, а также общественно-исторические условия создали возможность для выдвижения идей конкуренции и отбора и явились теми предпосылками, которые подготовили почву для формирования научной теории биологической эволюции.

3. Вопрос. Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина

Эволюционная теория Дарвина представляет собой целостное учение об историческом развитии органического мира. Она охватывает широкий круг проблем, важнейшими из которых являются доказательства эволюции, выявление движущих сил эволюции, определение путей и закономерностей эволюционного процесса и др.

Сущность эволюционного учения заключается в следующих основных положениях:

1. Все виды живых существ, населяющих Землю, никогда не были кем-то созданы.

2. Возникнув естественным путем, органические формы медленно и постепенно преобразовывались и совершенствовались в соответствии с окружающими условиями.

3. В основе преобразования видов в природе лежат такие свойства организмов, как изменчивость и наследственность, а также постоянно происходящий в природе естественный отбор. Естественный отбор осуществляется через сложное взаимодействие организмов друг с другом и с факторами неживой природы; эти взаимоотношения Дарвин назвал борьбой за существование.

4. Результатом эволюции является приспособленность организмов к условиям их обитания и многообразие видов в природе.

4. Вопрос. **Значение эволюционного учения Ч. Дарвина**

Значение эволюционной теории заключается в следующем:

1. Выявлены закономерности превращения одной органической формы в другую.

2. Объяснены причины целесообразности органических форм.

3. Открыт закон естественного отбора.

4. Выяснена сущность искусственного отбора.

5. Определены движущие силы эволюции.

Вопросы для повторения:

1. Назовите годы жизни Ч. Дарвина.

2. Назовите основные эволюционные труды Ч. Дарвина.

3. Перечислите открытия Ч. Дарвина в кругосветном путешествии на корабле Бигль.

4. Перечислите основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина.

5. Значение эволюционного учения Ч. Дарвина.

Тема 4.3 Микроэволюция.

Вопросы

1. Географическое видообразование.
2. Экологическое видообразование.
3. Результаты эволюции.

1. Вопрос. Географическое видообразование

Самый распространенный и наиболее изученный географический способ видообразования. Большой вклад в его изучение внес американский эволюционист Эрнст Майр.

Постепенное видообразование - процесс медленный, и поэтому его исследуют путем изучения естественных популяций на всех стадиях превращения в виды. Непременным условием этого способа видообразования является географическая изоляция. Географически изолированные популяции (изоляты) могут быть размещены, но всему ареалу вида, где имеются преграды, но наибольшее значение для видообразования имеют изоляты, образующиеся по краям ареалов, на островах архипелагов, в горах, так как именно в этих условиях затрудняется поток генов и наблюдаются большие различия в условиях обитания.

Но даже если популяции не будут значительно удалены друг от друга, местообитание одной популяции будет отличаться от других по растительности, почвам, высоте местности над уровнем моря и по другим условиям. Эти отличия приведут к разным направлениям естественного отбора, что, в свою очередь, приведет к распространению и наследственному закреплению тех особенностей, которые обеспечивают выживание именно в данных условиях. Например, живородящая ящерица живет на огромной территории, от лесов Карелии на севере до Украины на юге. В южных популяциях ящерицы чаще откладывают яйца, а в условиях севера рожают живых детенышей, так как за холодное и короткое лето яйца не успевают развиваться.

Вернемся к географическим изолятам. Представим себе популяцию, которая на протяжении жизни большого числа по-

колений совершенно изолирована от других популяций того же вида. Из-за отсутствия генного потока генофонд такой популяции становится самостоятельным, частота встречаемости разных аллелей в нем подобрана естественным отбором применительно к условиям обитания. Постепенно в генофонде будет происходить накопление новых мутаций, и естественный отбор приведет в конце концов к возникновению стольких отличий этой популяции от других популяций того же вида, что возможность успешного скрещивания исчезнет - наступит репродуктивная изоляция. Изменения в частотах аллелей в изолятах определяются не только действием отбора, но и генетико-автоматическими процессами.

Спецификой местных условий, соответствующим направлением отбора, длительной изоляцией объясняется существование эндемичных видов. Так, в озере Байкал живут многие виды моллюсков, ракообразных, рыб, червей, больше нигде не встречающихся, потому что уже около 20 млн. лет озеро изолировано от других водных бассейнов горными хребтами. Эндемичные виды многих островов Океании - тоже результат географического видообразования.

2. Вопрос. Экологическое видообразование

Сущность экологического видообразования заключается в том, что зарождающаяся в рамках популяции новая форма обитает сначала в одном ареале с материнской популяцией. Но такое совмещение мест обитания оказывается временным, так как в результате все усиливающейся конкуренции неизбежно расхождение популяций по разным местам обитания.

Этот процесс протекает относительно легко на основе сложившегося ранее внутривидового полиморфизма, который усиливается различными способами репродуктивной изоляции (несовпадением сроков размножения, различием в местах обитания). Например, на нескосываемых лугах в природе погребок большой цветет все лето. Но вот из года в год на лугах стали косить траву в середине лета. Все погребки, которые цветут в это время, не смогли дать семена. Естественным отбором, связанным с хозяйственной деятельностью человека, сохранились и

оставляли семена только те растения, которые либо цветут до начала косовицы, либо после покоса. И те и другие растут на одном лугу, но не имеют возможности скрещиваться. Так возникли подвиды погремка большого, изолированные по срокам цветения. Этот пример экологического видообразования был исследован русским ботаником Н.В. Цингером в 1920-х годах.

Возможность экологического видообразования подтверждается наличием многих близких видов с налегающими и даже полностью совпадающими ареалами.

На ранних этапах эволюции географическое и экологическое видообразования действуют совместно, сменяя, и дополняя друг друга. Первичная географическая изоляция может присокупить действие экологической изоляции, поэтому четко определить границы каждого способа видообразования трудно.

3. Вопрос. **Результаты эволюции**

Эволюция имеет три тесно связанных важнейших следствия:

- постепенное усложнение и повышение организации живых существ.
- относительная приспособленность организмов к условиям внешней среды.
- многообразии видов.

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие географическому видообразованию.
2. Приведите примеры географического видообразования в растительном мире.
3. Приведите примеры географического видообразования в животном мире.
4. Дайте понятие экологическому видообразованию.
5. Приведите примеры экологического видообразования в растительном мире.
6. Приведите примеры экологического видообразования в животном мире.
7. Перечислите результаты эволюции.

8. Какими чертами характеризуется микроэволюция.

9. Приведите примеры образования новых видов разными способами и поясните их.

Тема 4. 4 Приспособленность организмов к условиям внешней среды

Вопросы

1. Покровительственная окраска.
2. Маскировка.
3. Мимикрия.
4. Предупреждающая (угрожающая) окраска.
5. Совершенство приспособлений и их относительный характер.

1. Вопрос. **Покровительственная окраска**

Покровительственная окраска - защитная окраска и форма животных, окраска и форма животных, делающие их обладателей менее заметными в местах их обитания; средства пассивной защиты от хищников. Покровительственная окраска и форма сочетаются с определённым поведением животного. Обычно животное находится на фоне, соответствующем его окраске, и принимает определённую позу (мн. бабочки располагаются на коре дерева так, что тёмные пятна на их крыльях совпадают с тёмными отметинами на коре, выпь, гнездящаяся в камышах, в момент опасности вытягивает тело параллельно стеблям камыша). Покровительственная окраска и форма особенно важны для защиты организмов на ранних этапах онтогенеза (яйца, личинки, птенцы), а также для малоподвижных животных или животных, находящихся в покое в неблагоприятное время суток. Велика роль покровительственной окраски и формы в изменяющихся условиях среды. У многих животных наследственно обусловлена возможность быстрой смены окраски при переходе на другой фон (хамелеоны, камбалы, агамы). В умеренных широтах у многих млекопитающих и птиц происходит сезонная смена покро-

вительственной окраски и формы. При изменении условий существования покровительственная окраска и форма теряют защитное свойство. Различают 3 типа покровительственной окраски и формы: маскировку, демонстрацию и мимикрию. Они возникают в результате взаимодействия разных видов в биогеоценозе на фоне определённых условий среды. Т. о., покровительственная окраска и форма – биоценотические адаптации, выработанные в результате сопряжённой эволюции жертв и хищников.

2 Вопрос. Маскировка

В животном мире нет, и не может быть, жизни без борьбы: травоядные животные поедают растения, а хищники – более слабых животных. Но ни одно животное не хочет добровольно попадать в пасть хищника. Если у него нет сил, защититься или убежать, оно должно применять маскировку. Так в природе и бывает. Нередко применяют маскировку и хищники, что-бы незаметно подобраться к своей жертве. А способы маскировки у животных весьма разнообразны и причудливы.

Маскировочную или покровительственную окраску животных мы видим на каждом шагу. Гусеницы бабочек, как правило, имеют такую же окраску, как листья, на которых они развиваются. Зеленые кузнечики применяют маскировку зеленым, под цвет травы, дающей им приют. Птицы, живущие в траве или среди ветвей, тоже имеют зеленую окраску (зеленушки, пеночки, зеленые дятлы.). В лесах жарких стран с вечнозелеными деревьями преобладают животные зеленых цветов или разноцветные, окрашенные под цвет окружающей растительности. Там в изобилии можно найти зеленых попугаев, зеленых ящериц, змей, лягушек и других животных.

Нижняя поверхность крыльев бабочек-крапивниц и многих других по цвету имеет сходство с увядшими старыми листьями. Когда эти бабочки садятся и складывают крылья, то делаются почти незаметными на буром фоне листьев и коры.

Отлично маскируются на коре деревьев мелкие пауки и жучки. Их трудно обнаружить даже на близком расстоянии.

Гусеница бабочки махаона – зеленая с черными точками, хорошо маскируется под соцветиями зонтичных растений.

Животные, скрывающиеся среди прошлогодней травы, листьев, стеблей, имеют желто-бурую окраску в пестринах (дупель и бекасы, вальдшнепы и тетерева). В случае опасности такие птицы замирают на месте, принимают положение и вид, соответствующий неодушевленным предметам, и становятся малозаметными. Козодои, окраска которых напоминает цвет коры дерева, прижимаются к горизонтальным ветвям и сливаются с ними; авдотки (степные птицы) ложатся на землю и, вытянув шею, приобретают вид камней или кусков глины; выпи вытягиваются во весь рост, и их не отличишь от камыша. Отлично маскируется вертишейка. Сидя в траве, она быстро крутит небольшой круглой головкой, и ее скорее можно принять за змею, чем за птицу.

У животных пустынь и степных просторов (антилопы, верблюды, львы.) преобладают серые и бурые цвета самых различных оттенков, что хорошо маскирует их среди песков и скал.

Тигры с их вертикальной полосатостью, пробираясь в камышах между ярко-зелеными молодыми побегами и желтыми старыми, превосходно используют для маскировки определенные условия освещения, игру света и теней. Пятнистые пантеры тоже хорошо подходят к круглым бликам света в лесной чаще. Мозаичная окраска нитона делает его незаметным среди ярких солнечных бликов в лесах Малайских островов.

Заяц-беляк, песец, ласка, живущие в умеренной зоне, два раза в году путем линьки меняют шубу; белый медведь, обитатель полярных льдов, постоянно носит один и тот же тулуп.

По сезону одевается и белая куропатка: летом она бурорыжая, зимой белая. Гнездящая в тундре белая сова всегда в одном наряде.

Водные животные медузы не имеют никакой покровительственной окраски, но маскируются тем, что тело их прозрачно, как вода, поэтому они буквально являются невидимками.

Супер маскировка хамелеона.

Некоторые животные (морской бычок, камбала) могут изменять окраску под цвет окружающей среды, если они зрячи. С потерей зрения теряется и способность менять окраску. Камбала с верхней стороны принимает окраску грунта, на котором она находится. В опытах французского ученого Пуше эти рыбы, помещенные в аквариум с песчаным грунтом, стали белыми, за

исключением одного экземпляра, но он, как, оказалось, был слеп. В коже этих рыб имеются сократительные пигментные клетки – хроматофоры. Под влиянием светового раздражения, передающегося через глаза по нервным путям, эти клетки или сокращаются, или расширяются, что приводит к определенному распределению пигмента и изменению цвета кожи. Такое же явление наблюдается и у земноводных животных. Если огненную саламандру содержать на желтом грунте, она становится желтой, на черном – черной. У рыб на изменение пигмента действует зрительное раздражение, у земноводных – осязательное. У лягушки квакши, находящейся на шероховатых листьях, кожа становится темной, на гладких – зеленой, даже если квакша содржится в полной темноте или ослеплена.

Под влиянием внешних условий меняют окраску и некоторые насекомые. Куколки одной из капустных бабочек на белой стене бывают почти белыми, на красной – красноватыми; на столбе, смазанном дегтем, – черными.

Кроме того, у некоторых животных под хроматофорами залегают клетки кожи, различным образом преломляющие свет. В результате на их теле возникают краски, переливающиеся цветами радуги. Например, сильно возбужденная каракатица меняет окраску от блестящей медно-красной до зеленой и серебристо-голубой.

Классическим примером животных с изменяющейся окраской служит хамелеон, который, в зависимости от возникающей ситуации, мгновенно становится то голубым, то зеленым, то красным. Эту игру цветов хамелеон осуществляет с помощью двух слоев пигментных клеток, которые залегают глубоко под кожей и действием определенных мышц могут продвигаться к поверхности и уходить вглубь кожи. В эпидермисе этого животного имеется большое количество клеток с кристаллами гуанина, сильно преломляющими свет. Диффузно отраженные от них прямые лучи создают белый цвет, а хроматофоры – различную окраску. Когда весь пигмент сдвигается к поверхности кожи, животное становится красным, темным или даже черным. В промежуточном состоянии цвет бывает желтым или зеленым вследствие дифракции лучей в желтоватом внешнем слое и в ионизирующих клетках.

Иногда животные (в основном насекомые) бывают, похожи на листья, сучки и палочки. Такое уподобление различным предметам или другим животным называют мимикрией (подражанием). Когда тропическая бабочка калимма садится на ветку дерева и складывает крылья, ее не отличишь от листа. Среди прямокрылых есть и такие насекомые, которых и в подвижном состоянии можно легко принять за лист. Такому насекомому и название дали “странствующий лист”.

Отлично маскируются и палочники, которых ни одна птица не найдет среди сучков и веток дерева. К таким же хитростям прибегают и гусеницы наших бабочек из семейства пядениц, которые тоже уподобляются сучку дерева. В довершение сходства они прикрепляются задними ногами к ветвям, вытягиваются и, так застыв в оцепенении, бывают, неотличимы от сучка. В таком состоянии гусеницы могут находиться часами.

3. Вопрос. **Мимикрия**

Мимикрия наблюдается и среди позвоночных животных. Морская рыба игла, встречающаяся в Черном море, превосходно имитирует растение zostеру, в зарослях которой она прячется. Австралийская рыба тряпичник имеет настолько причудливую (не рыбью) форму тела, что ее очень трудно обнаружить среди морских водорослей.

Наглядным примером мимикрии у птиц является кукушка, которая по окраске, форме крыльев и хвоста, по полету очень похожа на ястреба-перепелятника. Своим видом ястребка кукушка испугивает из гнезд мелких птиц и откладывает в них свои яйца. Дымчатый коршун похож на чаек и может незаметно подкрадываться к добыче. Встречаются своего рода “кукушки” и среди некоторых пчел (из группы пситириис). Пользуясь внешним сходством со шмелями, эти пчелы живут в их гнездах и кормят своих личинок медом шмелей. У ряда животных маскировка основана исключительно на хитрости. Некоторые пойманные жуки и большие синицы притворяются мертвыми.

Многим животным, особенно насекомым, имеющим надежные средства защиты (острое жало, сильнодействующие яды, дурно пахнущие вещества), маскировка не нужна. Такие

животные не маскируются, а, наоборот, выставляют себя напоказ, имеют яркую окраску. Им выгодно быть заметными, чтобы по ошибке не оказаться в пасти хищника. В этом случае пострадали бы оба: хищник и жертва. Природа и тут нашла выход. В процессе естественного отбора у ядовитых насекомых появилась предупреждающая окраска, которая показывает, что обладатели ее небезопасны, и их трогать нельзя. Более того, некоторые совершенно безобидные и вполне съедобные насекомые одеваются в наряды отпугивающей окраски и таким образом спасаются от врагов.

В тропической Америке обитают многочисленные ярко окрашенные бабочки из семейства геликонид. Они не прячутся и сразу бросаются в глаза. Но птицы их не трогают из-за сильно неприятного вкуса и запаха. В тех же местах летают другие, безвредные бабочки, но с точно такими же крыльями и повадками. И этих бабочек избегают пернатые глотатели насекомых. Известны также мухи, похожие на шмелей, мотыльки, копирующие ос.

Мимикрия всегда выражается в сходстве с хорошо вооруженными или защищенными животными. Так, мухи, жуки, клопы и даже ряд пауков имеют сходство с осами, пчелами, шмелями, муравьями, т. е. с насекомыми, которые хорошо вооружены или жалом, или железами с ядовитой жидкостью.

Насекомоядные птицы не трогают обычно волосатых гусениц, так как многие из них ядовиты. Волоски, обламываясь и вонзаясь в слизистые оболочки рта или глотки, производят сильное раздражение, и даже воспаление органов. Но и неядовитые волосатые гусеницы спасаются благодаря имеющимся у них волоскам.

Многие личинки, куколки и взрослые насекомые (божья коровка, личинки некоторых пилильщиков) выделяют из кожи или из пищеварительного канала желтую ядовитую жидкость. Гусеницы ночных бабочек из рода кукуллия на белом фоне имеют черные и желтые пятна, которыми они отпугивают птиц, хотя у них нет никакой ядовитой жидкости. Такое же значение имеют и крупные глазки на крыльях некоторых бабочек (павлиний глаз). Они предупреждают хищника: смотри, здесь яд.

В Южной Америке живут ядовитые коралловые змеи, тело которых разукрашено чередующимися черными и красными

кольцами. В тех же местах обитают совершенно неядовитые представители змей с такой неяркой раскраской тела. Ложная предупредительная окраска предохраняет этих безобидных рептилий от хищных птиц и зверей.

4. Вопрос. **Предупредительная (угрожающая) окраска**

Устрашающая окраска нередко сочетается с угрожающими движениями. Когда животное оказывается вблизи врага, у него два выхода: или самому бежать и скрыться, или сделать так, чтобы враг отступил. Многие животные пугают своих врагов угрожающими звуками: лев ревом, собаки ворчанием и лаем, ящерицы и змеи шипением. В момент опасности животные взъерошивают волосы или перья, делают угрожающие движения по направлению к врагу, широко открывают пасть или клюв, но не торопятся нападать; некоторые ящерицы раздувают тело. Далее еж, прежде чем превратиться в колючий клубок, делает движения угрозы, шипит, вздувает кожу, растопыривает иглы, втягивает голову. Но вернейшее его спасение – свернуться в шар, что он и делает. А любое движущееся тело вызывает у животного чувство страха. Иногда такие приемы достигают цели, удерживают от нападения даже более сильного врага. Бабочка глазчатый бражник в спокойном состоянии со сложенными крыльями имеет малозаметную, безобидную окраску (цвет передних крыльев). В состоянии тревоги она быстро открывает малиново-красные задние крылья, становится на ноги в угрожающую позу и приобретает необычный, страшный вид. Гусеница винного бражника, будучи потревоженной, втягивает голову и передние членики, и на вздутом конце появляются большие округлые пятна наподобие глаз страшного животного. В одном из опытов куры, подходя к такой гусенице, не только не осмеливались клонуть ее, но в страхе бежали прочь.

Как ни совершенны эти способы маскировки и мимикрии, как ни полезны они в борьбе за существование, все-таки их нельзя считать везде пригодными. Маскировка подходит для одиночек, а для животных, живущих стадами и сообществами, где необходимо быстро отличать своих от чужих, она не нужна. У многих птиц и млекопитающих, которые имеют покровитель-

ственную окраску, но ведут стадный образ жизни, для распознавания “своих” имеются особые отметки в виде пятен или полосок на голове, боках и других частях тела. Такие опознавательные знаки, не нарушая общей маскировки, дают возможность особям одного вида быстро узнавать друг друга. Отсюда вполне понятно, почему в естественных условиях окраска у животных всегда симметрична. Принцип распознавательной окраски сыграл важную роль в приобретении насекомыми изумительной пестроты цветов. Как появились все эти разноцветные наряды животных? На этот вопрос биологическая наука дает исчерпывающий ответ.

В результате физиологических и биохимических процессов возникают вещества самых различных цветов, независимо от того, будет ли окраска сама по себе иметь какое-либо биологическое значение или нет. Красный цвет крови и желтый цвет желчи безразличны для организма. Они могли бы быть и других цветов, и ничего бы не изменилось. Но внешняя окраска животных играет важную биологическую роль в приспособлении к окружающей среде.

5. Вопрос. Совершенство приспособлений и их относительный характер

Из всех рассмотренных выше примеров и огромного количества других, о которых можно было бы рассказать, видно, что живые существа, как правило, хорошо соответствуют условиям их обитания. Как же возникают столь совершенные адаптации? Решающую роль в их возникновении играет непрерывно действующий естественный отбор. Из большого разнообразия фенотипов, а значит, и генотипов в популяциях отбираются наиболее соответствующие данным условиям. Лишь в результате очень длительного эволюционного процесса появляются организмы, хорошо адаптированные к изменившимся условиям. Ч. Дарвин писал: «...можно сказать, что естественный отбор ежедневно, ежечасно расследует по всему свету мельчайшие изменения, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие, работая неслышно, невидимо, где бы и когда бы только ни представился

к тому случай, над усовершенствованием каждого органического существа».

Естественный отбор и случайные процессы ведут, как правило, к расхождению – дивергенции признаков у родственных видов. В то же время отбор может приводить и к конвергенции – схождению признаков у очень далеких видов. Убедительный пример – сходство в строении глаза у высших позвоночных и головоногих моллюсков. Этот орган не был унаследован позвоночными и моллюсками от общих предков. Он развился из различных эмбриональных зачатков (такие органы называют аналогичными).

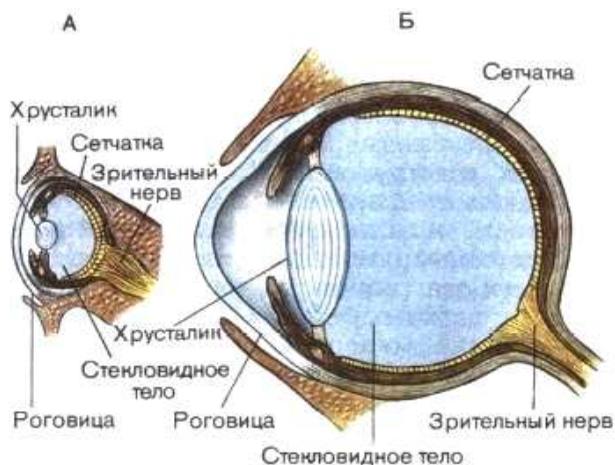


Рис. Пример схождения в строении глаз

А - строение глаза головоногого моллюска = каракатицы;
Б - строение глаза млекопитающего

Кроме естественного отбора и наследственной изменчивости, в поддержании и формировании приспособлений существенную роль играют изолирующие механизмы, препятствующие широкому проникновению генетического материала из других видов.

Следует помнить, однако, что все приспособления носят относительный характер, т. е. они помогают организму выжить

лишь в данных конкретных условиях. При изменении же этих условий приспособление может перестать быть полезным.

Так, при переходе предков современных кротов, слепышей и других видов к жизни под землей отбор на остроту зрения, несомненно, ослаб. На смену ему пришел отбор на большую защищенность глаза от механических повреждений, от засорения пылью. Это привело к уменьшению относительных размеров глаз, к смещению их вглубь черепа. Таким образом, рудиментарные органы мы также можем рассматривать как результат действия естественного отбора.

Вопросы для повторения:

1. Приведите примеры проявления покровительственной окраски
2. Приведите примеры проявления маскировки.
3. Приведите примеры проявления предупреждающей окраски
4. Дайте основное понятие мимикрии
5. Приведите примеры мимикрии
6. Как возникла приспособленность к раннему цветению у ранних цветущих растений.
7. Объясните совершенство приспособлений и их относительный характер.

Тема 4.5 Видообразование как результат микроэволюции.

Вопросы

1. Понятие микроэволюции.
2. Механизм микроэволюции.
3. Основные характеристики популяций.
4. Мутационный процесс как элементарный фактор эволюции.
5. Генетическая комбинаторика.
6. Значение мутационного процесса как элементарного эволюционного фактора.

7. Популяционные волны как элементарный эволюционный фактор.
8. Изоляция как элементарный эволюционный фактор.
9. Естественный отбор.

Вопрос 1. Понятие микроэволюции.

Микроэволюция - процесс преобразования генетической структуры популяций под действием факторов эволюции, результатом которого является образование новых видов. В разработке концепции микроэволюции большую роль сыграли работы С.С. Четверикова, Дж. Холдейна, Р. Фишера, С. Райта, Н.В. Тимофеева-Ресовского, Е. Форда, Ф.Г. Добжанского, Э. Майра, Д.Г Симпсона, И.И. Шмальгаузена. Понятие вида является ключевым в теории микроэволюции.

Основные положения теории микроэволюции:

Элементарная эволюционная единица – популяция.

Элементарный эволюционный материал - мутации и рекомбинации.

Элементарные факторы эволюции - силы, способные изменить генетическую структуру популяции.

Элементарное эволюционное явление - стойкое, направленное изменение генетической структуры популяции.

Вопрос 2. Механизм микроэволюции

Под действием *элементарных факторов эволюции* происходит изменение частот отдельных генов в популяции. Это приводит к *элементарному эволюционному явлению* - изменению генетической структуры популяции. При длительном однонаправленном воздействии *естественного отбора* наблюдается дифференциация популяций, результатом которой является развитие адаптаций и образование нового вида.

Элементарная единица эволюции и её характеристики.

Термин «**популяция**» введён в 1903 году датским генетиком В. Иогансенем (1857-1927).

Популяция (от лат. *populus* - народ, население) - форма существования вида, многочисленная группа особей одного ви-

да, живущая длительное время (большое число поколений) на определенной части ареала (от лат. *area* - площадь, пространство) - земной поверхности или водного пространства, где нет заметных преград для случайного свободного скрещивания особей этой группы. Связанные в единое целое особи популяции характеризуются общностью генетической программы и возможностью (через скрещивание) свободного обмена генетической информацией.

Популяция - самая мелкая группа особей, способная к эволюционному развитию, поэтому ее и называют элементарной эволюционной единицей. Отдельно взятый организм не является элементарной эволюционной единицей, так как его генотип остается неизменным на протяжении всей жизни. Популяция, благодаря большой численности особей, представляет собой непрерывный поток поколений.

Вид как целостная замкнутая система может существовать на протяжении длительного времени, и его можно было бы принять за эволюционную единицу. Однако вид распадается на составляющие его части - популяции. Вот почему роль элементарной эволюционной единицы приходится все-таки признать не за видом, а за популяцией.

Типы популяций. Популяции могут занимать разные по размеру площади и условия в пределах местообитания одной популяции тоже могут быть не одинаковы. По этому признаку выделяют три типа популяций: элементарную, экологическую, географическую.

Элементарная (локальная) популяция, или микропуляция - это совокупность особей вида, занимающих какой-то небольшой участок однородной площади. В состав их обычно входят генетически однородные особи.

ПРИМЕРЫ. Одна из нескольких стай рыб одного вида в озере; микрогруппировки ландыша в березняке, растущие у оснований деревьев и на открытых местах;

Экологическая популяция - совокупность элементарных популяций, внутривидовые группировки, приуроченные к конкретным биоценозам. Обмен генетической информацией между ними происходит достаточно часто. Экологическая популяция имеет свои особые черты, отличающие ее в чем-то от другой

соседней популяции. Так, белки (*Sciurus vulgaris*) заселяют различные типы леса, и могут быть четко выделены «сосновые», «еловые», «пихтовые», «елово-пихтовые» и другие.

Географическая популяция - охватывает группу особей, населяющих территорию с географически однородными условиями существования. Географические популяции занимают сравнительно большую территорию. Географические популяции существуют автономно, ареалы их относительно изолированы, обмен генами происходит редко - у животных и птиц - во время миграций, у растений - при разносе пыльцы, семян и плодов. Например, у березы каменной выделение двух подвидов: березы Эрмана и шерстистой.

Вопрос 3. Основные характеристики популяций

Плотность популяции - это количество особей или их биомасса на единицу площади или объема (например, 150 растений сосны на 1 га; 0,5 циклопа на 1 м³ воды). Плотность популяции также изменчива и зависит от численности. При возрастании численности плотность не увеличивается лишь в том случае, если возможно расселение популяции, расширение ее ареала.

Повышение плотности сверх оптимальной неблагоприятно сказывается на состоянии популяции, поскольку при этом иссякает кормовая база, сокращается жизненное пространство и т.д.

Падение плотности ниже оптимальной приводит к ослаблению защитных реакций популяции, снижает ее плодовитость, что в конечном итоге может привести к вымиранию популяции.

Численность популяции - это общее количество особей на данной территории или в данном объеме. Численность популяции зависит от соотношения интенсивности размножения (плодовитости) и смертности. В период размножения происходит рост популяции. Смертность же, наоборот, приводит к сокращению ее численности.

В природе происходит постоянные колебания численности и плотности.

Рождаемость - это способность популяции к увеличению численности. Рождаемость различают абсолютную и удельную. **Абсолютная рождаемость** - это количество новых особей,

появившихся за единицу времени, а **удельная** - то же самое количество, но отнесенное к определенному числу особей.

Смертность, как и рождаемость, бывает **абсолютной** (количество особей, погибших за определенное время), так и **удельной**. Она характеризует скорость снижения численности популяции от гибели из-за болезней, старости, хищников, недостатка корма, и играет главную роль в динамике численности популяции.

Возрастная и половая структура популяции также динамична, характеризуется видовой особенностью и отражает соотношении различных возрастных и половых групп. Соотношение зависит от продолжительности жизни особей, времени достижения половой зрелости, типов и интенсивности размножения, смертности в разных возрастных группах, скорости смены поколений.

Возрастная структура отражает соотношение различных возрастных групп в популяции, а также сезонную и межгодовую динамику этого соотношения. В популяции обычно выделяют три экологических возраста:

- дорепродуктивный (до размножения);
- репродуктивный (в период размножения);
- пострепродуктивный (после размножения).

При благоприятных условиях в популяции присутствуют все возрастные группы, и поддерживается более или менее стабильный уровень численности. При этом соотношение возрастных групп постоянно изменяется, что зависит от вышеперечисленных факторов. Так, например, популяции видов мелких животных, в общем состоят из более сходного по возрасту состава. У видов крупных животных, живущих по несколько лет, популяцию составляют многие возрастные группы особей разных соотношений с преобладанием половозрелых особей. В сокращающихся популяциях преобладают старые особи, уже не способные интенсивно размножаться. Такая возрастная структура свидетельствует о неблагоприятных условиях существования.

Пространственная структура популяции. Пространственная структура популяции отражает характер размещения особей в пространстве. Выделяют три основных типа распределения особей в пространстве:

а) единообразное (особи размещены в пространстве равномерно, на одинаковых расстояниях друг от друга), тип также носит название равномерного распределения;

б) случайное, или диффузное (особи распределены в пространстве случайным образом).

в) конгрегационное, или мозаичное (то есть "пятнистое", особи размещаются в обособленных скоплениях);

Вопрос 4. **Мутационный процесс как элементарный фактор эволюции**

Процесс возникновения мутаций - постоянно действующий элементарный эволюционный фактор, оказывающий давление на популяции.

Значительная часть (от нескольких до нескольких десятков процентов) особей в популяции- носители вновь возникших мутаций. Постоянно идущий в природе мутационный процесс ведет к изменению в популяции частоты одного аллеля по отношению к другому. Хотя по каждому отдельному гену давление мутационного процесса обычно невелико, при наличии же большего числа генов в организме оно оказывает заметное действие на генетическую структуру популяций (в сочетании с генетической комбинаторикой) Эволюционные преобразования организмов основываются на изменениях аппарата наследственности, приводящих к соответствующим перестройкам нормы реакции генотипа; такие изменения получили название *мутаций*. Мутации могут возникнуть (и неизбежно возникают в определенном проценте случаев) в процессе редупликации генома, предшествующем клеточному делению, или в процессе самого клеточного деления. Точные причины естественно происходящих (спонтанных) мутаций обычно неизвестны, но, очевидно, они кроются в каких-то нарушениях нормального режима сложных процессов редупликации и расхождения хромосом, связанных в конечном итоге с внешними воздействиями на клетку. Возникновение спонтанных мутации связывают, например, с мутагенной активностью некоторых метаболитов (продуктов обмена веществ) или с термическими флюктуациями атомов в процессах редупликации и т. п. Размножение и связан-

ная с ним редупликация наследственного аппарата представляют собой важнейшие и неотъемлемые свойства живых организмов. Поскольку эти сложные процессы протекают на фоне постоянных изменений внешней среды и поскольку всякий механизм и всякая структура обладают конечной степенью устойчивости, нарушения процесса редупликации, ведущие к мутациям, совершенно неизбежны. Мутации представляют собой элементарные изменения, являющиеся материалом для действия естественного отбора. Неизбежный результат естественного отбора - эволюционные изменения организмов. Таким образом, как отметил Н.В. Тимофеев-Ресовский, неизбежность эволюции следует из основных свойств живой материи.

Хотя стимулом мутаций являются изменения внешних условий, между этими последними и происходящими под их влиянием мутациями нет адекватности. Это означает, что возникающие мутации сами по себе не являются приспособлениями к изменениям условий, вызвавшим их появление. Аппарат наследственности не обладает и принципиально не может обладать свойством, целесообразно перестраиваться в ответ на изменения внешней среды. Это отчетливо проявляется при искусственном мутагенезе, когда внешние воздействия, вызвавшие возникновение мутаций, точно известны. Например, хорошо известно мутагенное действие проникающей радиации, но возникшие под ее влиянием мутации могут затрагивать самые различные особенности организмов (цвет глаз, степень развития и особенности строения крыльев у мух и т. п.), которые в подавляющем большинстве случаев никак не связаны с защитой организма от радиации. Точно так же действуют и другие, более "мягкие" мутагены (различные химические факторы, изменения температуры и др.), причем разные мутагены могут вызывать у данного вида организмов одни и те же мутации.

Этот факт важен в двух отношениях. С одной стороны, он подчеркивает неопределенный, неприспособительный характер мутаций, с другой - многократное появление у разных особей данного вида организмов одних и тех же мутаций. Из этого следует чрезвычайно важный вывод: всякий генотип имеет хотя и большие, но вполне конкретные возможности мутационных изменений, определенный *спектр изменчивости*. Одни и те же

мутации с определенной регулярностью появляются в пределах популяций данного вида вновь и вновь. И с другой стороны, некоторые изменения, кажущиеся столь же вероятными, никогда у этого вида не наблюдаются. Например, среди различных видов мух-Дрозофил, вероятно наиболее изученных в генетическом отношении животных, никогда не наблюдались особи с зелеными или синими глазами. Поскольку генетиками изучено уже около двух миллиард мух, вероятность обнаружения указанных мутаций в будущем выглядит ничтожной. По-видимому, в геноме дрозофил нет каких-то предпосылок, необходимых для возникновения таких мутаций, хотя подобные окраски глаз нередко наблюдаются у других видов насекомых. Для дрозофил эти мутации являются по каким-то причинам невозможными ("запрещенными"). Мутации могут происходить на разных уровнях организации наследственного аппарата: на уровне полного хромосомного набора (генома) клетки, на уровне его морфологически обособленных частей - хромосом и на уровне его структурно-функциональных единиц - генов. *Геномные мутации* представляют собой изменения количества хромосом, которые могут происходить либо путем кратного увеличения числа целых (гаплоидных) наборов хромосом, либо посредством изменения числа отдельных хромосом в геноме, в результате чего общее число хромосом становится не кратным гаплоидному. Увеличение числа целых хромосомных наборов (плоидности) в клетке называется полиплоидизацией, изменение числа отдельных хромосом в геноме - анеуплоидией, или гетероплоидией. Фенотипический эффект геномных мутаций основан на взаимодействии генов или их комплексов, расположенных в соответственных (гомологичных) хромосомах, число которых изменилось в результате данной мутации. Вероятно, это взаимодействие осуществляется через посредство продуктов белкового синтеза (ферментов) или РНК, транскрибированной с ДНК соответствующих хромосом. Геномные мутации обычно приводят к стерильности мутантов в результате невозможности осуществления полового процесса с представителями родительской формы, сохранившими нормальное количество хромосом. Поэтому у животных относительно редко геномные мутации дают начало новым формам - это возможно только при способности

данного вида размножаться бесполом способом, или посредством партеногенеза, или гиногенеза (*гиногенез* - способ размножения, при котором сперматозоид проникает в яйцеклетку и стимулирует ее развитие, но его ядро не сливается с ядром яйца и не участвует в развитии зародыша). Среди растений бесполое размножение распространено гораздо шире, чем среди животных. В связи с этим у растений полиплоидизация, играла существенную роль в эволюционном процессе. Обычно различают автополиплоидию и аллополиплоидию. Автополиплоиды образуются посредством увеличения числа хромосомных наборов у отдельных особей одного вида. У автополиплоидов каждая хромосома представлена одним и тем же числом гомологов, например в клетках тетраплоидов имеется по четыре гомологичные хромосомы, у октоплоидов - по восемь и т. д. Аллополиплоиды образуются посредством гибридизации организмов разных видов. У аллополиплоидов соответствующие хромосомы уже в определенной степени утратили свою гомологичность. Поэтому процесс мейоза, в котором осуществляется редукция числа хромосомных наборов перед половым процессом, у аллополиплоидов обычно нарушен. Аллополиплоиды могут сохраниться как новый вид, если способны к бесполому размножению.

Половой процесс может восстановиться у полиплоидной формы, когда в популяции накапливается достаточное количество полиплоидных особей. У аллополиплоидов, кроме того, необходимо еще дополнительное кратное удвоение числа хромосом (посредством эндомитоза в соматических клетках или нерасхождения хромосом при образовании гамет). (*Эндомитоз* - удвоение числа хромосом внутри ядра без образования веретена деления клетки). Тогда в аллополиплоидном наборе появляются гомологичные хромосомы, и в дальнейшем мейоз может протекать нормально. Известно несколько примеров возникновения новых форм растений этим путем; среди них можно упомянуть рафанобрассику - межродовой гибрид, полученный Г.Д. Карпеченко путем скрещивания редьки (*Raphanus sativus*) с капустой (*Brassica oleracea*).

Хромосомные мутации являются структурными перестройками отдельных хромосом, изменяющими расположение в них генов, фенотипическое проявление подобных мутаций зави-

сит от изменений пространственной локализации генов в хромосомах (эффект положения). Выделяют несколько основных типов хромосомных мутаций: а) транслокация - взаимный обмен участками между двумя разными (не гомологичными друг другу) хромосомами; б) делеция - утрата хромосомой какого-либо ее участка; в) инверсия - поворот внутри хромосомы какого-либо ее участка на 180° ; г) дупликация - удвоение тех или иных участков хромосомы; д) транспозиция - перестановка генов внутри хромосомы.

Среди указанных типов хромосомных мутаций особую роль играют дупликации, которые (так же как и полиплоидизация) позволяют увеличить количество генетического материала в клетках. Как подчеркнул С. Оно, возникновение избыточности генетического материала может играть важную роль в эволюционных перестройках генетической системы вида, открывая новые возможности для прогрессивной эволюции, в частности для развития качественных новообразований. Дупликации ведут к появлению в наследственном аппарате генов-дублеров, отвечающих за одну и ту же функцию. В таких дублерах могут в скрытой форме сохраняться и накапливаться новые генные мутации. С другой стороны, инверсии способствуют образованию устойчивых генных комплексов (групп сцепления), которые редко разрушаются кроссинговером при мейозе и обеспечивают совместное наследование различных признаков.

Наконец, *генные* или *точковые мутации* представляют собой изменения самих генов, т.е. элементарных функциональных единиц аппарата наследственности. Сущность генных мутаций заключается в изменении порядка пуриновых и пиримидиновых оснований в молекуле ДНК. Для возникновения одной точковой мутации достаточно изменения хотя бы одной пары оснований. Если такие мутации происходят в структурных генах, может измениться порядок считывания наследственной информации при транскрипции ("мутация рамки" - смещение рамки считывания наследственной информации), что приведет к изменению порядка аминокислот в полипептидной цепи, т.е. к синтезу нового типа белковых молекул. Мутации генов-регуляторов изменяют соотношения между репрессированными и активными структурными генами, что неизбежно влечет за

собой изменения белковых комплексов, синтезируемых в различных типах соматических клеток, несмотря на оставшиеся неизменными структурные гены.

Генные мутации являются основным источником наследственной изменчивости организмов. В результате мутирования возникают различные варианты генов - аллели, обуславливающие разные состояния контролируемого данным геном признака (или признаков). Число аллельных состояний отдельных генов может быть очень большим (более ста). Поскольку мутационная изменчивость неопределенна по отношению к характеру изменений внешней среды, вызвавших появление мутаций, подавляющее большинство возникших наследственных изменений не улучшают, а ухудшают приспособленность мутантных организмов, и тем в большей мере, чем больше масштаб фенотипического проявления мутации. Поэтому в среднем наибольшие шансы на сохранение имеют мутации с наименьшим фенотипическим выражением ("малые мутации"), которые и служат основным материалом эволюционных изменений. Частота мутаций может колебаться в широких пределах и зависит как от характера внешних воздействий, так и от особенностей генотипа. Конкретные формы жизни различных видов организмов (численность и характер динамики популяций, определяемые способом питания, особенностями размножения, продолжительностью жизни, врагами данного вида и т.п.) обуславливают в каждом отдельном случае определенный уровень частоты мутаций, оптимальный в данных условиях для выживания вида. Хотя сами по себе спонтанные мутации (как результат нарушений процессов репликации ДНК в клетках, кроссинговера и расхождения хромосом при клеточном делении) могут возникнуть только под влиянием каких-то изменений внешних условий, но генотип может быть в различной степени устойчив к внешним воздействиям, и разные гены обладают разной мутабельностью. В этом смысле возможен контроль над мутированием - точнее, над большей или меньшей его частотой - со стороны самого генома. Доказано, что существуют специальные гены-мутаторы, влияющие на частоту мутирования других генов. Например, у мух-дрозофил описан ген-мутатор *Hi*. При гомозиготности по этому гену общая частота точковых мутаций и хромосомных инверсий

возрастает примерно в 10 раз, при гетерозиготности - в 2-7 раз. Частота спонтанных мутаций может значительно возрасти при инсерциях мобильных генетических элементов, вызывающих высокостабильное состояние генома. (*Инсерция* - вставка мобильного фрагмента ДНК в хромосому). Частота мутирования, как всякий признак, важный для сохранения вида в данных условиях, подвергается естественному отбору. Общая частота мутаций обычно выражается в проценте половых клеток одного поколения, содержащих какую-либо мутацию. Этот показатель весьма изменчив и может варьировать от нескольких единиц до 20-30 % на поколение. Частота мутирования отдельных генов, разумеется, много ниже и составляет, например, у дрозофилы 0,001-0,004% при общей частоте мутаций до 25%. Важно подчеркнуть, что, поскольку генотипы разных особей одного вида состоят из гомологичных генов и одни и те же аллели, хотя и в разных комбинациях, широко рассеянных в популяциях, неизбежным результатом является неоднократное возникновение тождественных мутаций в потомстве разных особей данного вида. Всякая конкретная мутация характеризуется определенной частотой своего появления в данной популяции организмов. Совокупность всех реально возможных мутаций составляет *спектр изменчивости* данного генотипа и генофонда данной популяции как системы из всех составляющих его генотипов. Возможны и обратные точковые мутации, которые обычно происходят с меньшей (иногда с такой же) частотой, что и "прямые" мутации. Частота обратных мутаций также является характеристикой спектра изменчивости видового или популяционного генофонда.

В генофондах родственных видов сохраняются гомологичные гены (их количество в целом пропорционально степени родства). Поэтому в популяциях родственных видов могут появляться и гомологичные мутации, приводящие к сходным фенотипическим результатам. Это явление было описано Н.И. Вавиловым в 1935г. как *закон гомологических рядов* в наследственной изменчивости. Согласно Н.И. Вавилову, "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".

Это обобщение подчеркивает определенную *направленность мутационного процесса*, обусловленную для каждого конкретного вида организмов исторически сложившейся организацией его генома. Интересно, что явление параллельной изменчивости было открыто еще Ч. Дарвином, подчеркивавшим, что "близко параллельные разновидности часто получаются от самостоятельных рас или даже от самостоятельных видов".

Вопрос 5. Генетическая комбинаторика

В результате постоянных скрещиваний в популяции возникает множество новых сочетаний аллелей. Эта генетическая комбинаторика многократно изменяет значение мутаций: они входят в новые геномы, оказываются в разной генотипической среде. Потенциально число таких комбинаций имеющегося генетического материала в любой популяции невообразимо велико, но реализуется лишь ничтожная часть этого теоретически возможного числа вариантов. Реально осуществленная часть комбинаций определяет то обстоятельство, что практически любая особь оказывается генетически уникальной, что важно для действия естественного отбора. Комбинативная изменчивость, связанная с механизмом распределения хромосом в мейозе, случайной встречей гамет при оплодотворении и процессом кроссинговера - мощный фактор, повышающий гетерогенность популяций. Подсчитано, что около 98% всех наследственных изменений в популяции обязано своим распространением процессу генетической комбинаторики первично сравнительно редких мутаций. Безграничная изменчивость, однако, была бы вредна для организма, так как не позволяла бы закрепляться полезным комбинациям генов. Поэтому в эволюции выработались механизмы, не только определяющие увеличение изменчивости, но и ведущие к понижению генотипической изменчивости. На уровне особи генетическая стабильность поддерживается механизмом митоза и распределением генов в генотипе по группам сцепления в определенных хромосомах, а на уровне ДНК- механизмами репарации. На уровне же популяции такое ограничение изменчивости связано с тем или иным нарушением панмиксии (панмиксия никогда не бывает абсолютной) и гибелью части

особей в процессе борьбы за существование. Обычно по любому признаку или свойству в природных популяциях наблюдается достаточная степень изменчивости, обеспечивающая потенциальную возможность изменения данного признака или свойства в чреде поколений под давлением эволюционных факторов.

Вопрос 6. Значение мутационного процесса как элементарного эволюционного фактора

Эволюционное значение мутационного процесса определяется тем, что он постоянно поддерживает высокую степень гетерогенности природных популяций - основу для действия других факторов эволюции, прежде всего естественного отбора. Можно сказать, что мутационный процесс - это фактор-поставщик элементарного эволюционного материала. Мутационный процесс ведет к возникновению части того " резерва" наследственной изменчивости, который определит в будущем возможность приспособления популяций к тем или иным изменениям условий среды. Образно говоря, груз мутаций, непрерывно пополняемый мутационным процессом, - это цена, которую " платит" популяция сегодня за возможность сохранения в измененных условиях завтра, приобретения новых признаков и свойств и освоения ранее недоступных условий существования.

Вопрос 7. Популяционные волны как элементарный эволюционный фактор

При характеристике популяции как элементарной эволюционной единицы одной из важных поставленных черт признано явление колебания её численности - волн жизни. Популяционные волны имеют важное значение как один из элементарных факторов эволюции.

Периодические или аperiodические колебания численности характерны для всех без исключения видов живых организмов. Конкретные причины таких флуктуаций могут быть бесконечно разнообразны (как биотические, так и абиотические)

Классификация популяционных волн.

Периодические колебания численности короткоживущих организмов характерны для большинства насекомых, однолетних

растений, большинства грибов и микроорганизмов. В наиболее простом виде это сезонные колебания численности. *Непериодические колебания численности*, зависящие от сложного сочетания разных факторов. В первую очередь они зависят от благоприятных для данного вида(популяции) отношений в пищевых цепях: ослабление пресса хищников для популяции жертв или, например, увеличение кормовых ресурсов для популяций хищников. Обычно такие колебания численности касаются не одного-двух, а многих видов животных и растений в биогеоценозах и порой ведут к коренным перестройкам всего биогеоценоза.

Вспышки численности видов в новых районах, где отсутствуют их естественные враги. Примерами колебаний численности в XIX-XX вв. служат кролики в Австралии, домовые воробьи в северной Америке, канадская элодея, американская норка и ондатра в Евразии и др. В XVI-XVII вв. вспышки численности испытывали расселившиеся с мореплавателями по всему миру крысы. С возникновением городов неимоверно увеличилась численность домовая мухи в связи с распространением помоек и гниющих пищевых запасов около поселений человека.

Резкие непериодические колебания численности, связанные с природными " катастрофами" (разрушение биогеоценозов или целых ландшафтов). Несколько засушливых лет могут быть причиной серьезных изменений в облике больших территорий (наступление луговой растительности на болотистые места, увеличение площади сухих лугов, выгорание большого числа торфяниковых залежей, сохранявшихся на протяжении нескольких тысяч лет как устойчивый биотоп, и т.д.). Виды с подвижными особями(крупные млекопитающие, насекомые, птицы) или живущими в глубоких слоях почвы страдают меньше неподвижных и малоподвижных форм, живущих в лесу и почве. Другие формы гибнут в огромном числе (растения, моллюски, рептилии, амфибии и др.). На пожарищах хорошо известны вспышки численности иван-чая и связанного с ним сообщества насекомых.

Масштабы колебаний численности могут быть различными. Близкие к максимальным величины колебаний численности в 1 млн. раз отмечены в Зауралье для майских жуков и в 12 млн. раз - для сибирского шелкопряда в западносибирских лесных биоценозах.

Эволюционное значение популяционных волн

Если численность какой-либо популяции резко идет на убыль, то от многочисленной популяции случайно могут остаться немногие особи. Например, лесной пожар не затронул небольшой участок леса, где и сохранились остатки популяции короедов (биологические свойства оставшихся в живых короедов в данном случае не имели значения, их спасла случайность). В популяции, пережившей катастрофическое сокращение численности, частоты генов (точнее, частоты аллелей) скорее всего, будут иными, чем во всей исходной популяции до начала спада численности. Если вслед за сокращением численности следует резкий её подъем, то новой вспышке численности дает начало оставшаяся немногочисленная группа. Генотипический состав этой группы и определит новую генетическую структуру всей популяции в период следующего расцвета её численности. При этом некоторые ранее присутствовавшие в малых концентрациях мутации могут совершенно исчезнуть из популяции, а концентрация других мутаций может случайно резко повыситься. В целом произойдет случайное колебание концентраций разных генотипов и мутаций в популяции. В этом и состоит основное эволюционное значение волн численности. Действие волн жизни как эволюционного фактора предполагает неизбежное, случайное уничтожение особей, благодаря чему редкий, перед колебанием численности, генотип (аллель) может стать обычной и подхваченной в дальнейшем естественным отбором. При определенных условиях это случайное и кратковременное колебание численности может превращаться в элементарное эволюционное явление - изменение на протяжении ряда поколений генотипического состава популяции. Механизм действия популяционных волн в эволюции иллюстрируется модельным примером. В закрытый ящик положено 500 белых и 500 черных шаров, что соответствует частоте аллелей в популяции. $P=0,50$. Удалим из ящика наугад 10 шаров (что соответствует "выжившим" 5 диплоидным особям), предположим 4 из них будут черными, 6 - белыми ($P=0,40$ и $P=0,60$). В следующий момент жизни нашей "популяции" общую численность "особей" увеличим в 100 раз (400 черных, 600 белых). Если мы опять

наугад удалим 10 шаров, то велика вероятность что у нас в руках окажутся шары в соотношении, очень далеко от первоначального, (например, 2 черных и 8 белых и соответственно $P=0.20$ и 0.80). Это соотношение частот в третьей наугад взятой выборке из средней величины "популяции" (200 черных и 800 белых) легко может случайно сдвинуться в сторону теперь уже преобладающих белых, и "популяция" будет представлена почти лишь белыми шарами: велика вероятность того, что мы вытащим 9 белых и 1 черный ($P=0.10$ и $P=0.90$). Точно так же и в природных популяциях случайные колебания частот аллелей могут быть причиной устранения или резкого повышения концентрации какого-либо гена.

Теоретические расчеты показывают, что влияние популяционных волн может быть особенно заметно в популяциях очень малой величины, обычно при численности размножающихся особей не более 500. Именно в этих условиях популяционные волны могут быть, как бы подставлять под действие естественного отбора редкие мутации (внося их в увеличенных концентрациях в популяционный генофонд) или устранять уже довольно обычные варианты. Итак, действие популяционных волн, так же как и действие мутационного процесса, статично и ненаправлено (хотя природа действия этих эволюционных факторов совершенно различна). Популяционные волны служат "поставщиком" эволюционного материала. Действие этого фактора трудно вычленишь в "чистом виде". Давление популяционных волн, особенно в малых по численности популяциях, должно заметно превышать давление мутационного процесса. Популяционные волны и мутационный процесс даже при совместном действии ещё не могут обеспечить протекания эволюционного процесса. Для этого нужны факторы, длительно действующие в одном направлении. Один из них - изоляция.

Вопрос 8. **Изоляция как элементарный эволюционный фактор**

Изоляция - возникновение любых барьеров, ограничивающих панмиксию. Значение изоляции в процессе эволюции сводится к нарушению свободного скрещивания, что ведет к увеличению и закреплению различий между популяциями и отдельными частями

всего населения вида. Без такого закрепления эволюционных различий невозможно никакое формообразование.

Классификация изоляций.

В зависимости от природы факторов ограничения панмиксии различают географическую, биологическую и генетическую изоляцию.

Географическая изоляция заключается в пространственном разобщении популяций благодаря особенностям ландшафта в пределах ареала вида - наличию водных преград для «сухопутных» организмов, участков суши для видов-гидробионтов, чередованию возвышенных участков и равнин. Ей способствует малоподвижный или неподвижный (у растений) образ жизни. Так, на Гавайских островах популяции наземных улиток занимают долины, разделенные невысокими гребнями. Сухость почвы и редколесье затрудняют преодоление этих гребней моллюсками. Выраженная, хотя и неполная, изоляция в течение многих поколений привела к ощутимым различиям фенотипов улиток из разных долин. В горах острова Оаху, например, один из видов улиток *Achatinella mustelina* представлен более чем сотней рас, выделяемых по морфологическим признакам. *Пространственная изоляция* может происходить и в отсутствии видимых географических барьеров. Причины ее в таком случае кроются в ограниченных «радиусах индивидуальной активности». Так, у прибрежной рыбы бельдюги *Zoarces viviparus* от устья к концу фьорда уменьшается число позвонков и лучей некоторых плавников. Сохранение изменчивости объясняется оседлым образом жизни бельдюги. Такая изменчивость наблюдается и у подвижных видов животных, например перелетных птиц с гнездовым консерватизмом. Молодь ласточек, например, возвращается с зимовки на место своего рождения и гнездится в радиусе до 2 км от материнского гнезда. Скрещивания у ласточек ограничиваются группой близко селящихся особей. В отличие от разделения барьерами эту разновидность географической изоляции обозначают как разделение расстоянием.

Биологическая изоляция возникает вследствие внутривидовых различий организмов и имеет несколько форм. К *экологической изоляции* приводят особенности окраски покро-

вов или состава пищи, размножение в разные сезоны, у паразитов - использование в качестве хозяина организмов разных видов. Так, в Молдове есть две несмешивающиеся популяции мышей - желтогорлая лесная мышь и степная. Фактор их разделения - состав пищи: лесная мышь питается преимущественно семенами деревьев, а степная - трав. Разобщение популяций способствовало выявлению и усилению особенностей фенотипа степных мышей. Они мельче и имеют иную форму черепа. В описанном примере экологическая изоляция дополняется *территориальной*. Длительная экологическая изоляция способствует дивергенции популяций вплоть до образования новых видов. Так, предполагают, что человеческая и свиная аскариды, морфологически очень близкие, произошли от общего предка. Их расхождению, согласно одной из гипотез, способствовал запрет на употребление человеком в пищу свиного мяса, который по религиозным соображениям распространялся длительное время на значительные массы людей. Небольшие изолированные географически и экологически популяции крупных и средних по размеру млекопитающих в связи с ограниченностью в первую очередь пищевых ресурсов обычно состоят из более мелких особей по сравнению с организмами тех же видов, но занимающих обширные ареалы на материках. Примерами могут быть популяции ряда домашних животных - коров, коз и овец, оставленных европейцами на малых необитаемых островах Индийского и Тихого океанов в период Великих географических открытий, одичавших там и сильно измельчавших. Известные карликовые лошадки-пони также имеют островное происхождение. Популяция мамонтов острова Врангеля, вымершая около 2000 лет назад, состояла из карликовых особей, рост которых составлял 2-2,5 м. Самый необычный пример, иллюстрирующий результат островной изоляции, - обнаруженные на малом острове Флорес ископаемые останки карликового вида человека *Homo floresiensis*, вымершего около 25 тыс. лет назад. Интересно, что описанное измельчание островных животных обычно не затрагивает пресмыкающихся и мелких млекопитающих, для которых характерно противоположное явление - островной гигантизм. Популяции крыс и других грызунов на островах обычно состоят из очень крупных особей, а самые круп-

ные черепахи обитают на Земле на малых тихоокеанских островах Галапагосского архипелага и на Сейшельских островах в Индийском океане. Это явление обычно связывают с отсутствием хищников на малых островах. *Этологическая* (поведенческая) изоляция существует благодаря особенностям ритуала ухаживания, окраски, запахов, «пения» самок и самцов из разных популяций. Так, подвиды щеглов - седоголовый *Carduelis carduelis carduelis* и черноголовый *C. c. brevirostis* - имеют выраженные отметины на голове. Серые вороны *Corvus corone corone* из крымской и североукраинской популяций, внешне неразличимые, отличаются карканьем.

При *физической* (механической) изоляции препятствием к скрещиванию являются различия в структуре органов размножения или просто разница в размерах тела. У растений такая форма изоляции возникает при приспособлении цветка к определенному виду опылителей. Описанные формы изоляции, особенно в начальный период их действия, снижают, но не исключают полностью межпопуляционные скрещивания.

Генетическая (репродуктивная) изоляция создает более жесткие, иногда непреодолимые барьеры скрещиваниям. Она заключается в несовместимости гамет, гибели зигот непосредственно после оплодотворения, стерильности или малой жизнеспособности гибридов. Иногда разделение популяции сразу начинается с генетической изоляции. К этому приводят полиплоидия или массивные хромосомные перестройки, резко изменяющие хромосомные наборы гамет мутантов по сравнению с исходными формами. Полиплоидия распространена среди растений. Разные виды плодовой мухи нередко различаются хромосомными перестройками. Гибриды от скрещивания близкородственных форм со сниженной жизнеспособностью известны для серой и черной ворон. Указанный фактор изолирует популяции этих птиц в Евразии. Чаще генетическая изоляция развивается вторично вследствие углубления морфологических различий организмов из популяций, длительно разобщенных другими формами изоляции - географической, биологической. В первом случае генетическая изоляция предшествует дивергенции признаков и начинает процесс видообразования, во втором - она его завершает.

Значение изоляции в эволюции

Изоляция как эволюционный фактор не создает новых генотипов или внутривидовых форм. *Значение изоляции в процессе эволюции состоит в том, что она закрепляет и усиливает начальные стадии генотипической дифференцировки*, а также в том, что разделенные барьерами части популяции или вида неизбежно попадают под различное давление отбора. Изоляция ведет к сохранению специфичности генофонда дивергирующих форм.

Важная характеристика действия изоляции как фактора эволюции- это её длительность. В большинстве случаев причина возникновения биологической или пространственной изоляции сохраняется на длительное время. Действие изоляции на эволюционный материал по существу статично и ненаправленно, и в этом изоляция сходна с другими эволюционными факторами (мутационный процесс и популяционные волны). Существенный результат изоляции на микроэволюционном уровне - возникновение и усиление гомозиготизации на окраинах ареала. Сравнивая относительное значение давления элементарных эволюционных факторов, надо отметить, что давление изоляции обычно превосходит давление мутационного процесса и близко к величине давления волн жизни. Изоляция расчленяет исходные популяции на две или более, а группы популяций - на различающиеся формы. Любая группу особей в природе давлением изоляции отделена от других близких групп. Следовательно, действие изоляции -обязательное условие всякого достаточно длительного эволюционного процесса. Оценивая роль трех элементарных эволюционных факторов, можно сказать, что первые два фактора(мутационный процесс и волны жизни)- факторы-поставщики элементарного эволюционного материала, а изоляция оказывается фактором-усилителем генетических различий между группами особей механизм действия трех факторов различен, но общими для них являются ненаправленность, неопределенность и стохастичность действия. В природе три эволюционных фактора действуют совместно, однако роль каждого может усиливаться в зависимости от конкретной обстановки. Даже совместное действие трех элементарных факторов не обеспечивает устойчивого протекания направленного процесса эволюции. Направленность эволюции придает действие естественного отбора.

Вопрос 9. Естественный отбор

В природных популяциях организмов, размножающихся половым способом, существует большое разнообразие генотипов и, следовательно, фенотипов. Благодаря индивидуальной изменчивости в условиях конкретной среды обитания приспособленность разных генотипов (фенотипов) различна. В эволюционном контексте приспособленность определяют как произведение жизнеспособности в данной среде, обуславливающей большую или меньшую вероятность достижения репродуктивного возраста, на репродуктивную способность особи. Различия между организмами по приспособленности, оцениваемой передачей аллелей следующему поколению, выявляются в природе с помощью естественного отбора. Главный результат отбора заключается не просто в выживании более жизнеспособных, а в относительном вкладе таких особей в генофонд дочерней популяции. Необходимая предпосылка отбора - борьба за существование: конкуренция за пищу, жизненное пространство, партнера для спаривания. Естественный отбор происходит на всех стадиях онтогенеза организмов. На дорепродуктивных стадиях индивидуального развития, например в эмбриогенезе, преобладающим механизмом отбора служит дифференциальная (избирательная) смертность. В конечном итоге отбор обеспечивает дифференциальное (избирательное) воспроизведение (размножение) генотипов. Благодаря естественному отбору аллели (признаки), повышающие выживаемость и репродуктивную способность, накапливаются в ряду поколений, изменяя генетический состав популяций в биологически целесообразном направлении. В природных условиях естественный отбор осуществляется исключительно по фенотипу. Отбор генотипов происходит вторично через отбор фенотипов, которые отражают генетическую конституцию организмов. Как элементарный эволюционный фактор естественный отбор действует в популяциях. Популяция является полем действия, отдельные особи - объектами действия, а конкретные признаки - точками приложения отбора. Эффективность отбора по качественному и количественному изменению генофонда популяции зависит от величин

ны давления и направления его действия. Величину давления отбора выражают коэффициентом отбора S , который характеризует интенсивность устранения из репродуктивного процесса или сохранения в нем соответственно менее или более приспособленных форм по сравнению с формой, принятой за стандарт приспособленности. Так, если некий локус представлен аллелями A_1 и A_2 , то популяция по генотипам делится на три группы: A_1A_1 ; A_1A_2 ; A_2A_2 . Обозначим приспособленность этих генотипов W_0 , W_1 W_2 . Выберем в качестве стандарта первый генотип, относительная приспособленность которого максимальна и равна 1. Тогда приспособленности других генотипов составят доли этого стандарта: Величины S_1 и S_2 означают пропорциональное снижение в очередном поколении воспроизводства генотипов A_1A_2 и A_2A_2 сравнительно с генотипом A_1A_1 . Отбор особенно эффективен в отношении доминантных аллелей при условии их полного фенотипического проявления и менее эффективен в отношении рецессивных аллелей, а также в условиях неполной пенетрантности. На результат отбора влияет исходная концентрация аллеля в генофонде. При низких и высоких концентрациях отбор происходит медленно. Изменение доли доминантного аллеля в сравнении с рецессивным приведено в табл.

В теории, упрощая ситуацию, допускают, что отбор через фенотипы действует на генотипы благодаря различиям в приспособительной ценности отдельных аллелей. В реальной жизни приспособительная ценность генотипов зависит от влияния на фенотип и взаимодействия всей совокупности генов. Оценка величины давления отбора по изменению концентрации отдельных аллелей технически часто невыполнима. Поэтому расчет проводят по изменению концентрации организмов определенного фенотипа.

Формы отбора

Если интенсивность давления отбора является его количественной характеристикой, то *направление* естественного отбора определяет качественную специфику его воздействия на популяцию. Выделяют три основных направления действия отбора, о

которых обычно говорят как о типах (или формах) естественного отбора.

Стабилизирующий отбор. Если условия внешней среды длительное время остаются стабильными, приспособленность вида к этим условиям постепенно совершенствуется, пока не достигнет определенного оптимума. Совершенство всякого приспособления, разумеется, относительно, обычно возможна и более высокая степень приспособленности к данным условиям. Однако эволюционные возможности всякого конкретного генофонда, приспособляемого отбором к данным условиям среды хотя и велики, но ограничены спектром возможных мутационных изменений. Поэтому раньше или позже при постоянстве условий среды и при отсутствии конкуренции с экологически близкими формами генофонд данного вида оптимизируется по отношению к существующим условиям. С этого момента на популяцию начинает действовать стабилизирующий отбор, благоприятствующий сохранению оптимального генофонда, на базе которого формируются оптимально приспособленные к данным условиям фенотипы, которые становятся преобладающими в популяции. Процессы онтогенетического формообразования (морфогенезы), основывающиеся на разных генотипах, направляются стабилизирующим отбором в определенные русла, ведущие к формированию оптимального фенотипа (посредством распространения в популяции соответствующих геномодификаторов). К. Уоддингтон назвал такое состояние канализованностью процессов морфогенеза.

В результате дикий тип, т.е. преобладающий в природной популяции оптимальный фенотип (или несколько фенотипов в полиморфной популяции), обычно объединяет генетически разнородных особей. Запас комбинативной изменчивости популяции благодаря канализованности процессов морфогенеза оказывается как бы скрытым за фенотипическим однообразием особей. Такое соотношение комбинативной и модификационной изменчивости оптимально при стабильных условиях среды, поскольку запас комбинативной изменчивости необходим для вида как "запас прочности", повышающий приспособляемость к изменениям среды обитания, а подгонка разных генотипов к одному или немногим оптимальным фенотипам повышает приспособ-

собленность к существующим в данный момент условиям. Состояние оптимальной стабильности популяции, которое обеспечивается ее специфическим генофондом и канализованностью процессов морфогенеза под контролем стабилизирующего отбора, носит название популяционного гомеостаза.

Стабилизирующий отбор направлен против крайних вариантов изменчивости, наблюдаемых в популяции, и благоприятствует консервативной части последней. В результате средняя величина (среднее состояние) признака остается из поколения в поколение неизменной. Стабилизирующий отбор ведет к большей фенотипической однородности популяции и к стабильности спектра ее изменчивости.

Таким образом, генофонд вида обогащается новыми аллелями, которые, оставаясь скрытыми, увеличивают мобилизационный резерв изменчивости, повышающий устойчивость вида к возможным изменениям внешних условий. Эти выводы подтверждаются результатами исследований наследственной изменчивости у разных видов, обитающих в стабильных внешних условиях - например у ряда морских животных (ракообразные, двустворчатые моллюски, иглокожие и другие группы). Оказалось, что генетическая гетерогенность популяций у видов, обитающих в стабильных условиях, не отличается от таковой у видов, обитающих в изменчивой среде.

При действии стабилизирующего отбора может происходить даже дивергенция видов, принимающая, однако, своеобразный характер. Механизм такого видообразования мы рассмотрим в следующей главе.

Направленный отбор наблюдается в том случае, если условия среды благоприятствуют какому-либо одному определенному направлению изменений признака, тогда как все другие варианты изменений подвергаются в той или иной степени негативному давлению отбора. В этом случае в популяции от поколения к поколению происходит сдвиг средней величины признака в определенном направлении. Результатом действия направленного отбора является постепенное изменение популяции в целом, происходящее посредством преобразования популяционного генофонда. В отличие от стабилизирующего отбора изменение частоты встречаемости различных аллелей и закреп-

ление новых мутаций в генофонде при действии направленного отбора быстро отражаются на фенотипическом облике популяции. Это происходит тем быстрее, чем больше интенсивность отбора, если только последняя не превосходит приспособительных возможностей данной популяции - в последнем случае популяция вымирает.

При направленном отборе особенно ярко проявляется воздействие отбора на темпы и преобладающее направление наследственной изменчивости (длящаяся изменчивость, по Ч. Дарвину): получают преимущества такие генотипы, которые обладают соответствующими возможностями дальнейших мутационных изменений, частота определенных мутаций может быть повышена с помощью генов-мутаторов; отбираются гены-модификаторы, способствующие доминантному фенотипическому проявлению благоприятных мутаций.

Осуществляемые под контролем направленного отбора эволюционные преобразования данной популяции затрагивают ее генофонд как целое; обособления каких-либо дочерних популяций (т.е. дивергенции) не происходит. Такую форму эволюционных преобразований вида Д. Симпсон назвал *филетической эволюцией*.

Разрывающий отбор действует в том случае, когда условия благоприятствуют двум или нескольким крайним вариантам (направлениям) изменчивости, но не благоприятствуют промежуточному, среднему состоянию признака. В результате происходит возрастание изменчивости с последующим сдвигом среднего состояния признака в разных направлениях. Разрывающий отбор ведет либо к возникновению устойчивого адаптивного полиморфизма популяции, либо к ее дроблению, т. е. к разделению на несколько новых популяций такого же ранга. Последний вариант эволюционных изменений всего ближе к дарвиновской концепции дивергентной эволюции.

В зависимости от формы отбор сокращает масштабы изменчивости, создает новую или сохраняет прежнюю картину разнообразия. Как и другие элементарные эволюционные факторы, естественный отбор вызывает изменения в соотношении аллелей в генофондах популяций. Особенность его действия состоит в том, что эти изменения направлены. Отбор приводит генофонды в соответ-

стве с критерием приспособленности. Он осуществляет обратную связь между изменениями генофонда и условиями обитания, накладывает на эти изменения печать биологической целесообразности (полезности). Естественный отбор действует совместно с другими эволюционными факторами. Поддерживая генотипическое разнообразие особей в ряду поколений, мутационный процесс, а также популяционные волны, комбинативная изменчивость создают для него необходимый материал.

Естественный отбор нельзя рассматривать как «сито», сортирующее генотипы по приспособленности. В эволюции ему принадлежит творческая роль. Исключая из размножения генотипы с малой приспособительной ценностью, сохраняя благоприятные генные комбинации разного масштаба, он преобразует картину генотипической изменчивости, складывающуюся первоначально под действием случайных факторов, в биологически целесообразном направлении. Результатом творческой роли отбора является процесс органической эволюции, идущей в целом по линии прогрессивного усложнения морфофизиологической организации (арогенез), а в отдельных ветвях - по пути специализации (аллогенез).

Вопросы для повторения:

1. Дайте понятие микроэволюции.
2. Объясните механизм микроэволюции.
3. Назовите основные характеристики популяций.
4. Объясните мутационный процесс как элементарный фактор эволюции.
5. Объясните понятие генетическая комбинаторика.
6. Значение мутационного процесса как элементарного эволюционного фактора.
7. Приведите классификацию популяционных волн.
8. Объясните эволюционное значение популяционных волн.
9. Приведите классификацию изоляций.
10. Значение изоляций в эволюции.
11. Приведите классификацию форм отбора.

Тема 4.6 Пути достижения биологического прогресса.

Вопросы:

1. Введение.
2. Пути достижения биологического прогресса.
3. Правила эволюции.

Введение

Приобретение популяциями и видами разнообразных приспособлений способствует не только выживанию их в какой-то определённой среде. Новые признаки и свойства могут стать причиной освоения популяцией новых мест обитания, новых источников питания. В этом случае конкуренция с родственными организмами резко ослаблена или отсутствует. Это приводит к вспышке размножения и широкому расселению вида, что, в свою очередь, способствует формированию многочисленных популяций, каждая из которых оказывается в несколько различных условиях и подвергается неодинаково направленному действию отбора.

Генетическое разнообразие популяций служит основой для формирования новых, иногда многочисленных близкородственных видов. Показатель хорошей приспособленности группы организмов - её высокая численность, широкий ареал и большое количество починённых систематических групп. Систематическая группа находится в состоянии процветания или биологического прогресса, если в неё входит значительное число дочерних форм. Например, внутри отряда всегда есть семейства, внутри семейств - роды, отличающиеся по числу входящих в них видов.

Таким образом, биологический прогресс представляет собой результат успеха в борьбе за существование.

Отсутствие необходимого условия приспособленности приводит к биологическому регрессу - уменьшению численности, сокращению ареала, снижению числа систематических групп более низкого ранга. Биологический регресс чреват опасностью вымирания.

Эволюция крупных систематических групп называется макроэволюцией.

Вопрос 2. Пути достижения биологического прогресса

Ч. Дарвин считал, что естественный отбор не обязательно ведёт к повышению организации. Адаптационные изменения, благоприятные для выживания популяции, могут быть направлены на специализацию, в результате которой группа организмов устраняется от конкуренции. Приобретение специальных приспособлений к ограниченным условиям среды не меняет уровня организации, но способствует процветанию вида. В некоторых случаях оказывается выгодным переход к сидячему образу жизни, пассивному питанию или паразитизму. Такая адаптация, как правило, ведёт к упрощению организации, утрате органов активной жизни.

В соответствии с разнообразными преобразованиями строения организмов в процессе эволюции выделяют три главных направления, каждое из которых ведёт к биологическому прогрессу:

Арогенез (морфофизиологический прогресс);

Аллогенез;

Катагенез или общую дегенерацию.

Эти направления выявил и описал А.Н. Северцов.

Арогенез

Арогенез (от греч. *Aíro* - поднимаю и *genesis* - развитие), или морфофизиологический прогресс, - эволюционное направление, сопровождающееся приобретением крупных изменений строения - ароморфозов. Ароморфоз (от греч. *aíro* - поднимаю, *морфа* - образец, форма) означает усложнение организации, поднятие ее на более высокий уровень. Изменения в строении животных в результате ароморфоза не являются приспособлениями к каким-либо специальным условиям среды, они носят общий характер и дают возможность расширить использование условий внешней среды (новые источники пищи, новые места обитания).

Ароморфозы обеспечивают переход от пассивного питания к активному (появления челюстей у позвоночных), повышают подвижность животных (появление скелета как места прикрепления мышц, замена пластов гладкой мускулатуры у червей на пучки поперечнополосатой у членистоногих), дыхательную функцию (возникновение жабр и легких), снабжение тканей кислородом (появление сердца у рыб и разделение артериального и венозного кровотока у птиц и млекопитающих). Все эти приспособления, не будучи частными приспособлениями к конкретным условиям среды, повышают интенсивность жизнедеятельности животных, уменьшают их зависимость от условий существования. Общая черта ароморфозов заключается в том, что они сохраняются при дальнейшей эволюции и приводят к возникновению новых, крупных систематических групп - классов, типов, некоторых отрядов (у млекопитающих).

Аллогенез

Аллогенез (от греч. *allos* - иной, другой и *genesis* - развитие) эволюционное направление, сопровождающееся приобретением идиоадаптацией, или алломорфозов. Идиоадаптация (от греч. *idios* - особенность и лат. *adaptation* - приспособление) - приспособление к специальным условиям среды, полезное в борьбе за существование, но не изменяющее уровня организации. Поскольку каждый вид обитает в определённых местообитаниях, у него вырабатывается приспособление именно к этим условиям. К разным видам идиоадаптации относятся окраска животных, колючки растений, определённая форма тела. В зависимости от условий обитания и образа жизни, многочисленным преобразованиям подвергается пятипалая конечность млекопитающих. Условия обитания накладывают различия на внешний облик животных одной систематической группы. Форма конечности представителей одного отряда может быть одинаковой, но внешний вид разным и наоборот.

После возникновения ароморфозов и особенно при выходе группы животных в новую среду обитания начинается приспособление отдельных популяций к условиям существования именно путём идиоадаптации. Так, класс птиц в процессе расселения по суше дал громадное разнообразие форм. Рассматривая их строение можно прийти к выводу, что все различия между

ними сводятся к частным приспособлениям, хотя основные черты строения у всех птиц одинаковы

Крайняя степень приспособления к очень ограниченным условиям существования носит название специализации. Переход к питанию только одним видом пищи, обитание в очень однородной и постоянной среде (например, в пещерах) приводят к тому, что вне этих условий организмы жить не могут. Таковы колибри, питающиеся нектаром тропических цветов, муравьеды, специализация которых обусловлена ограниченным родом пищи, хамелеоны, приспособленные к обитанию на тонких ветвях деревьев.

Специализация подавляет эволюционные возможности группы и при быстром изменении условий среды приводит к вымиранию.

Катагенез

Биологическое процветание достигается и упрощением организации. Катагенез (от греч. kata - движение вниз и genesis - развитие) - эволюционное направление, сопровождающееся упрощением организации. Упрощение организации - морфологический регресс, ведёт к исчезновению органов активной жизни и носит название общей дегенерации. Общая дегенерация, как путь биологического прогресса наблюдается у многих форм и связана главным образом с переходом к паразитическому или сидячему образу жизни. Виды, перешедшие к паразитизму, резко отличаются от свободноживущих видов. У растений-паразитов атрофируются корни, листья. Нередко утрачивается способность к фотосинтезу, и такое растение существует за счёт хозяина. У животных, например, ленточных червей, редуцируются органы чувств, пищеварительная система, упрощается строение нервной системы. Взамен у них развиваются различные частные приспособления - присоски, прицепки, способствующие удержанию в кишечнике хозяина.

Наиболее прогрессивного развития у паразитов достигает половая система. Плодовитость паразитов чрезвычайно велика. Бычий цепень, паразитирующий в кишечнике человека по 18-20 лет, производит около 11 млрд. яиц. Защищённость телом хозяина и высокая плодовитость обеспечивают их широкое распространение и биологическое процветание.

Переход к сидячему образу жизни и пассивному питанию (например, асцидия) сопровождается упрощением организации и устранением от конкуренции с другими видами, что также ведет к сохранению вида.

Основные закономерности биологической эволюции

Морфофункциональные особенности живых организмов определяются двумя факторами: физиологическими потребностями и конкретными условиями среды обитания. При всем разнообразии частных особенностей строения и приспособлений организмов к внешней среде можно выделить некоторые общие закономерности эволюционного процесса.

Закономерности эволюционного процесса

Данные систематики, палеонтологии, сравнительной анатомии и других биологических дисциплин дают возможность с большой точностью восстановить ход эволюционного процесса на надвидовом уровне. Среди форм эволюции групп живых организмов можно выделить: дивергенцию, конвергенцию и параллелизм.

Дивергенция. 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 пищи, особенностями мест обитания, то есть 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. п. Как указывал Дарвин, в основе всего эволюционного процесса лежит дивергенция. Дивергенция любого масштаба есть результат действия естественного отбора в форме группового отбора (сохраняются или устраняются виды, роды, семейства и т. д.). Групповой отбор так же основан на индивидуальном отборе внутри популяции. Вымирание вида происходит за счёт гибели отдельных особей. Своеобразие морфологических особенностей организмов, приобретаемых в процессе

дивергенции, имеет некоторую единую основу в виде генофонда родственных форм. Конечности всех млекопитающих сильно отличаются, но имеют единый план строения и представляют собой пятипалую конечность. Поэтому органы, соответствующие друг другу по строению и имеющие общее происхождение, независимо от выполняемой функции, называют гомологичными. Примером гомологичных органов у растений являются усы гороха, колючки кактуса - всё это видоизменённые листья. **Конвергенция.** В одинаковых условиях существования животные, относящиеся к разным систематическим группам, могут приобретать сходное строение. Такое сходство строения возникает при сходстве функций и ограничивается лишь органами, непосредственно связанными с одними и теми же факторами среды. Внешне очень похожи хамелеоны и агамы, лазающие по ветвям деревьев, хотя относятся к разным подотрядам

У позвоночных животных конвергентное сходство обнаруживают конечности морских рептилий и млекопитающих. Схождение признаков затрагивает в основном лишь те органы, которые непосредственно связаны со сходными условиями среды.

Конвергенция наблюдается и у групп животных, далеко отстоящих друг от друга в систематическом отношении. Организмы, обитающие в воздухе, имеют крылья. Но крылья птицы и летучей мыши - это изменённые конечности, а крылья бабочки - выросты стенки тела. **Параллелизм.** Параллелизм представляет собой форму конвергентного развития, свойственного для генетически близких групп организмов. Например, среди млекопитающих китообразные и ластоногие независимо друг от друга перешли к обитанию в водной среде и приобрели сходные приспособления для передвижения в этой среде - ласты. Известное общее сходство имеют неродственные млекопитающие тропического пояса, обитающие на разных континентах в близких климатических условиях .

Вопрос 3. Правила эволюции

Правило необратимости эволюции. К общим правилам эволюции групп живых организмов относится правило необратимости эволюционных преобразований. Так, если на каком-то

этапе от примитивных амфибий возникли рептилии, то при дальнейшей эволюции рептилии не могут вновь дать начало амфибиям, а земноводные, в свою очередь, не превратятся со временем в рыб. Вернувшиеся в воду наземные позвоночные (среди рептилий - ихтиозавры, среди млекопитающих китообразные и ластоногие) не стали рыбами. Предыдущая история развития для любой группы организмов не проходит бесследно, и приспособление к среде, в которой когда-то обитали предки, осуществляется уже на иной генетической основе.

Правило чередования направленных эволюций. При рассмотрении главных направлений в эволюции групп арогенеза и аллогенеза подчеркивалось регулярное чередование этих типов развития в эволюции основных стволов древа жизни. Такое чередование главных направлений отражает распространенную эволюционную тенденцию в филогенезе - историческом развитии практически всех групп.

Таким образом, эволюция представляет собой непрерывный процесс возникновения и развития новых адаптаций. Одни из вновь возникающих адаптаций оказываются очень частными, и их значение не выходит за рамки узких условий. Другие дают возможность выхода группы в новую среду и непременно ведут к более быстрому эволюционному развитию групп в новом направлении, к более высокой организации.

Вопросы для повторения:

1. Объясните на примерах арогенез.
2. Объясните на примерах аллогенез.
3. Объясните на примерах катагенез.

Тема 5. История развития жизни на земле

Тема 5.1 Начальный этап развития жизни.

Вопросы:

1. Теория возникновения жизни на земле.
2. Эксперимент Л. Пастера.
3. Опыт С. Миллера.
4. Гипотеза А.И. Опарина.

1. Вопрос. Теория возникновения жизни на земле

Против теории самозарождения в XVII в. выступил флорентийский врач Франческо Реди. Классические опыты, опровергающие теорию самопроизвольного зарождения жизни, произвел итальянец Франческо Реди примерно в 1680 году. Реди очень простым способом доказал, что «черви» (личинки мух) не могут зарождаться в гниющем мясе. Он взял три банки, одну из которых оставил открытой, вторую обвязал тонкой марлей, а третью — пергаментом, и положил в каждую по куску мяса. Все три куска начали гнить, но «черви» появились только в мясе, находившемся в открытой банке. Несколько червячков появилось на марле, покрывавшей вторую банку, но в мясе их не было, как не было и в мясе, закрытом пергаментом. Таким образом Реди доказал, что «черви» не возникли из гниющего мяса, а вывелись из яиц, отложенных мясными мухами, привлеченными запахом разлагающегося мяса.

2. Вопрос. Эксперимент Л. Пастера

Микроскоп открыл людям микромир. Наблюдения показывали, что в плотно закрытой колбе с мясным бульоном или сенным настоем через некоторое время обнаруживаются микроорганизмы. Но стоило прокипятить мясной бульон в течение часа и запаять горлышко, как в запаянной колбе ничего не возникло. Виталисты выдвинули предположение, что длительное кипячение убивает «жизненную силу», которая не может проникнуть в запаянную колбу.

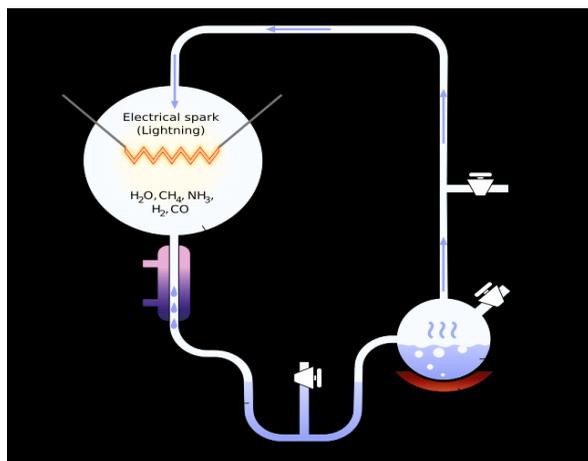
Парижская Академия наук назначила премию за решение этого вопроса, и в 1860 году Луи Пастер сумел доказать, что самозарождения микроорганизмов не происходит. Для этого он использовал колбу с длинным изогнутым горлом и кипятил настой при температуре 120 градусов. При этом погибали микробы и их споры, при остывании воздух проходил в колбу, а вместе с ним и микроорганизмы, но они оседали на стенках изогнутого горла колбы и в настое не попадали. Таким образом, несостоятельность теории самозарождения была окончательно доказана.

3 Вопрос. Опыт С. Миллера

Эксперимент Миллера – Юри – известный классический эксперимент, в котором симулировались гипотетические условия раннего периода развития Земли для проверки возможности химической эволюции. Фактически это был экспериментальный тест гипотезы, высказанной ранее Александром Опариным и Джоном Холдейном, о том, что условия, существовавшие на примитивной Земле, способствовали химическим реакциям, которые могли привести к синтезу органических молекул из неорганических. Был проведён в 1953 году Стэнли Миллером и Гарольдом Юри. Аппарат, спроектированный для проведения эксперимента, включал смесь газов, соответствующую тогдашним представлениям о составе атмосферы ранней Земли, и пропускавшие через неё электрические разряды.

Эксперимент Миллера – Юри считается одним из важнейших опытов в исследовании происхождения жизни на Земле. Первичный анализ показал наличие в конечной смеси 5 аминокислот. Однако более точный повторный анализ, опубликованный в 2008 году, показал, что эксперимент привёл к образованию 22 аминокислот.

Описание эксперимента



Собранный аппарат представлял собой две колбы, соединённые стеклянными трубками в цикл. Заполнявший систему газ представлял собой смесь из метана (CH₄), аммиака (NH₃), водорода (H₂) и монооксида углерода (CO). Одна колба была наполовину заполнена водой, которая при нагревании испарялась и водные пары попадали в верхнюю колбу, куда с помощью электродов подавались электрические разряды, имитирующие разряды молний на ранней Земле. По охлаждаемой трубке конденсировавшийся пар возвращался в нижнюю колбу, обеспечивая постоянную циркуляцию.

После одной недели непрерывного цикла Миллер и Юри обнаружили, что 10 – 15 % углерода перешло в органическую форму. Около 2 % углерода оказались в виде аминокислот, причём глицин оказался наиболее распространённой из них. Были также обнаружены сахара, липиды и предшественники нуклеиновых кислот. Эксперимент повторялся несколько раз в 1953 – 1954 годах. Миллер использовал два варианта аппарата, один из которых, т. н. «вулканический», имел определённое сужение в трубке, что приводило к ускоренному потоку водных паров через разрядную колбу, что, по его мнению, лучше имитировало вулканическую активность. Интересно, что повторный анализ проб Миллера, проведённый через 50 лет профессором и его бывшим сотрудником Джеффри Бейдом с использованием современных методов исследования, обнаружил в пробах из «вулканического» аппарата 22 аминокислоты, то есть гораздо больше, чем считалось ранее.

Миллер и Юри основывались в своих экспериментах на представлениях 1950-х годов о возможном составе земной атмосферы. После их экспериментов многие исследователи проводили подобные опыты в различных модификациях. Было показано, что даже небольшие изменения условий процесса и состава газовой смеси (например, добавления азота или кислорода) могли привести к очень существенным изменениям как образующихся органических молекул, так и эффективности самого процесса их синтеза. В настоящее время вопрос о возможном составе первичной земной атмосферы остаётся открытым. Однако, считается, что высокая вулканическая активность того времени способствовала выбросу также таких компонентов как диоксид углерода (CO₂), азот, сероводород (H₂S), двуокись серы (SO₂).

4. Вопрос. Гипотеза А.И. Опарина

Наиболее существенная черта гипотезы А.И. Опарина - постепенное усложнение химической структуры и морфологического облика предшественников жизни на пути к живым организмам. Согласно этой теории процесс, приведший к возникновению жизни на Земле, может быть разделен на три этапа:

1. Возникновение органических веществ;
2. Возникновение белков;
3. Возникновение белковых тел.

Это говорит о том, что средой возникновения жизни могли быть прибрежные районы морей и океанов. Здесь, на стыке моря, суши и воздуха, создавались благоприятные условия для образования сложных органических соединений. В концентрированных растворах белков, нуклеиновых кислот могут образовываться сгустки, подобные сгусткам желатина в водных растворах. Такие сгустки называют коацерватными каплями или коацерватами.

Коацерваты - это еще не живые существа. Они претерпели очень длительный отбор на устойчивые структуры. Устойчивость была достигнута вследствие создания ферментов, контролирующих синтез тех или иных соединений. Наиболее важным этапом в происхождении жизни было возникновение механизма воспроизведения себе подобных и наследования свойств предыдущих поколений. Это стало возможным благодаря образованию сложных комплексов нуклеиновых кислот и белков. Так возникло главное свойство, характерное для жизни - способность к воспроизведению подобных себе молекул.

Вопросы для повторения:

1. Какой эксперимент поставил Франческо Реди?
2. Какой эксперимент поставил Луи Пастер?
3. Какой эксперимент поставил С. Миллер
4. Объясните гипотезу Опарина
5. Назовите основные этапы, из которых мог бы слагаться процесс возникновения жизни на земле
6. Раскройте революционное значение фотосинтеза.

7. Как вы думаете, почему человек пытается ответить на вопрос о возникновении жизни на земле.

8. Почему повторное возникновение жизни на земле в современных условиях невозможно

9. Дайте определение понятие жизнь.

Тема 5.2 Развитие жизни в архейской протерозойской, и палеозойской эрах

Вопросы:

1. Развитие жизни в архейской эре
2. Развитие жизни в протерозойской эре
3. Развитие жизни в палеозойской эре

1. Вопрос. Развитие жизни в архейской эре

История эволюции животных изучена наиболее полно в связи с тем, что многие из них имеют скелет и поэтому лучше сохраняются в окаменелых остатках.

В архейской эре возникли первые живые организмы. Они были гетеротрофами и в качестве пищи использовали органические соединения "первичного бульона". Важнейший этап эволюции жизни на Земле связан с возникновением фотосинтеза, что обусловило разделение органического мира на растительный и животный. Первыми фотосинтезирующими организмами были прокариотические синезеленые водоросли - цианеи. Цианеи и появившиеся затем эукариотические¹ зеленые водоросли выделяли в атмосферу из океана свободный кислород, что способствовало возникновению бактерий, способных жить в аэробной среде. По-видимому, в это же время - на границе архейской и протерозойской эр - произошло еще два крупных эволюционных события: появились половой процесс и многоклеточность. Каждая новая мутация сразу же проявляется в фенотипе. Если мутация полезна, она сохраняется отбором, если вредна, устраняется отбором. Гаплоидные организмы непрерывно приспосабливаются к среде, но принципиально новых признаков и свойств у них не возникает. Половой процесс резко

повышает возможность приспособления к условиям среды вследствие создания бесчисленных комбинаций в хромосомах. Диплоидность 2, возникшая одновременно с оформленным ядром, позволяет сохранять мутации в гетерозиготном состоянии и использовать их как резерв наследственной изменчивости для дальнейших эволюционных преобразований. Кроме того, в гетерозиготном состоянии многие мутации часто повышают жизнеспособность особей и, следовательно, увеличивают их шансы в борьбе за существование. Возникновение диплоидности и генетического разнообразия, одноклеточных эукариот, с одной стороны, обусловило неоднородность строения клеток и их объединение в колонии, с другой - возможность "разделения труда" между клетками колонии, т.е. образование многоклеточных организмов. Разделение функций клеток у первых колониальных многоклеточных организмов привело к образованию первичных тканей – эктодермы 3 и энтодермы 4, дифференцированных по структуре в зависимости от выполняемой функции. Дальнейшая дифференцировка тканей создала разнообразие, необходимое для расширения структурных и функциональных возможностей организма в целом, в результате чего создавались все более сложные органы. Совершенствование взаимодействия между клетками - сначала контактного, а затем опосредованного с помощью нервной и эндокринной систем – обеспечило существование многоклеточного организма как единого целого со сложным и тонким взаимодействием его частей и соответствующим реагированием на окружающую среду.

Пути эволюционных преобразований первых многоклеточных были различны. Некоторые перешли к сидячему образу жизни и превратились в организмы типа губок. Другие стали ползать, перемещаться по субстрату с помощью ресничек. От них произошли плоские черви. Третьи сохранили плавающий образ жизни, приобрели рот и дали начало кишечнополостным

2. Вопрос. Развитие жизни в протерозойской эре

В протерозойской начальные звенья эволюции животных не сохранились. В протерозойских отложениях находят пред-

ставителей вполне сформировавшихся типов животных: губок, кишечнополостных, членистоногих.

3. Вопрос. Развитие жизни в палеозойской эре

Животный мир в палеозойской эре развивался чрезвычайно бурно и был представлен большим количеством разнообразных форм. Пышного расцвета достигает жизнь в морях. В кембрийском периоде уже существуют все основные типы животных, кроме хордовых. Губки, кораллы, иглокожие, моллюски, громадные хищные ракоскорпионы - вот неполный перечень обитателей кембрийских морей.

В Ордовике продолжается совершенствование и специализация основных типов. В геологических отложениях этого периода впервые обнаруживаются остатки животных, имевших внутренний осевой скелет, - бесчелюстных позвоночных, отдаленными потомками которых являются современные миноги. Их жаберные дуги в ходе дальнейшей эволюции превратились в челюсти, усаженные зубами. Жаберная мускулатура преобразовалась в челюстную и подъязычную. Так, на основе существующих структур - скелетных жаберных дуг, служивших опорой органов дыхания, возник ротовой аппарат хватательного типа. Крупный ароморфоз - появление хватательного ротового аппарата - вызвал перестройку всей организации позвоночных. Возможность выбирать пищу способствовала улучшению ориентации в пространстве путем совершенствования органов чувств. Первые челюстноротые не имели плавников и передвигались в воде путем змееподобных движений. Однако этот способ передвижения при необходимости поймать движущуюся добычу оказался неэффективен. Поэтому для улучшения передвижения в воде имели значение кожные складки. В филогенезе определенные участки этой складки развиваются дальше и дают начало плавникам, парным и не-парным. С увеличением размеров складок потребовался скелет для их укрепления. Скелет возник в виде ряда хрящевых (затем костных) лучей. Очень важно, что хрящевые лучи оказываются связанными между собой хрящевой пластинкой, тянущейся под кожей вдоль основания плавников. Эта пластинка дала начало поясу конечностей (рис.2).

Таким образом, складки превратились в парные грудные и брюшные плавники, средняя часть складки редуцировалась. Появление парных плавников – конечностей – следующий крупный ароморфоз в эволюции позвоночных.

Итак, челюстноротые позвоночные приобрели хватательный ротовой аппарат и конечности. В своей эволюции они разделились на хрящевых и костных рыб.

В силурийском периоде на сушу вместе с первыми наземными растениями вышли первые дышащие воздухом животные – членистоногие (паукообразные). В водоемах продолжалось бурное развитие низших позвоночных. Предполагается, что позвоночные возникли в мелких пресноводных водоемах и лишь, затем переселились в моря.

В девоне позвоночные представлены тремя группами: двоякодышащими, лучеперыми и кистеперыми рыбами. В конце девона появились насекомые (кормовая база для будущих наземных позвоночных). Кистеперые рыбы были типично водными животными, но могли дышать атмосферным воздухом с помощью примитивных легких, представлявших собой выпячивания стенки кишки. Чтобы понять дальнейшую эволюцию рыб, необходимо представить климатические условия в девонском периоде. Большая часть суши была безжизненной пустыней. По берегам пресноводных водоемов в густых зарослях растений обитали кольчатые черви, членистоногие. Климат сухой, с резкими колебаниями температуры в течение суток и по сезонам. Уровень воды в реках и водоемах часто менялся. Многие водоемы полностью высыхали, зимой промерзали. Водная растительность гибла при пересыхании водоемов, накапливались и затем гнили растительные остатки. Все это создавало очень неблагоприятную среду для рыб. В этих условиях их могло спасти только дыхание атмосферным воздухом. Таким образом, возникновение легких можно рассматривать как идиоадаптацию к недостатку кислорода в воде. При пересыхании водоемов у животных были два пути спасения: зарывание в ил или миграция в поисках воды. По первому пути пошли двоякодышащие рыбы, строение которых почти не изменилось со времени девона и которые обитают сейчас в мелких пересыхающих водоемах Африки. Эти рыбы переживают засушливое время года, зарываясь в

ил и дыша атмосферным воздухом. Лучеперые рыбы имели плавники, поддерживающиеся отдельными костными лучами. Они широко распространились и сейчас представляют самый большой по числу видов класс позвоночных.

Приспособиться к жизни на суше смогли только кистеперые рыбы. Их плавники имели вид лопастей, состоящих из отдельных остей с прикрепленными к ним мышцами. С помощью плавников кистеперые рыбы – крупные животные от 1,5 до нескольких метров в длину – могли ползать по дну. Эти рыбы имели две основные предпосылки для перехода в наземную среду обитания: мускулистые конечности и легкое. В конце девона кистеперые рыбы дали начало первым земноводным – стегоцефалам.

Для приспособления к жизни на суше потребовалась коленная перестройка всей организации животных. Конечность из цельной упругой пластинки преобразуется в систему рычагов, разделенных суставами. Наибольшая нагрузка падает на пояс задних конечностей, который становится значительно более мощным. Конечности, особенно задние, удлинняются. Между позвонками развиваются суставы. Появляются слезные железы, подвижные веки, мышцы, втягивающие глаза внутрь орбиты; все это защищает роговицу глаза от высыхания. Боковые сегменты мышц разделяются на большое число отдельных мышц, прикрепляющихся к разным частям скелета. Движение по суше связано с необходимостью увеличения подвижности головы, вследствие чего у наземных позвоночных череп обособляется от костей плечевого пояса. Большая подвижность конечностей сопровождается отделением мышц плечевого пояса от боковых мышц тела и сильным развитием брюшных мышц.

На протяжении каменноугольного периода стегоцефалы жили, питались и размножались в воде. Они выползали на сушу, но не совершали сколько-нибудь значительных ми-граций. Стегоцефалы разделились (дивергировали) на большое число форм – от крупных рыбадных хищников до мелких, питавшихся беспозвоночными. На суше у стегоцефалов не было врагов, и имелся обильный корм – черви, членистоногие, достигавшие крупных размеров (рис. 3, В). Многие группы земноводных переходили к жизни на суше и возвращались в воду только для размножения.

В пермском периоде происходило поднятие суши, а так-же иссушение и похолодание климата. Амфибии вымирают как из-за ухудшения климатических условий, так и вследствие истребления подвижными хищными рептилиями. Еще в карбоне среди стегоцефалов выделилась группа, имевшая хорошо развитые конечности и подвижную систему двух первых позвонков (рис.3, Г – Е). Представители группы размножались в воде, но уходили по суше дальше амфибий, питались наземными животными, а затем и растениями. Эта группа получила название котилозавров. В дальнейшем от них произошли рептилии и млекопитающие.

Рептилии приобрели свойства, позволившие им окончательно порвать связь с водной средой. Внутреннее оплодотворение и накопление желтка в яйцеклетке сделали возможным размножение на суше. Ороговение кожи и более сложное строение почки способствовали резкому уменьшению потерь воды организмом и широкому расселению. Грудная клетка обеспечила более эффективный тип дыхания – всасывающий. Отсутствие конкуренции вызвало широкое распространение рептилий по суше и возвращение части их в водную среду.

Вопросы для повторения:

1. По какому принципу историю земли делят на эры и периоды.
2. Расскажите, когда и как возникли первые живые организмы.
3. Какими организмами был представлен живой мир в протерозойскую эру.
4. Когда появились первые наземные растения.
5. В каком направлении шла эволюция растений на суше?
6. Охарактеризуйте эволюцию животных в палеозойскую эру.
7. Какие особенности строения позвоночных животных послужили предпосылкам выхода их на сушу?

Тема 5. 3 Развитие жизни в мезозойской и кайнозойской эрах

Вопросы

1. Развитие жизни в мезозойской эре.
2. Развитие жизни в кайнозойской эре.

1. Вопрос. Развитие жизни в мезозойской эре

В начале следующей, мезозойской эры на Земле происходят горообразовательные процессы. Появляются Урал, Тянь-Шань, Алтай. На большей части земного шара устанавливается теплый климат, близкий к современному тропическому климату. К концу мезозойской эры зона сухих климатических условий расширяется, сокращаются площади морей и океанов. В триасе, в животном мире достигают расцвета насекомые и рептилии. Рептилии занимают господствующее положение и представлены большим числом форм.

В юрском периоде появляются летающие ящеры и завоевывают воздушную среду. В меловом периоде специализация рептилий продолжается, они достигают громадных размеров. Масса некоторых из них (динозавры) достигала 50 т. В конце мелового периода вновь происходят горообразовательные процессы. Возникают Альпы, Анды, Гималаи. Наступает похолодание, сокращается ареал околородной растительности. Вымирают растительноядные, за ними хищные динозавры. Крупные рептилии сохраняются лишь в тропическом поясе (крокодилы). Вследствие вымирания хищных рептилий наиболее приспособленными оказываются теплокровные животные - птицы и млекопитающие. В морях вымирают многие формы беспозвоночных и морские ящеры.

Птицы произошли от вполне сформированных рептилий - архозавров. Возникновение птиц сопровождалось появлением крупных ароморфозов в их строении: они утратили одну из двух дуг аорты и приобрели полную перегородку между правым и левым желудочками сердца. Полное разделение артериального и венозного кровотока обусловило теплокровность птиц. В

остальных чертах своей организации они сходны с пресмыкающимися, и их иногда называют "пернатыми рептилиями". Все особенности строения птиц – перьевой покров, преобразование передних конечностей в крылья, роговой клюв, воздушные мешки и двойное дыхание, укорочение задней кишки - являются приспособлениями к полету, т.е. идиоадаптациями.

Возникновение млекопитающих связано с рядом крупных ароморфозов, развившихся у представителей одного из подклассов пресмыкающихся. К ароморфозам, определившим формирование млекопитающих как класса, относятся: образование волосяного покрова и четырех камерного сердца, полное разделение артериального и венозного кровотоков, внутриутробное развитие потомства и вскармливание детеныша молоком. Вынашивание зародышей в теле матери и забота о потомстве резко повысили выживаемость млекопитающих. К ароморфозам следует отнести и развитие коры головного мозга, обусловившее преобладание условных рефлексов над безусловными рефлексами и возможность приспособления к непостоянным условиям среды путем изменения поведения. Млекопитающие возникли в триасе, но не могли конкурировать с хищными динозаврами и на протяжении 100 млн. лет занимали подчиненное положение.

2. Вопрос. Развитие жизни в кайнозойской эре

В начале кайнозойской эры завершаются горообразовательные процессы, начавшиеся в конце мезозоя. Обособляются Средиземное, Черное, Каспийское и Аральское моря. Устанавливается теплый равномерный климат. В четвертичном периоде кайнозойской эры (2-3 млн. лет назад) наступило оледенение значительной части Земли. Ледяной покров доходил в среднем до 57 градусов с.ш., достигая в отдельных районах 40 градусов с.ш.

Развитие животного мира в кайнозойскую эру характеризуется дальнейшей дифференциацией насекомых, интенсивным видообразованием у птиц и чрезвычайно быстрым прогрессивным развитием млекопитающих.

Млекопитающие представлены тремя подклассами: однопроходными (утконос и ехидна), сумчатыми и плацентарными. Однопроходные, или яйцекладущие, млекопитающие возникли

независимо от других млекопитающих еще в юрском периоде от звероподобных рептилий. Сумчатые и плацентарные млекопитающие произошли от общего предка в меловом периоде и сосуществовали до наступления кайнозойской эры, когда произошел "взрыв" в эволюции плацентарных, в результате чего эти млекопитающие вытеснили сумчатых с большинства континентов.

Наиболее примитивными были насекомоядные млекопитающие, от которых произошли первые хищные и приматы. Древние хищные дали начало копытным. В палеогене млекопитающие начинают завоевывать море (китообразные, ластоногие и др.). К концу неогена встречаются уже все современные семейства млекопитающих. Одна из групп обезьян - австралопитеки - стала родоначальницей ветви, ведущей к роду Человек.

Оледенения четвертичного периода, достигшие максимального распространения около 250 тыс. лет назад, способствовали развитию холодоустойчивости фауны. На Северном Кавказе и в Крыму встречались мамонты, шерстистые носороги, северные олени, песцы, полярные куропатки. Образование больших масс льда вызывало понижение уровня Мирового океана. Это понижение в разные периоды составляло 85-120 м по сравнению с современным. В результате обнажались материковые отмели Северной Америки и Северной Евразии. Появились сухопутные "мосты", соединявшие североамериканский континент с евразийским (на месте нынешнего Берингова пролива), Британские острова с европейским материком и т.д. По таким "мостам" происходила миграция видов, приведшая к формированию современной нам фауны материков. Изменения климата в четвертичном периоде кайнозойской эры оказали влияние на эволюцию предков человека.

Вопросы для повторения:

1. Как возникли цветковые растения?
2. Укажите эволюционные преимущества цветковых растений.
3. В каком периоде мезозойской эры и вследствие каких ароморфозов возникли млекопитающие.

4. Охарактеризуйте основные направления эволюции растений на земле.

5. Руководствуясь основными положениями эволюционной теории, объясните возникновение новых видов организмов и приспособлений к новым условиям среды в мезозое.

6. Приведите примеры биологического регресса в мезозое.

7. Приведите примеры ароморфозов, возникших в мезозое.

8. Приведите примеры идиоадаптации в кайнозое.

9. Как изменение среды, происходящее в последнее время. Влияет на эволюцию ныне живущих организмов?

Тема 6 Основы генетики

Тема 6. 1 Абиотические и биотические факторы среды

Вопросы

1. Характеристика экологических факторов

2. Взаимодействие организмов и экологических факторов

3. Закономерности факторов среды

1. Вопрос Характеристика экологических факторов

Компоненты природной среды, влияющие на состояние и свойства организма, популяции, природного сообщества, называют экологическими факторами.

Среди них различают разные по своей природе группы факторов:

абиотические факторы - все компоненты неживой природы, среди которых наиболее важны свет, температура, влажность и другие компоненты климата, а также состав водной, воздушной и почвенной среды, т.е. элементы неживой природы;

биотические факторы - живые тела, или организмы; взаимодействия между различными особями в популяциях, между популяциями в природных сообществах;

ограничивающие факторы - экологические факторы, выходящие за границы максимума или минимума выносливости, ограничивающие существование вида.

антропогенный фактор - вся разнообразная деятельность человека, которая приводит к изменению природы как среды обитания всех живых организмов или непосредственно сказывается на их жизни (вырубка леса, осушение болот, возведение плотины, выброс в атмосферу различных химических веществ и пр.).

Разные экологические факторы (температура, влажность, пища) действуют на каждую особь. В ответ на это у организмов через естественный отбор вырабатываются различные приспособления к ним. Интенсивность факторов, наиболее благоприятную для жизнедеятельности, называют оптимальной или оптимумом.

Оптимальное значение того или иного фактора для каждого вида различно. В зависимости от отношения к тому или иному фактору виды могут быть тепло- и холодолюбивые (слон и белый медведь), влаго- и сухолюбивые (липа и саксаул), приспособленные к высокой или низкой солености воды и т. д.

2. Вопрос **Взаимодействие организмов и экологических факторов**

Абиотические факторы

Температура.

Большинство видов приспособлено к довольно узкому диапазону температур. Некоторые организмы, особенно в стадии покоя, способны существовать при очень низких температурах. Например, споры микроорганизмов выдерживают охлаждение до -200°C . Отдельные виды бактерий и водорослей могут жить и размножаться в горячих источниках при температуре $+80$ $+88^{\circ}\text{C}$. Диапазон колебаний температуры в воде значительно меньше, чем на суше, соответственно и пределы выносливости к колебаниям температуры у водных организмов уже, чем у наземных. Однако и для водных и для наземных обитателей оптимальной является температура в пределах $15-30^{\circ}\text{C}$.

Различают организмы с непостоянной температурой тела - пойкилотермные и организмы с постоянной температурой тела - гомойотермные.

Температура тела пойкилотермных организмов зависит от температуры окружающей среды. Ее повышение вызывает у них

интенсификацию жизненных процессов и, в известных пределах, ускорение развития.

Гораздо меньше зависят от температурных условий среды животные гомойотермные - птицы и млекопитающие. Эти изменения строения позволили этим двум классам сохранять активность при очень резких перепадах температур и освоить практически все места обитания.

Таким образом, температура окружающей среды представляет собой важный и зачастую ограничивающий жизненные проявления фактор.

Свет.

Свет в форме солнечной радиации обеспечивает все жизненные процессы на Земле. Для организмов важны длина волны воспринимаемого излучения, его интенсивность и продолжительность воздействия (длина дня, или фотопериод). Ультрафиолетовые лучи с длиной волны более 0,3 мкм составляют примерно 40% лучистой энергии, достигающей земной поверхности. В небольших дозах они необходимы животным и человеку. Под их воздействием в организме образуется витамин D. Энергия видимого света составляет около 45% общего количества лучистой энергии, падающей на Землю.

Чрезвычайно важную роль в регуляции активности живых организмов и их развития играет продолжительность воздействия света - фотопериод, который представляет собой как бы пусковой механизм, последовательно включающий физиологические процессы, приводящие к росту, цветению растений весной, плодоношению летом и сбрасыванию ими листьев осенью, а также к линьке и накоплению жира, миграции и размножению у птиц и млекопитающих, наступлению стадии покоя у насекомых.

Кроме сезонных изменений смена дня и ночи определяет суточный ритм активности как целых организмов, так и физиологических процессов. Способность организмов ощущать время, наличие у них «биологических часов» - важное приспособление, обеспечивающее выживание особи в данных условиях среды.

Инфракрасное излучение составляет 45% от общего количества лучистой энергии, падающей на Землю. Инфракрасные лучи повышают температуру тканей растений и животных, хорошо поглощаются объектами неживой природы, в том числе водой.

Влажность.

Вода играет исключительно важную роль в жизнедеятельности клетки и организма в целом. Поддержание количества воды на достаточном уровне составляет одну из основных физиологических функций любого организма.

Роль влажности как экологического фактора для наземных организмов обусловлена тем, что осадки (а соответственно влажность воздуха и почвы) распределяются на земной поверхности в течение года очень неравномерно. Так как большинство наземных животных и растений влаголюбивы, то недостаток влажности часто оказывается причиной, ограничивающей их жизнедеятельность и распространение.

Температура тела.

Все химические процессы, протекающие в организме, зависят от температуры - внешней и внутренней. Особенно ясно зависимость от внешней температуры выражена у организмов, неспособных поддерживать постоянную температуру тела, т. е. у всех растений и большинства животных, кроме птиц и млекопитающих. Подавляющее большинство наземных растений и животных в состоянии активной жизнедеятельности не переносят отрицательной температуры и погибает. Верхний температурный предел жизни неодинаков для разных видов, но редко бывает выше 40-45°C. Только немногие виды приспособлены к жизни при более высокой температуре.

Оптимальная температура зависит от условий обитания вида, к которым он приспособился на основе естественного отбора в течение предшествующей эволюции.

Биотические факторы

Биотические факторы окружающей среды (Биотические факторы; Биотические экологические факторы; Biotic factors; Biological factors; от греч. Biotikos – жизненный) – факторы живой среды, влияющие на жизнедеятельность организмов.

Беклемишев В.Н. разделил биотические факторы на 4 группы:

топические – по изменению среды (разрывание почвы);

трофические – пищевые отношения (продуценты, консументы, редуценты);

фабрические – по жилищу (паразитические черви используют организм как среду обитания);

форические – по переносу (рак отшельник переносит актинию).

Действие биотических факторов выражается в форме взаимовлияний одних организмов на жизнедеятельность других организмов и всех вместе на среду обитания. Различают прямые и косвенные взаимоотношения между организмами.

Внутривидовые взаимодействия между особями одного и того же вида складываются из группового и массового эффектов и внутривидовой конкуренции.

Межвидовые взаимоотношения значительно более разнообразны. Возможные типы комбинации отражают различные виды взаимоотношений:

нейтрализм – взаимоотношения между организмами не приносят друг другу ни вреда, ни пользы.

синойкия (квартиранство) – сожительство, при котором особь одного вида использует особь другого вида только как жилище, не принося своему «живому дому» ни пользы, ни вреда. Например, пресноводная рыбка горчак откладывает икринки в мантийную полость двухстворчатых моллюсков. Развивающиеся икринки надежно защищены раковиной моллюска, но они безразличны для хозяина и не питаются за его счет.

конкуренция – антагонистические отношения между организмами (видами), связанные борьбой за пищу, самку, место обитания и другие ресурсы.

мутуализм (взаимовыгодный симбиоз) – совместное сожительство организмов разных видов, приносящее взаимную пользу. Например, лишайники являются симбиотическими организмами, тело которых построено из водорослей и грибов. Нити гриба снабжают клетки водоросли водой и минеральными веществами, а клетки водорослей осуществляют фотосинтез и, следовательно, снабжают гифы грибов органическими веществами.

протокооперация (кооперация) – это полезные взаимоотношения организмов, когда они могут существовать друг без друга, но вместе им лучше. Например, рак-отшельник и актиния, акулы и рыбы-прилипалы.

комменсализм – совместное сожительство организмов разных видов, при котором один организм использует другой как жилище и источник питания, но не причиняет вреда партнеру. Например, некоторые морские полипы, поселяясь на крупных рыбах, в качестве пищи используют их испражнения. В желудочно-кишечном тракте человека находится большое количество бактерий и простейших, питающихся остатками пищи и не причиняющих вреда хозяину.

аменсализм – это взаимоотношения между организмами, при которых один несет ущерб, а другому они безразличны. Например, гриб пеницилл выделяет антибиотик, убивающий бактерий, но вторые на гриб никак не влияют.

паразитизм – это форма антагонистического сожительства организмов, относящихся к разным видам, при котором один организм (паразит), поселяясь на теле или в теле другого организма (хозяина), питается за его счет и причиняет вред. Болезнетворное действие паразитов складывается из механического повреждения тканей хозяина, отравления его продуктами обмена, питания за его счет. Паразитами являются все вирусы, многие бактерии, грибы, простейшие, некоторые черви и членистоногие. В отличие от хищника паразит использует свою жертву длительно и далеко не всегда приводит ее к смерти. Нередко вместе со смертью хозяина погибает и паразит. Связь паразита с внешней средой осуществляется опосредованно через организм хозяина. **Хищничество.** Антагонистические взаимоотношения паразитов и хищников со своими жертвами поддерживают численность популяции одних и других на определенном относительно постоянном уровне, что имеет большое значение в выживании видов.

3. Вопрос. **Закономерности факторов среды**

В комплексе действия факторов можно выделить некоторые закономерности, которые являются в значительной мере универсальными (общими) по отношению к организмам. К таким закономерностям относятся правило оптимума, правило взаимодействия факторов, правило лимитирующих факторов и некоторые другие.

Правило оптимума. В соответствии с этим правилом для организма или определённой стадии его развития имеется диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения фактора. Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность организма. Этот диапазон называется зоной угнетения. Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых существование организма уже невозможно.

К зоне оптимума обычно приурочена максимальная плотность популяции. Зоны оптимума для различных организмов неодинаковы. Чем шире амплитуда колебаний фактора, при которой организм может сохранять жизнеспособность, тем выше его устойчивость, т.е. толерантность к тому или иному фактору (от лат. толерация – терпение). Организмы с широкой амплитудой устойчивости относятся к группе эврибионтов (греч. эури – широкий, биос – жизнь). Организмы с узким диапазоном адаптации к факторам называются стенобионтами (греч. стенос – узкий). Важно подчеркнуть, что зоны оптимума по отношению к различным факторам различаются, и поэтому организмы полностью проявляют свои потенциальные возможности в том случае, если существуют в условиях всего спектра факторов с оптимальными значениями.

Диапазон между минимумом и максимумом принято называть диапазоном толерантности. Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий в отношении другого. Организмы с широким диапазоном толерантности обычно наиболее широко распространены. Если условия по одному экологическому фактору не оптимальны, то может сузиться и диапазон толерантности к другим факторам. Пользоваться оптимальными физическими условиями среды во многих случаях организмам мешают биотические отношения (конкуренция, хищничество, паразитизм и т. д.). В период размножения многие факторы среды часто становятся лимитирующими.

Правило взаимодействия факторов. Сущность его заключается в том, что одни факторы могут усиливать или смягчать силу действия других факторов. Например, избыток тепла

может в какой-то мере смягчаться пониженной влажностью воздуха, недостаток света для фотосинтеза растений – компенсироваться повышенным содержанием углекислого газа в воздухе и т.п. Из этого, однако, не следует, что факторы могут взаимно заменяться. Они не взаимозаменяемы.

Правило лимитирующих факторов. Сущность этого правила заключается в том, что фактор, находящийся в недостатке или избытке (вблизи критических точек), отрицательно влияет на организмы и, кроме того, ограничивает возможность проявления силы действия других факторов, в том числе и находящихся в оптимуме. Лимитирующие факторы обычно обуславливают границы распространения видов, их ареалы. От них зависит продуктивность организмов.

Человек своей деятельностью часто нарушает практически все из перечисленных закономерностей действия факторов. Особенно это относится к лимитирующим факторам (разрушение местообитаний, нарушение режима водного и минерального питания и т.п.).

Вопросы для повторения:

1. Дайте пояснение абиотическому фактору среды.
2. Дайте пояснение биотическому фактору среды.
3. Объясните влияние света на живые организмы.
4. Объясните влияние температуры на живые организмы.
5. Объясните влияние влажности на живые организмы.
6. Объясните закон оптимума на примере.
7. Объясните правило взаимодействия факторов на примерах.
8. Объясните правило лимитирующих факторов на примерах.
9. Объясните на примерах межвидовые взаимодействия.

Тема 7. Бионика

Вопросы:

1. Особенности строения и приспособление животных и растений используемые человеком

2. Факторы приспособления растений и животных используемых человеком в промышленности.

1. Вопрос. **Особенности строение и приспособление животных и растений используемые человеком**

Бионика (от греч. βίην - элемент жизни, буквально - живущий), наука, пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе моделирования структуры и жизнедеятельности организмов. Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками - электроникой, навигацией, связью, морским делом и др.

Бионика - наука об использовании в технике знаний о конструкции, принципе и технологическом процессе живого организма. Основу бионики составляют исследования по моделированию различных биологических организмов.

Прародителем бионики считается Леонардо да Винчи. Его чертежи и схемы летательных аппаратов были основаны на строении крыла птицы. В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществляли моделирование орнитоопера.

Из современных ученых можно назвать имя Осипа М. Р. Дельгадо. С помощью своих радиоэлектронных приборов он изучал неврологическо-физические характеристики животных. И на их основе пытался разработать алгоритмы управления живыми организмами.

Основные направления бионики.

Создание модели в бионике - это половина дела. Для решения конкретной практической задачи необходима не только проверка наличия интересующих практику свойств модели, но и разработка методов расчета заранее заданных технических характеристик устройства, разработка методов синтеза, обеспечивающих достижения требуемых в задаче показателей.

И поэтому многие бионические модели, до того как получают техническое воплощение, начинают свою жизнь на компьютере. Строится математическое описание модели. По ней составляется компьютерная программа - бионическая модель. На такой компьютерной модели можно за короткое время обработать различные параметры и устранить конструктивные недостатки.

Сегодня бионика имеет несколько направлений.

Архитектурно-строительная бионика изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности. Нейробионика изучает работу мозга, исследует механизмы памяти. Интенсивно изучаются органы чувств животных, внутренние механизмы реакции на окружающую среду и у животных, и у растений.

Яркий пример архитектурно-строительной бионики, полная аналогия строения стеблей злаков и современных высотных сооружений. Стебли злаковых растений способны выдерживать большие нагрузки и при этом не ломаться под тяжестью соцветия. Если ветер пригибает их к земле, они быстро восстанавливают вертикальное положение. В чем же секрет? Оказывается, их строение сходно с конструкцией современных высотных фабричных труб, одним из последних достижений инженерной мысли. Обе конструкции полые. Склеренхимные тяжи стебля растения играют роль продольной арматуры. Междоузлия стеблей, кольца жесткости. Вдоль стенок стебля находятся овальные вертикальные пустоты. Стенки трубы имеют такое же конструктивное решение. Роль спиральной арматуры, размещенной у внешней стороны трубы в стебле злаковых растений, выполняет тонкая кожица. Однако к своему конструктивному решению инженеры пришли самостоятельно, не «заглядывая» в природу. Идентичность строения была выявлена позже.

В последние годы бионика подтверждает, что большинство человеческих изобретений уже «запатентовано» природой. Такое изобретение XX века, как застёжки «молния» и «липучки», было сделано на основе строения пера птицы. Бородки пера различных порядков, оснащенные крючками, обеспечивают надежное сцепление.

Известные испанские архитекторы М. Р. Сервера и Х. Плоз, активные приверженцы бионики, с 1985 года начали исследования «динамических структур», а в 1991 году организовали «Общество поддержки инноваций в архитектуре». Группа под их руководством, в состав которой вошли архитекторы, инженеры, дизайнеры, биологи и психологи, разработала проект

«Вертикальный бионический город-башня». Через 15 лет в Шанхае должен появиться город-башня (по прогнозам ученых, через 20 лет численность Шанхая может достигнуть 30 млн человек). Город-башня рассчитан на 100 тысяч человек, в основу проекта положен «принцип конструкции дерева».

Башня-город будет иметь форму кипариса высотой 1128 м с обхватом у основания 133 на 100 м., а в самой широкой точке 166 на 133 м. В башне будет 300 этажей, и расположены они будут в 12 вертикальных кварталах по 80 этажей. Между кварталами, перекрытия-стяжки, которые играют роль несущей конструкции для каждого уровня-квартала. Внутри кварталов, разновысокие дома с вертикальными садами. Эта тщательно продуманная конструкция аналогична строению ветвей и всей кроны кипариса. Стоять башня будет на свайном фундаменте по принципу гармошки, который не заглубляется, а развивается во все стороны по мере набора высоты, аналогично тому, как развивается корневая система дерева. Ветровые колебания верхних этажей сведены к минимуму: воздух легко проходит сквозь конструкцию башни. Для облицовки башни будет использован специальный пластичный материал, имитирующий пористую поверхность кожи. Если строительство пройдет успешно, планируется построить еще несколько таких зданий-городов.

В архитектурно-строительной бионике большое внимание уделяется новым строительным технологиям. Например, в области разработок эффективных и безотходных строительных технологий перспективным направлением является создание слоистых конструкций. Идея заимствована у глубоководных моллюсков. Их прочные ракушки, например у широко распространенного «морского уха», состоят из чередующихся жестких и мягких пластинок. Когда жесткая пластинка трескается, то деформация поглощается мягким слоем и трещина не идет дальше. Такая технология может быть использована и для покрытия автомобилей.

Основными направлениями нейробионики являются изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток-нейронов и нейронных сетей. Это дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику.

Нервная система живых организмов имеет ряд преимуществ перед самыми современными аналогами, изобретенными человеком:

1. Гибкое восприятие внешней информации, независимо от формы, в которой она поступает (почерк, шрифт, цвет, тембр и т. д.).

2. Высокая надежность: технические системы выходят из строя при поломке одной или нескольких деталей, а мозг сохраняет работоспособность при гибели даже нескольких сотен тысяч клеток.

3. Миниатюрность. Например, транзисторное устройство с таким же числом элементов, как головной мозг человека, занимало бы объем около 1000 м^3 , тогда как наш мозг занимает объем $1,5 \text{ дм}^3$.

4. Экономичность потребления энергии, разница просто очевидна.

5. Высокая степень самоорганизации, быстрое приспособление к новым ситуациям, к изменению программ деятельности.

Эйфелева башня и берцовая кость

К 100-й годовщине Великой французской революции в Париже была организована всемирная выставка. На территории этой выставки планировалось воздвигнуть башню, которая символизировала бы и величие Французской революции, и новейшие достижения техники. На конкурс поступило более 700 проектов, лучшим был признан проект инженера-мостовика Александра Гюстава Эйфеля. В конце XIX столетия башня, названная именем своего создателя, поразила весь мир ажурностью и красотой. 300-метровая башня стала своеобразным символом Парижа. Ходили слухи, будто бы построена башня по чертежам неизвестного арабского ученого. И лишь спустя полстолетия биологи и инженеры сделали неожиданное открытие: конструкция Эйфелевой башни в точности повторяет строение большой берцовой кости, легко выдерживающей тяжесть человеческого тела. Совпадают даже углы между несущими поверхностями. Это еще один показательный пример бионики в действии.

Использование бионики в дизайне

Использование в дизайне законов и форм живой природы вполне правомерно. В основе эволюции живых организмов и

графических изображений лежат одни и те же принципы, определяемые взаимодействием форм и функций.

В мире все взаимообусловлено. Существуют законы, объединяющие весь мир в единое целое и порождающие объективную возможность использования в искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения живой природы и ее форм.

Правомерность биодизайна предопределяется не только биологическим и техническим единством человечества и окружающего мира, но и особенностями человеческого познания. Человеческий разум в большей степени формируется под влиянием процессов, происходящих в природе.

В своей творческой деятельности человек постоянно, сознательно или интуитивно, обращается за помощью к живой природе. Для всей истории биодизайна характерно использование чисто внешних очертаний природных форм.

Причины особого внимания дизайнеров к законам формообразования живой природы заключаются в том, что графический дизайн как особый вид искусства имеет непосредственную связь с материальным производством, для которого создается изобразительный образ - торговый знак.

Живая природа имеет тенденцию в процессе своего развития стремиться к всемерной экономии энергии, строительного материала и времени. Закон минимума в живой природе обусловлен органической целесообразностью существования. Все это привело к мысли о возможности использования закономерностей формообразования живых структур именно в конструктивном плане, а не с целью лишь каких-то формальных поисков.

Основные методы дизайнерской бионики

Наиболее ответственный этап в работе дизайнера - это исследование живой природы. На этом этапе неизбежно встает вопрос, что выбирать в природе и как выбирать. Основным методом биодизайна является метод функциональных аналогий, или сопоставления принципов и средств формообразования объектов дизайна и живой природы. Отбирать необходимые формы живой природы помогает чувство графической формы.

Работа дизайнера с природными аналогами заключается не в простом сравнении, а в изыскании методов и способов графического моделирования биологических процессов.

Работая над проектом, дизайнер тщательно проводит сравнительный анализ «живой» и искусственной техники, сопоставляет технические характеристики живых объектов и созданной руками человека аппаратуры и потом делает заключение о целесообразности применения в графике тех или иных изобразительных форм. Анализируя природную форму, художник-дизайнер стремится осмыслить ее тектонику, которую, как бы сложна она ни была, нельзя рассматривать как случайное сочетание объемов. Гармоничность ее развивается по строго определенным законам и принципам. Для восприятия гармонии, закономерности строения, образности природной формы требуется определенная подготовленность.

В природных формах главным является конструктивно-композиционная группировка элементов, их ритмика. Речь идет именно о композиционно подчеркнутых сгущениях - отдельных группах в пределах целостного организма, есть достаточно примеров разнообразных акцентов композиционной структуры в общей упорядоченности, от которых можно оттолкнуться при проектировании.

Каждая природная форма имеет свои, присущие лишь ей черты. Если форма природного аналога состоит из многих сложно организованных элементов, то получаемый при ее восприятии ассоциативный сигнал сразу может не иметь столь четкого характера. Но в ходе тщательного анализа, отбора, сравнений знак проявляется и достигает полного звучания. Бионика в графическом дизайне это одновременно наука и искусство, это анализ и синтез, поиск оригинального, нового. Изучение форм живой природы питает фантазию дизайнеров, дает материал и помогает решать проблему гармонии функционального и эстетического начала, обогащая формальные средства гармонизации в поисках наиболее выразительных пропорций, ритма, симметрии, асимметрии и т. д.

Дизайнер делает подробные зарисовки всех разновидностей природного образца, затем путем формообразующих линий, осевых и линий членения анализирует природную форму и разрабатывает графический образец.

Конкретность живых форм, нашедших свое применение в фирменном знаке, выделяет эти знаки из числа других.

В работе с природными аналогами особую роль играют художественные данные человека и его интуиция. Интуиция

помогает дизайнеру справиться со своей задачей значительно быстрее, чем при условии, что он будет действовать, всегда основываясь только на рациональных методах. Правда, решения, подсказанные интуицией, нуждаются во внимательной научной проверке, тем не менее, значение их очень велико.

Необходимость изучения биологических форм для дизайнера подчеркивается еще и тем, что они масштабно выдержаны и пропорционально безукоризненны, конструктивно и функционально обусловлены.

Гармония красоты и целесообразности в природе - поистине неисчерпаемый источник средств гармонизации формы, к которому постоянно обращались творцы шедевров архитектуры и искусства. Витрувий, Леон Альберти, Палладио, Ле Корбюзье, И. В. Жолтовский, А. В. Щусев неустанно искали закономерности строения прекрасной формы, вытекающей из законов природы.

Чаще всего природная форма, примененная в графическом образе, видоизменяется под действием стилизации, но не настолько, чтобы не быть узнаваемой.

Но без знания принципов и общих законов формообразования природы нельзя понять ту или иную форму.

При первом взгляде на окружающий нас предметный мир может показаться, что бионика как будто не проявляется в творениях человеческих рук столь непосредственно, однако в действительности ее влияние на предметный мир в целом и на графический дизайн в частности глубоко и устойчиво.

Применение бионики в системе дизайна будит творческую мысль, заставляет думать, искать, познавать законы природы.

2. Вопрос. Факторы приспособления растений и животных используемых человеком в промышленности

Использование достижений бионики в промышленности

Наиболее продвинувшиеся исследования в бионике - это разработка биологических средств обнаружения, навигации и ориентации; комплекс исследований, связанных с моделированием функций и структур мозга высших животных и человека; создание систем биоэлектрического управления и исследования по проблеме «человек-машина». Эти направления тесно связаны друг с другом. Анализ и синтез устройств, которые обеспечива-

ют решение основных задач обработки информации, - общая цель всех четырех названных направлений. Именно проблемы, связанные с созданием разнообразной информационной техники, привлекают главное внимание бионики.

Давно известно, что птицы, рыбы, насекомые очень чутко и безошибочно реагируют на изменения погоды. Низкий полет ласточек предвещает грозу. По скоплению медуз у берега рыбаки узнают, что можно отправляться на промысел, море будет спокойным. Животные-«биосиноптики» от природы наделены уникальными сверхчувствительными «приборами». Задача бионики, не только найти эти механизмы, но и понять их действие и воссоздать его в электронных схемах, приборах, конструкциях.

Изучение сложной навигационной системы рыб и птиц, преодолевающих тысячи километров во время миграций и безошибочно возвращающихся к своим местам для нереста, зимовки, выведения птенцов, способствует разработке высокочувствительных систем слежения, наведения и распознавания объектов.

В настоящее время большим вкладом в ход научно-технического прогресса являются исследования анализаторных систем животных и человека. Эти системы столь сложны и чувствительны, что пока еще не имеют себе равных среди технических устройств. Например, термочувствительный орган гремучей змеи различает изменения температуры в $0,0010\text{ C}$; электрический орган рыб (скатов, электрических угрей) воспринимает потенциалы в $0,01$ микровольта, глаза многих ночных животных реагируют на единичные кванты света, рыбы чувствуют изменение концентрации вещества в воде 1 мг/м^3 ($=1\text{ мкг/л}$).

Многие живые организмы имеют такие анализаторные системы, которых нет у человека. Например, у кузнечиков на 12-м членике усиков есть бугорок, воспринимающий инфракрасное излучение. У акул и скатов есть каналы на голове и в передней части туловища, воспринимающие изменения температуры в $0,10\text{ C}$. Устройство, воспринимающее радиоактивное излучение, имеют улитки, муравьи и термиты. Многие реагируют на изменения магнитного поля (в основном птицы и насекомые, совершающие дальние миграции). Есть те, кто воспринимает инфра- и ультразвуковые колебания: совы, летучие мыши, дельфины,

киты, большинство насекомых и т. д. Глаза пчелы реагируют на ультрафиолетовый свет, таракана – на инфракрасный и т. д.

Есть еще многие системы ориентации в пространстве, устройство которых пока не изучено: пчелы, и осы хорошо ориентируются по солнцу, самцы бабочек (например, ночной павлиний глаз, бражник мертвая голова и т. д.) отыскивают самку на расстоянии 10 км. Морские черепахи и многие рыбы (угри, осетры, лососи) уплывают на несколько тысяч километров от родных берегов и безошибочно возвращаются для кладки яиц и нереста к тому же самому месту, откуда сами начали свой жизненный путь. Предполагается, что у них есть две системы ориентации – дальняя, по звездам и солнцу, и ближняя – по запаху (химизм прибрежных вод).

Почему же при современном уровне развития техники природа настолько опережает человека? Во-первых, чтобы понять устройство и принцип действия живой системы, смоделировать ее и воплотить в конкретных конструкциях и приборах, нужны универсальные знания. А сегодня, после длительного процесса дробления научных дисциплин, только начинает обозначаться потребность в такой организации знаний, которая позволила бы охватить и объединить их на основе единых всеобщих принципов. И бионика здесь занимает особое положение.

Во-вторых, в живой природе постоянство форм и структур биологических систем поддерживается за счет их непрерывного восстановления, поскольку мы имеем дело со структурами, которые непрерывно разрушаются и восстанавливаются. Каждая клетка имеет свой период деления, свой цикл жизни. Во всех живых организмах процессы распада и восстановления компенсируют друг друга, и вся система находится в динамическом равновесии, что дает возможность приспосабливаться, перестраивая свои конструкции в соответствии с изменяющимися условиями. Основным условием существования биологических систем является их непрерывное функционирование. Технические системы, созданные человеком, не имеют внутреннего динамического равновесия процессов распада и восстановления, и в этом смысле они статичны. Их функционирование, как правило, периодически. Эта разница между природными и техническими системами очень существенна с инженерной точки зрения.

Живые системы значительно многообразнее и сложнее технических конструкций. Биологические формы часто не могут быть рассчитаны из-за их необычайной сложности. Мы просто

еще не знаем законов их формирования. Тайны структурообразования живых организмов, подробности происходящих в них жизненных процессов, устройство и принципы функционирования можно узнать лишь с помощью самой современной аппаратуры, что не всегда доступно. Но даже при наличии новейшей техники очень многое остается «за кадром».

Японские инженеры и биологи установили в результате многочисленных экспериментов, что форма кита лучше, совершеннее формы современных судов. Было построено большое океанское «китоподобное» судно, и преимущества новой конструкции сказались тут же. При мощности двигателя, уменьшенной на четверть, скорость и грузоподъемность остались теми же.

Таким образом, изучение гидродинамических особенностей строения китов и дельфинов помогло создать особую обшивку подводной части кораблей, которая обеспечивает повышение скорости на 20-25% при той же мощности двигателя. Называется эта обшивка «ламинфло» и, аналогично коже дельфина, не смачивается и имеет эластично-упругую структуру, что устраняет турбулентные завихрения и обеспечивает скольжение с минимальным сопротивлением.

Такой же пример можно привести из истории авиации. Долгое время проблемой скоростной авиации был флаттер, внезапно и бурно возникающие на определенной скорости вибрации крыльев. Из-за этих вибраций самолет разваливался в воздухе за несколько секунд. После многочисленных аварий конструкторы нашли выход – крылья стали делать с утолщением на конце. Через некоторое время аналогичные утолщения были обнаружены на концах крыльев стрекозы. В биологии эти утолщения называются птеростигмы. Новые принципы полета, бесколесного движения, построения подшипников и т. д. разрабатываются на основе изучения полета птиц и насекомых, движения прыгающих животных, строения суставов.

Особенно следует подчеркнуть значение рожденного в практике бионических исследований специального подхода к организации и ведению научного исследования - бионического подхода. Он возможен в любом техническом исследовании. Бионический подход - это искусство применения биологии для небιологических целей. Бионический подход в научном исследовании в современных условиях лучше всего осуществляется тогда, когда над общей проблемой работают сообща биологи и

инженеры. Дружная работа различных специалистов, преодоление профессиональных «перегородок», выработка понимания друг друга с полуслова, создание единых методов работы - все это, как правило, помогает решать трудные задачи. Постоянные поиски сравнений интересующего объекта, явления, процесса, свойства, характеристики и т.д. с чем-то подобным в живой природе, скрупулезный анализ найденных аналогий и связей, границ их применимости - в этом существо бионического подхода. Работа на стыке наук и особенно в непосредственной связи с биологией - столбовая дорога развития всех разделов современной науки, техники и практического производства.

Бионики в течение многих лет изучали, какую скорость развивают некоторые степные животные, птицы, насекомые, рыбы. Ведь известно, человек давно «перекрыл» скоростные рекорды и голубой акулы, делающей до 70 км/час, и самых быстроногих кузнечиков, которые могут скакать со скоростью в пределах от 10 до 60 км/час.

Но инженеров-транспортников интересуют задачи маневренности, гибкости управления, которые «мимолетно» решают и птицы, и рыбы, и насекомые.

Бионический принцип положен и в основу отечественной снегоходной машины «Пингвин». Она полностью оправдывает свое название. Как движутся по рыхлому снегу пингвины? На брюхе, отталкиваясь от снега лапами, как лыжными палками, Так же, лежа на снегу днищем и отталкиваясь от снега колесными спицами, будет скользить по поверхности и «Пингвин» механический. Конструкторы рассчитали, что машина при весе в 1300 кг будет двигаться со скоростью 50 км/час.

Помогает бионика и химикам. Химики-органики, изучающие и создающие полимерные материалы, большое внимание уделяют «технологии» природы, когда она создает чрезвычайно сложные химические соединения. И на основе опять-таки примера природы сейчас работают «живые фабрики». Здесь получают антибиотики, витамины, белки, жиры, аминокислоты.

Также ученые усиленно ищут биологические средства защиты от опасных излучений. Надеются построить живые фильтры для очистки воды и почвы от радиоактивности.

Пришли к мысли и о биологизации производства: незачем пропадать «даровым» машинам и приборам природы. Давно известно, что химический состав растений может указать на присут-

ствие полезных ископаемых. Мед пчел, «сладкая карта», говорящая геологам о залежах руд в районе сбора нектара. В морях и океанах животные, водоросли, бактерии, микробы накапливают в своих организмах химические элементы. Нельзя ли это «морское население» заставить добывать ценные вещества для человека?

Возможно, развитие бионики уже в скором времени сделает многое непривычным в мире техники. И самые неожиданные сюрпризы ждут нас в разработке различных приборов обнаружения, методах добычи полезных ископаемых и производства веществ. А в технике – и этого ожидают – появятся такие системы управления, куда будут «встроены» новые, биологические машины. Заглядывая далеко вперед, ученые предсказывают наступление подлинной биоэры.

Контурные ее пытаются обрисовать уже сегодня, основываясь на первых успехах бионики. Иногда говорится, что в будущем, по примеру живой природы, мы начнем строить орнитоптеры, быстроходные подводные лайнеры, вездеходы для путешествий по Луне, Марсу, Венере и другим планетам; воздвигать на Земле лучезарные города из домов-деревьев и сказочной красоты поселения на дне морей и океанов; свободно ориентироваться в космосе, как птицы в воздухе; точно прогнозировать изменения погоды, наступление землетрясений и вулканических извержений; выращивать различные радиоэлектронные устройства, невиданные биомеханизмы, искусственные нейроны; строить белковые вычислительные машины... Прямое превращение солнечного света в одежду и продукты питания по образцу фотосинтеза, происходящего в каждом зеленом листе. Вместо громоздких машин – искусственные мышцы. Управление самолетами, станками, автомобилями и ракетами простым усилием воли, мысли, без всяких штурвалов и рулей.

2.2. Бионика и архитектура

Смысл существования всех видов искусств, в том числе и архитектуры, заключается в воплощении чувств. Архитектура не относится к свободным формам искусства. Ее назначение – создание пространственной среды жизнедеятельности.

Мы всегда стремились к комфортабельному жилью. Для нас всегда было важно чтобы место где мы живем, работаем, отдыхаем соответствовало нашему внутреннему мироощущению. Но, к сожалению, в силу определенных обстоятельств Советская стройка не могла дать нам того, чего мы хотели. Только

недавно, а именно 10-15 лет назад наше общество смогло воочию убедиться, что «хрущевки», «корабли» и «свечки» это все таки не предел мечтаний. Сегодняшний день отчетливо показывает, насколько тогда наша страна отставала от мирового строительства. Теперь же мы с вами можем с легкостью воплотить наши мечты об идеальном доме в жизнь.

Испокон веков великие умы зодчества ведут поиски новых архитектурных стилей. Начиная от Вавилонской башни и заканчивая архитектурными шедеврами нового Парижа человечество искало, находило, воплощало. Опять искало, опять находило и опять воплощало. И так по кругу до бесконечности.

Сегодня миру известно много архитектурных стилей: романский, готика, ренессанс, барокко, романтизм, модерн, классицизм, неоклассицизм, бионика. Бесспорно, каждый из этих стилей по-своему интересен и достоин внимания.

Бионика. От Гауди до ...

Как уже упоминалось, само понятие бионика появилось в начале двадцатого века.

Первые попытки использовать природные формы в строительстве предпринял еще Антонио Гауди. Парк Гуэля, или как говорили раньше «Природа, застывшая в камне», Каза Батло, Каза Мила - ничего подобного избалованная архитектурными изысками Европа, да и весь мир, еще не видели. Эти шедевры великого мастера дали толчок к развитию архитектуры в бионическом стиле. В 1921 году бионические идеи нашли отражение в сооружении Рудольфа Штайнера Гетеанум, и с этого момента зодчие всего мира взяли бионику на «вооружение».

Со времен Гетеанума и до сегодняшних дней в бионическом стиле было построено большое количество как отдельно взятых зданий, так и целых городов. Сегодня современное воплощение органической архитектуры можно наблюдать в Шанхае - дом «Кипарис», в Нидерландах - здание правления NMB Bank, Австралии - здание Сиднейской оперы, Монреале - здание Всемирного выставочного комплекса, Японии - небоскреб SONY и музей плодов.

С недавнего времени бионическую архитектуру можно увидеть и в России. В 2003 году в Санкт-Петербурге по проектам архитектора Бориса Левинзона были построен «Дом Дельфин» и оформлен холл известной клиники «Меди-Эстетик».

Восприятие бионического пространства.

Что же такое сооружение в бионическом стиле?

Если вспомнить дизайн домов хоббитов в фильме «Властелин колец», то в некоторой степени можно сказать, что эти дома построены по всем законам бионики, но, по правде говоря, режиссер фильма только лишь ограничился элементами органической идеи.

Первое впечатление о здании в бионическом стиле - постройки выбиваются из правильной геометрии. Природные формы объекта будят воображение. В бионике стены подобны живым мембранам. Пластичные и протяженные стены и окна выявляют направленную сверху вниз силу нагрузки и противодействующую ей силу сопротивления материалов. Благодаря ритмической игре меняющихся вогнутых и выпуклых поверхностей стен сооружений кажется, что здание дышит. Здесь стена уже не просто перегородка, она живет подобно организму.

Прав был Великий Антонио Гауди, сказав, что «Архитектор не должен отказываться от красок, а напротив использовать их для придания жизни формам и объемам. Цвет - это дополнение формы и самое яркое проявление жизни». Только представьте, войдя в органическое здание, вы ощущаете себя погруженным в чудесный мир, наполненный светом прозрачного цвета. Цвет создает особый мир интерьера, оживляя и открывая материалы, просвечивающиеся под слоем краски. Цвет живет и движется по своим законам. Создается впечатление, что он влияет на усиление либо ослабление функций здания и пространства.

В бионическом строении благодаря постоянно меняющемуся балансу взаимодействия желаний и пространственных возможностей человек испытывает ощущение движения - в покое, и покоя - в движении пространства. Малейшее движение сдвигает баланс сил, благодаря чему меняется восприятие пространства. Постоянство и изменение, симметрия и асимметрия, защищенная интимность и широкая открытость существуют в хрупком равновесии. И в движении, и в покое всегда присутствует ощущение равновесия.

В своей сущности бионика, как архитектурный стиль, стремится создать такую пространственную среду, которая бы всей своей атмосферой стимулировала именно ту функцию здания, помещения, для которой последние предназначены. В бионическом доме спальня будет спальней, гостиная - гостиной, кухня - кухней.

Рудольф Штайнер говорил: «Духовный аспект создания бионических форм связан с попыткой осознать предназначение

человека. В соответствии с этим архитектура трактуется как «место», где раскрывается смысл человеческого бытия».

Заключение

Прародителем бионики считается Леонардо да Винчи. Его чертежи и схемы летательных аппаратов были основаны на строении крыла птицы. В наше время, по чертежам Леонардо да Винчи неоднократно осуществляли моделирование орнитоопера.

Бионика широко используется в дизайне. Такое использование происходит в двух направлениях - заимствование чисто внешней формы и построение механизмов, сооружений, мебели на основании закономерностей, «подсмотренных» у природы.

Живые системы значительно многообразнее и сложнее технических конструкций. Биологические формы часто не могут быть рассчитаны из-за их необычайной сложности. Мы просто еще не знаем законов их формирования. Тайны структурообразования живых организмов, подробности происходящих в них жизненных процессов, устройство и принципы функционирования можно узнать лишь с помощью самой современной аппаратуры, что не всегда доступно.

Бионика имеет несколько направлений:

- Архитектурно-строительная бионика;
- Нейробионика.

Основным методом биодизайна является метод функциональных аналогий. Применение бионики в системе дизайна будит творческую мысль, заставляет думать, искать, познавать законы природы.

Наиболее продвинувшиеся исследования в бионике - это разработка биологических средств обнаружения, навигации и ориентации; комплекс исследований, связанных с моделированием функций и структур мозга высших животных и человека; создание систем биоэлектрического управления и исследования по проблеме «человек-машина».

Вопросы для повторения:

1. Перечислите основные направления бионики.
2. Приведите примеры использования бионики в дизайне.
3. Приведите примеры приспособления растений и животных используемых человеком в промышленности.

Дополнительная литература для студентов.

1. Биология. Общая биология. 10-11 классы. Базовый уровень. Под ред. Беляева Д. К., Дымшица Г. М. 2012 г., 304 с.
2. Биология. Биологические системы и процессы. 10 класс (профильный уровень) Теремов А. В., Петросова Р. А. 2012 г., 400 с.
3. Биология. 10 класс. Профильный уровень. Пономарева И.Н. и др. 2013 г., 400 с.
4. Биология. 11 класс. Базовый уровень. Пономарева И.Н. и др. 2013 г. 240 с.
5. Биология. Общая биология. 10-11 классы. Профильный уровень. В 2 ч. Под ред. Шумного В. К., Дымшица Г. М. 2012 г., Ч1 303 с, Ч2 287с.

Использованная литература

1. Биология 10-11 класс Бородин П. М., Воронцов Н. Н. и др. Академический школьный. учебник. Просвещение 306 с, 2012 г.
2. Биология. Общая биология. 10–11 классы В.В. Пасечник 2014 г.
3. Биология. Каменский А. А., Пасечник В. В, Криксунов Е. А. 2-е издание Издательство: Дрофа, 2014 г. 368 с.

Учебное издание

Хеззиева Т.П

Биология
учебное пособие

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 27.10.2015 г. Формат 60x84 1/16
Бумага печатная. Усл. п.л. 11,28. Тираж 25 экз. Изд. № 3738.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ