

Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»
Дата и время: 2024-02-21 00:00:00
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»
Новокузнецкий институт (филиал)
Кафедра естественнонаучных дисциплин

Климов А.В.

Теория эволюции

*Методические указания к лабораторным и практическим занятиям по
дисциплине*

для обучающихся по направлению подготовки

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

**Новокузнецк
2020**

УДК 575.82.83.85

ББК 28.02

К42

Климов А.В.

Методические указания к лабораторным и практическим занятиям по дисциплинам «Теория эволюции» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) / А.В. Климов; Новокузнец. ин-т. (фил.) Кемеров. гос. ун-та. – Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2020 - 49с.

В настоящих методических указаниях для студентов-бакалавров направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) представлен теоретический материал и рекомендации по выполнению лабораторных и практических занятий.

Рекомендовано
на заседании кафедры
естественнонаучных дисциплин
27 августа 2020г.

и.о. заведующего кафедрой
А.Г. Жукова



Утверждено
методической комиссией факультета
физической культуры, естествознания и
природопользования
« 05 » октября 2020г.

Председатель комиссии



Н.Т. Егорова

УДК 611.7

ББК 28.02

К42

© Климов А.В.

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Кемеровский государственный
университет»

Новокузнецкий институт (филиал), 2020

Текст представлен в авторской редакции

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка	4
Занятие 1. Доказательства эволюции	5
Занятие 2. Додарвиновский период развития биологии. Ранние эволюционные представления.....	11
Занятие 3. Эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка	18
Занятие 4. Эволюционное учение Ч. Дарвина	21
Занятие 5. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе	26
Занятие 6. Синтетическая теория эволюции. Движущие силы эволюции.....	30
Занятие 7. Популяция. Внутрипопуляционная изменчивость.....	31
Занятие 8. Биологический вид. Видообразование	35
Занятие 9. Сравнительная характеристика видов различных систематических групп..	43
Занятие 10. Приспособленность организмов к среде обитания и ее относительный характер	45
Вопросы к экзамену	47
Список литературы	49

Пояснительная записка

Методические указания по изучению дисциплины «Теория эволюции» подготовлены на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, в соответствии с учебными планами направлений подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» и рабочей учебной программы по предмету.

Профессиональная подготовка по учебной дисциплине «Теория эволюции» предполагает усвоение обучающимися сведений с учетом новых педагогических тенденций, обозначившихся в последнее время в сфере образования. При отборе материала учитывается, что эволюционное образование является элементом общей культуры и одной из составляющих подготовки будущего учителя биологии. Содержательное наполнение дисциплины направлено на формирование научного мировоззрения и создание единой научной картины окружающего органического мира; обусловлено кругом задач, которые рассматриваются в дисциплинах естественно - научного цикла, и необходимостью установления внутриспредметных и междисциплинарных связей общебиологических дисциплин. Эволюционная теория является теоретической базой биологии, так как она объясняет основные особенности, закономерности и пути развития органического мира, позволяет понять причину единства и огромного многообразия органического мира, выяснять исторические связи между разными формами жизни и предвидеть их развитие в будущем. Эволюционная теория обобщает данные многих биологических наук, позволяет понять механизмы и направления изменчивости живой материи. Она имеет важное значение для практики сельского хозяйства, селекции, охраны окружающей среды. Именно теория эволюции дает возможность понять оптимальную стратегию взаимоотношения человека и окружающей живой природы, позволяет ставить вопрос о разработке принципов управляемой эволюции.

Целью предмета является дать систематизированное представление об истории развития живой природы Земли. В ходе освоения курса студенты узнают о философских, методологических и естественнонаучных предпосылках возникновения эволюционной теории. Они знакомятся с содержанием, достоинствами и недостатками существующих на сегодняшний день эволюционных концепций. К задачам курса относятся также освоение современных представлений о видообразовании, макроэволюции и антропогенезе, а также изучение проблем и перспектив развития эволюционной теории.

Настоящий практикум составлен на основе рабочей программы по теории эволюции для студентов, обучающихся по профилям «География и Биология», «Биология и Химия», направлен на оказание помощи студентам и преподавателям в организации и обеспечении наиболее рационального унифицированного подхода к изучению и преподаванию дисциплины.

В учебном пособии представлены методические разработки для студентов, содержащие материалы по организации учебной деятельности студентов. Отражена цель обучения, перечень необходимых знаний и умений. Каждая методическая разработка содержит подробный перечень контрольных вопросов по узловым моментам, которые студент должен усвоить в процессе подготовки и проведения занятия по данной теме. Разделы завершаются подробным перечнем вопросов к экзамену для контроля уровня усвоения предлагаемой информации. В конце пособия дан список рекомендуемой литературы.

Занятие 1. ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Работа 1. Палеонтологические методы

К палеонтологическим методам доказательства эволюции относятся филогенетические (палеонтологические) ряды ископаемых форм и ископаемые переходные формы.

Ход работы:

1. Для признания идеи эволюции большое значение имеют палеонтологические доказательства. Почему на основе данных только палеонтологии нельзя составить полную картину эволюции органического мира? Ответить письменно в тетради.

2. Перечислите основные роды ископаемых лошадей от *Hyracotherium* до лошади Пржевальского (рис. 1), укажите их биотоп, рост, количество пальцев, характер питания и зубов. Ответ оформить в виде таблицы.

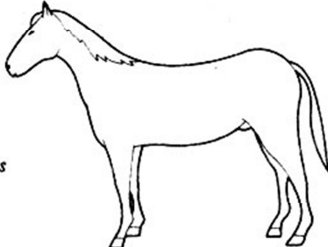
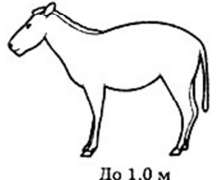
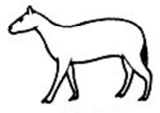
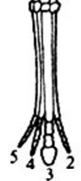
Эпоха и возраст ее древнейших горных пород	Род	Внешний вид и рост (от холки до земли)	Кости правой передней ноги	Образ жизни, климат и изменения строения тела
Плейстоцен $1 \cdot 10^6$ лет	<i>Equus</i>	 До 1,6 м		Адаптированы к жизни в сухих степях. Очень быстро бегают. Пястные и плюсневые кости удлинены. Расширенная 3-я фаланга покрыта роговым копытом (видоизмененный коготь). Зубы с широкой жевательной поверхностью. Под стирающимся цементом обнажается эмаль. Ложнокоренные замещены коренными. Животное перетирает пищу
Плиоцен $7 \cdot 10^6$ лет	<i>Pliohippus</i>	 1,0 м		Все больше полагается на быстроту бега. Второй и четвертый пальцы сильно редуцированы. Утолщение пястных и плюсневых костей для большей устойчивости. На 3-й фаланге образуется копыто. Зубы с высокой коронкой — для питания травой
Миоцен $26 \cdot 10^6$ лет	<i>Meryhippus</i>	 До 1,0 м		Очень сухая среда — прерии. Быстрота бега становится важнее. Редукция 2-го и 4-го пальцев. При беге опора на 3-й палец. Удлинение оставшихся пястных и плюсневых костей. Удлинение зубов, развитие цемента на коронках
Олигоцен $38 \cdot 10^6$ лет	<i>Mesohippus</i>	 До 0,6 м		Сухая среда — леса и прерии. Быстрота передвижения важна для бегства от врагов. Хорошо различимы только три пальца. Третий палец сильно утолщен
Эоцен $54 \cdot 10^6$ лет	<i>Hyracotherium</i>	 Примерно 0,4 м	 Пястные кости (с номерами соответствующих)	Размером с лисицу. Жил на мягкой почве вблизи рек. По четыре пальца на передних и по три на задних ногах. Коренные зубы с низкими коронками, адаптированные к тому, чтобы щипать мягкую траву

Рис. 1. Эволюция предков современной лошади

3. Палеонтолог В. О. Ковалевский по ископаемым остаткам реконструировал предков современной лошади. Как в процессе эволюции изменялся облик лошади. Почему это произошло? Ответить письменно в тетради.

4. В земной коре сохраняются ископаемые остатки древних организмов в виде отпечатков, окаменелостей. Каким образом, как возникают окаменелости? Что остаётся от живших ранее животных и растений? Ответить письменно в тетради.

5. Остатки раковин древних моллюсков находят на суше. О чем свидетельствуют эти находки? Можно ли по ископаемым остаткам определить физико-географические и климатические условия прошлых эпох. Ответить письменно в тетради.

6. В качестве палеонтологического доказательства эволюции можно рассматривать находки:

- а. мамонта
- б. гигантского носорога индрикотерия
- в. трехпалых лошадей
- г. саблезубого тигра

Работа 2. Сравнительно-анатомические доказательства эволюции

Все организмы имеют **клеточное строение** (открытие клеточного строения живых организмов - одно из веских доказательств единства органического мира).

- **общий план строения** свидетельствует о родстве той или иной крупной группы живых организмов; например, для позвоночных животных характерны двусторонняя симметрия тела, полость тела, позвоночник, две пары конечностей, череп, головной и спинной мозг, передние конечности единого плана имеют плечо, предплечье и кисть, задние бедро, голень и стопу, и пр.;

- **наличие гомологичных и аналогичных органов**
- **наличие рудиментов и атавизмов**

Гомологичные и аналогичные органы

Этот метод основан на установлении сходства в строении современных организмов различных систематических групп. Органы, соответствующие друг другу по строению и происхождению, но выполняющие разные функции, называют гомологичными. Видоизменения органов, имеющих общее происхождение в связи с приспособлением к среде обитания, объясняется дивергенцией и параллелизмом.

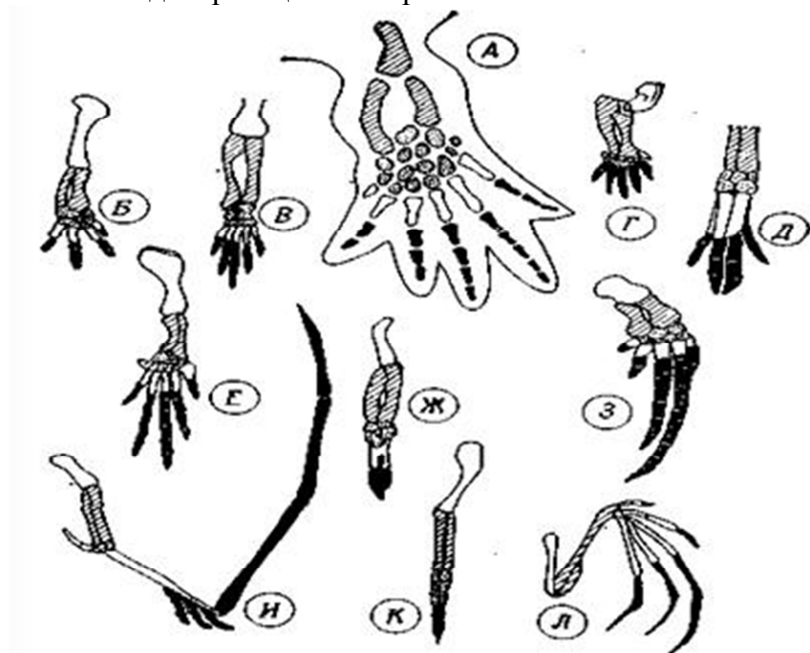


Рис. 2. Гомологичные органы. Гомология конечностей четвероногих, установленная на основе гомотопии. А. Основной план строения конечности четвероногого. Б–Д. Животные с земноводным или наземным образом жизни: Б – саламандра, В – крокодил, Г – крот, Д – свинья. Е–З. Плавающие животные: Е – морская черепаха, Ж – пингвин, З – кит. И–Л. Летающие животные: И – летающий ящер, К – птица, Л – летучая мышь. (По Steiner, Remane et al)

Не всегда сходство органов свидетельствует об их родстве. Органы, имеющие внешнее сходство, вызванное сходными приспособлениями к сходным условиям жизни, но различное строение, называют аналогичными. Аналогичные органы возникли в результате конвергенции - схождения признаков и не свидетельствуют о родстве между организмами.

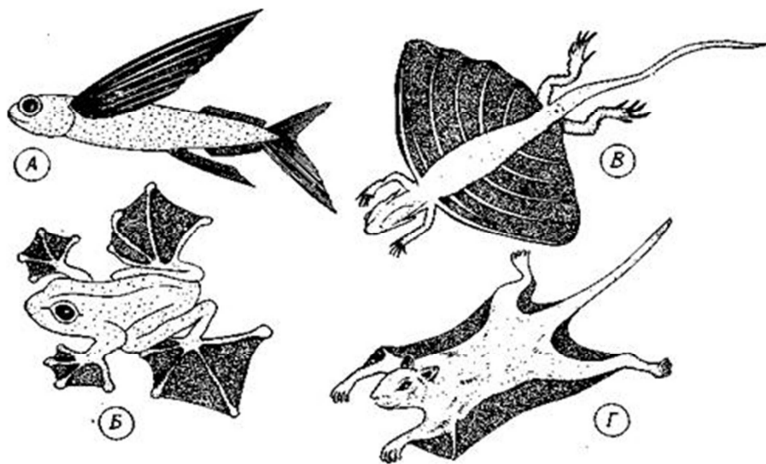


Рис. 3. Конвергенция. Развитие органов парения у парящих позвоночных. А – летучая рыба; Б – летающая лягушка; В – летающая агама; Г – белка-летяга. (Boker)

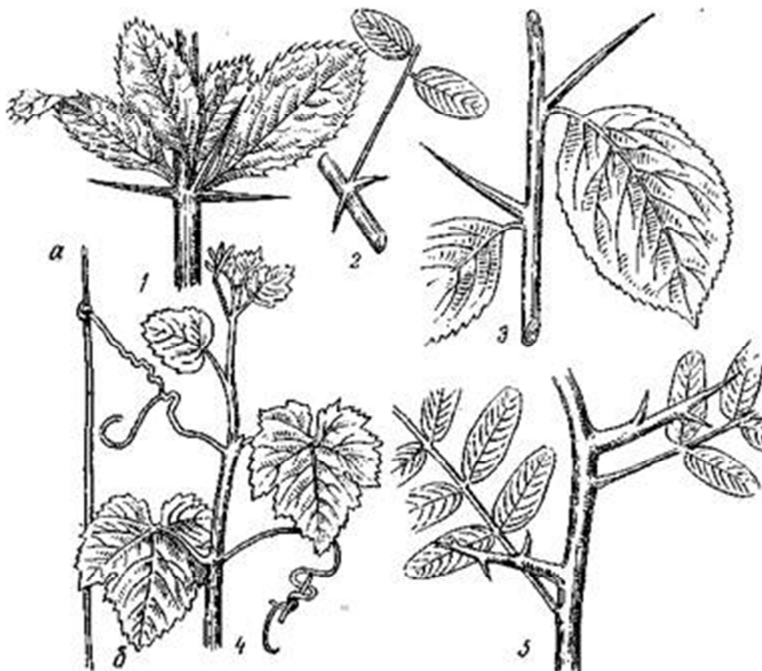


Рис. 4. Аналогичные (а) и гомологичные (б) органы: 1 – колючки листового происхождения у барбариса; 2 – колючки из прилистников у белой акации; 3 – колючки побегового происхождения у боярышника; 4 – усики винограда; 5 – колючки гледичии

Рудименты и атавизмы

Любой ныне живущий сложный организм – продукт длительной эволюции, и этот процесс ничуть не похож на строительство по заданным чертежам. Это был путь проб и ошибок, но не управляемый волей, а опирающийся на случайные изменения в геноме и естественный отбор, который не раз приводил не к развитию, а к тупику и вымиранию. Свидетельством этому – разнообразные следы, которые эволюционный процесс оставил в организме человека и других живых существ.

Речь идет об атавизмах и рудиментах – эти понятия часто соседствуют друг с другом, иногда вызывают путаницу и имеют разную природу. Простейший и, наверно, самый известный пример, в котором соседствуют оба понятия, относится к, так сказать, нижней части человеческого тела. Копчик, окончание позвоночника, в котором срослись несколько позвонков, признан рудиментарным. Это рудимент хвоста. Хвост, как известно, есть у многих позвоночных, но нам, *Homo sapiens*, он вроде бы и ни к чему. Т.е. рудименты – это органы, которые были развиты у предков, но затем утратили первоначальное значение и в жизнедеятельности не принимают или почти не принимают участия.

Однако природа зачем-то сохранила человеку остаток этого некогда функционального органа. Младенцы с настоящим хвостом крайне редко, но все же рождаются. Иногда это просто выступ, наполненный жировой тканью, порой хвост содержит в себе преобразованные позвонки, и его обладатель даже способен шевелить своим нежданым приобретением. В данном случае можно говорить об атавизме, о проявлении в фенотипе органа, который был у далеких предков, но отсутствовал у ближайших. Следовательно, атавизм – это чрезмерное развитие или появление признаков, присутствовавших у предков, но исчезнувших у современных представителей группы.

Итак, рудимент – норма, атавизм – отклонение. Живые существа с атавистическими отклонениями выглядят порой пугающе и в силу этого, а также по причине редкости явления вызывают большой интерес со стороны широкой публики. Но еще больше атавизмами интересуются ученые-эволюционисты, и именно потому, что эти «уродства» дают интересные подсказки по истории жизни на Земле.

Ход работы:

1. Используя рисунки 2-4, заполнить таблицу 2.
2. Укажите, какие из признаков являются атавизмами, а какие рудиментами у современного человека, ответ обоснуйте: многососковость, хвост, ушные мышцы, аппендикс, чрезмерное оволосение, копчиковые позвонки, волосяной покров на теле.

Таблица 2

Аналогичные и гомологичные органы

Признаки	Гомологичные органы	Аналогичные органы
Строение		
Происхождение		
Функции		
Пути возникновения		
Примеры у растений		
Примеры у животных		

Работа 3. Эмбриологические доказательства

В пользу эволюции органического мира говорят данные эмбриологии. Эмбриологами было обнаружено и изучено сходство начальных стадий эмбрионального развития животных. Все многоклеточные животные развиваются из одной

оплодотворенной яйцеклетки. В процессе индивидуального развития они проходят стадии дробления, бластулы, гаструлы, образования трехслойного зародыша, формирования органов из зародышевых листков. Сходство зародышевого развития животных свидетельствует о единстве их происхождения.

В эмбриональном развитии организмов проявляются признаки, которых во взрослом состоянии нет — это признаки эволюционных предков.

- все организмы начинают развитие с одноклеточной стадии (зиготы);
- двухслойный зародыш (гаструла) соответствует кишечнополостным.

Закон зародышевого сходства Карла Бэра

Сопоставляя стадии развития зародышей разных видов и классов хордовых, К. Бэр сделал следующие выводы:

- наиболее общие признаки любой крупной группы животных появляются у зародыша раньше, чем менее общие признаки;
- после формирования самых общих признаков появляются менее общие, и так до появления особых признаков, свойственных данной группе;
- зародыш любого вида животных по мере развития становится все менее похожим на зародышей других видов и не проходит через поздние стадии их развития;
- зародыш высокоорганизованного вида может обладать сходством с зародышем более примитивного вида, но никогда не бывает похож на взрослую форму этого вида.

К. Бэр, не будучи эволюционистом, не мог связывать открытые им закономерности индивидуального развития с развитием вида (филогенеза). Поэтому сделанные им обобщения имели значение не более чем эмпирических правил. Вскоре после открытия закона зародышевого сходства Ч. Дарвин показал, что этот закон свидетельствует об общности происхождения и единства начальных этапов эволюции в пределах типа. На основе зародышевого сходства в развитии позвоночных и многих других эмбриологических и анатомических фактов немецкие ученые Ф. Мюллер и Э. Геккель во второй половине XIX в. установили закон соотношения онтогенеза и филогенеза, который получил название биогенетического закона: онтогенез является кратким повторением филогенеза, т.е. каждая особь в индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез).

В ходе онтогенеза воспроизводятся, безусловно, не все этапы эволюции, которая совершалась на протяжении тысяч и миллионов лет. Повторение стадий исторического развития вида в зародыше происходит в сжатой форме, с выпадением ряда этапов. Кроме того, эмбрионы имеют сходство не со взрослыми формами предков, а с их зародышами. Вместе с тем биогенетический закон, выражающий глубокую связь между онтогенезом и филогенезом, имел большое значение для выяснения родственных связей между организмами и для доказательства эволюции органического мира.

Ход работы:

1. Какие признаки эмбрионального развития являются признаками эволюционных предков и почему?
2. Поясните термины «онтогенез», «филогенез», «эмбриогенез»
2. В чем сущность биогенетического закона (закон Геккеля-Мюллера). Поясните этот закон.
3. В качестве эмбриологического доказательства эволюции можно рассматривать:
 - а. живорождение у шакала
 - б. сквозной кишечник у аскариды
 - в. зачатки зубов у зародышей некоторых птиц
 - г. нахождение текодонт в триасовых слоях

Работа 4. Биогеографические доказательства эволюции

Сравнение флоры и фауны. Накопленные материалы о своеобразии, сходстве и различиях растительного и животного мира материков и отдельных областей позволили А. Уоллису выделить шесть зоогеографических областей (царств):

- Палеоарктическая (Европа, Северная Африка, Северная и Средняя Азия, Япония);
- Неоарктическая (Северная Америка);
- Эфиопская (Африка к югу от пустыни Сахара);
- Индомалайская (Южная Азия и Малайский архипелаг);
- Неотропическая (Южная и Центральная Америка);
- Австралийская (Австралия, Новая Гвинея, Новая Зеландия, Тасмания, Соломоновы острова. Новая Каледония).

Чем теснее связь континентов, тем более родственные формы там обитают, чем древнее изоляция частей света друг от друга, тем больше различия между их населением.

1. В Северной Америке и Евразии выявлено сходство фауны: на обоих материках обитают медведи, в Америке жили бизоны, а в Евразии живут зубры. Австралия отличается удивительным своеобразием фауны. Как использовать эти сведения для доказательства эволюции органического мира?

2. Укажите степень схождения и причины различий

- между Палеоарктическим и Неоарктическим царствами
- между Неоарктическим и Неотропическим царствами
- между Палеоарктическим и Австралийскими царствами
- между Австралийским и Неотропическим царствами

Работа 5. Молекулярно-генетические доказательства

Реконструкция истории жизни на основе молекулярных данных показывает, что вся земная жизнь представляет собой единое филогенетическое древо и все современные виды связаны неразрывными нитями родства. Используя ДНК, мы можем проанализировать сходство и различия между генами, давно вымерших видов в ископаемых останках и современных организмов.

Исходя из данных такого анализа, все живые организмы имеют одинаковые механизмы записи, передачи и считывания наследственной информации:

- 1) записывание в последовательности нуклеотидов ДНК (РНК у некоторых вирусов);
- 2) передача из поколения в поколение благодаря механизму репликации;
- 3) транскрипция в последовательность нуклеотидов и-РНК;
- 4) трансляция в последовательность аминокислот в белках с использованием одного и того же генетического кода.

Это свидетельствует о том, что все ныне живущие на Земле организмы происходят от одного общего предка.

В геноме каждого вида записана генетическая история, летопись его эволюции. Сравнение генов разных видов дает ключ к построению единой родословной всего живого на Земле.

В большинстве случаев гены передавались без изменений, но изредка возникали случайные изменения – мутации. Многие мутации представляют собой замены одних нуклеотидов на другие. Мутации возникают во время репликации ДНК, следовательно, чем больше поколений прошло со времени дивергенции двух видов от общего предка, тем больше случайных замен нуклеотидов может накопиться в геномах следующих поколений. Соответственно, тем больше аминокислот отличают один и тот же белок у этих видов. Общий предок человека и мартишки существовал более 30 млн. лет назад, а общий предок человека и кошки — более 80 млн. лет назад.

Ход работы:

1. Какие молекулярно-генетические факторы свидетельствуют о единстве жизни на Земле? Ответить письменно в тетради.

ВЫВОДЫ:

1. Какие доказательства свидетельствуют об эволюции живых организмов?
2. В чём причины сходства ранних стадий эмбрионального развития животных?
3. Как объяснить факты сходства и различия животного и растительного мира материков?
4. О чём свидетельствует:
 - а) сходная организация молекулярных процессов у всех организмов на Земле?
 - б) наличие промежуточных форм и рудиментарных органов?

Занятие 2. ДОДАРВИНОВСКИЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ. РАННИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Теоретическое введение.

1. **Развитие представлений о природе в древнейших государствах с 4 по 1 тысячелетие до н.э.** Важнейшими центрами возникновения и развития научных знаний в указанный период являются цивилизации Месопотамии и Древнего Египта, а также хоть и возникшие немного позднее, но сыгравшие значительную роль в Древней Индии и Китае. В этот период было введено в обиход большинство домашних животных и культурных растений. От охоты и собирательства к животноводству и растениеводству. Произошел переход от бессознательного отбора к сознательному (рис. 5). Появились зачатки медицины и зародились начала наук. Человек стал искать ответ на вопрос о происхождении жизни и возникновении самого себя, что оформилось в двух направлениях: 1. Креационизм и катастрофизм, зародившиеся вероятно в Месопотамии и 2. Трансформизм – учение получившие широкое распространение в цивилизациях Древнего Востока.



Рис. 5. Искусственное опыление цветков финиковой пальмы жрецами в птичьих масках. Ассирийский рельеф (883-853 гг. до н.э.).

Креационизм – (от лат. *creatio* – творение), религиозно-философское учение, основывающееся на признании происхождения мира через творение всемогущим Творцом (-и).

Трансформизм (от лат. *transformo* – преобразую, превращаю) – естественно-научная и философская концепция об изменемости органического мира, предшествовавшая эволюционному учению. Трансформисты считали, что под влиянием изменений внешней среды из одних видов растений и животных развиваются другие виды.

Жесткого противопоставление этих идей не существовало и творение допускало изменение и наоборот.

2. Античная Греция и Древний Рим

Биологическая эволюция — это необратимое направленное историческое развитие живой природы. Иными словами, под биологической эволюцией следует понимать процесс приспособительного исторического развития живых форм на всех уровнях организации живого.

Первые, часто наивные и экспериментально неподтвержденные эволюционные теории существовали еще в античном мире. Догадки о естественном развитии органического мира можно обнаружить в трудах древнегреческих философов. Например, **Гераклит** утверждал, что «этот мир, один и тот же для всех, не создан никем из богов и никем из людей»; при этом развитие мира обусловлено взаимными превращениями первоэлементов — огня и воды. **Фалес** считал, что все живое возникло из воды; **Анаксимандр** предполагал, что жизнь возникла из воды и земли под воздействием тепла; **Анаксимен** утверждал, что человек и животные произошли из земной слизи; **Демокрит** учил, что живые организмы возникли за счет перекombинаций атомов.

Древнегреческий философ **Эмпедокл** (490–430 гг. до н. э.) создал *теорию мифогенной эволюции*. Появление органических существ Эмпедокл представлял себе как дело случая: «члены соединялись, когда случай произошел», хотя многие из случайных соединений — «головы без шеи и туловища», «глаза без лица», «человеческие тела с головами волков» — не сохраняются. Такое понимание, а также утверждение, что менее совершенные существа были до того, как появились более совершенные (от растений до животных), было как бы предвосхищением теории отбора и эволюции. Отмечая в своих работах, что «волосы, грубые перья птиц, чешуя, растущие на различных особях, — одно и то же», Эмпедокл выразил те идеи, на которых много веков спустя была построена сравнительная морфология.

Аристотель (384 гг. до н.э.) по праву считается «отцом зоологии». Он изучал не только видовое разнообразие животных, их внешний облик, повадки, но и достаточно детально исследовал внутреннее строение животного организма. При этом он анатомировал животных. Итогом многоаспектных исследований явилось открытие третьего века у птиц, рудиментарных глаз у крота, звуковых органов у сверчка. Тщательно изучал Аристотель развитие зародышей. Им лично описано более 500 видов животных, создана первая в мире классификация животных.

Аристотель дал первое определение жизни, понимая под ней «всякое питание, рост и упадок тела, имеющие основания в нем самом». Ученый впервые выдвинул принцип «лестницы существ», в соответствии, с которым представители различных систематических групп животных выстроены в порядке возрастания сложности. На самой верхней ступени этой лестницы находится человек, несколько ниже — «живородящие» (т.е. млекопитающие), а на самой нижней ступени находятся «черепокожие» (т.е. брюхоногие и двусторчатые моллюски).

Прогрессивные взгляды Аристотеля намного опередили свое время, однако и он не смог избежать некоторых наивных представлений о живой природе. В этом проявилось влияние на личность той эпохи, в которой она существует.

Аристотель считал, что рыбы и моллюски могут самозарождаться (*гипотеза самозарождения*) из морского ила, а черви — из гниющего вещества. Он также был сторонником идеи «изначальной целесообразности», якобы присущей всем живым существам.

Физиологический эксперимент на живых подопытных животных ввел в практику биологического познания **Гален** (130 — 200 гг.). Именно он впервые и достаточно убедительно для того времени доказал роль нервов как проводников неких сигналов, идущих к рабочим органам. В его исследованиях были установлены функции спинного и головного мозга.

Галену удалось доказать ошибочность некоторых существовавших в то время представлений о жизнедеятельности живых организмов. Именно он развеял миф о том,

что артерии якобы служат для проведения воздуха внутри организма. В то же время Гален ошибочно полагал, что вены и артерии – это две независимые системы, а сердце человека – это смеситель артериальной и венозной крови.

За тысячелетний период развития античная цивилизация дала миру такие важнейшие естественнонаучные идеи как:

1. материальность мира;
2. естественность происхождения жизни на Земле;
3. возможность трансформации одних форм в другие;
4. аристотелеву идею «лестницы существ», т.е. существование градацией форм от высших к низшим;
5. представления о целостности организма и о существовании коррелятивных связей органов и их частей друг с другом;
6. усложнение организации в процессе индивидуального развития зародыша и приобретение на поздних этапах его развития видоспецифических черт.

3. Особенности средневековых воззрений на природу

Европейским Средневековьем условно называют исторический период с V по XV в., который характеризовался, в первую очередь, феодальной раздробленностью в административно-политическом отношении. В результате господствовало натуральное хозяйство, хозяйственные и культурные связи между отдельными регионами были сведены к минимуму. Для повседневных нужд средневекового крестьянина было достаточно знание нескольких десятков видов растений и животных. Таким образом, для обозначения каждого вида было достаточно одного слова в национальном языке (кошка, собака, коза); а в некоторых случаях даже разные половозрастные группы одного вида назывались разными словами (свинья, кабан и поросенок; овца, баран и ягненок; корова, бык и теленок). Однако, по выражению братьев Стругацких, чувственно-осознаваемый мир средневекового европейца простирался лишь до околицы его деревни (фантастический роман «Трудно быть богом»). Дальше начинался фантастический мир, населенный вымышленными чудовищами

Ограниченность чувственного опыта сочеталась с насаждением церковью религиозно-догматического мышления, объективно-идеалистического мировоззрения и соответствующего образного, символично-мистического мировосприятия. Природа рассматривалась как «книга, написанная перстом Божиим» («Зеркало природы», Венсан де Бове, XIII в.). Широко были распространены «Шестодневны» – книги, в которых излагалась библейская легенда о шести днях творения. Примером образного мышления служит объединение в одну группу птиц, летучих мышей и насекомых, поскольку все эти существа способны к полету. Символическое видение мира выражалось в приписывании отдельным видам мистических атрибутов: виноградная лоза, агнец и единорог – символы Христа; голубь – символ Святого Духа; дракон, змей и медведь – символы дьявола и т.д.

На взгляды средневековых европейских натурфилософов большое влияние оказывали работы античных авторов: Платона и Аристотеля. Например, растение рассматривалось как несовершенное животное. В средние века были популярны труды арабских врачей-естествоиспытателей: Авиценны (Ибн-Сина) и Аверроэса (Ибн-Рушд).

В подобных условиях живая природа изучалась лишь с прагматической точки зрения. Например, дикорастущие растения часто изучались как источники ядов и лекарственных препаратов. Иногда растениям приписывались фантастические свойства (сон-трава, одолень-трава, разрыв-трава, ключ-трава...). При описании растений большое внимание уделялось сигнатурам – сигналам, указывающим на те, или иные свойства; например, считалось, что растения с желтыми цветками помогают при болезнях печени, а растения с красными цветками – при заболеваниях крови. Люди, изучавшие свойства растений, постоянно рисковали попасть в категорию «колдунов и ведьм» с вытекающими последствиями. Однако накопленный ими опыт лег в основу многочисленных сочинений

по фитотерапии – «травников». В XVI в. широкое распространение получило составление гербариев.

4. Описательный период в биологии

Описательный период в биологии охватывает промежуток времени с конца XVI до конца XVII в. Этот период характеризуется всеобщей революцией в культуре, идеологии и естествознании. Период феодальной раздробленности сменяется эпохой Великих географических открытий, которые познакомили европейцев с образцами «заморской» флоры и фауны, которые нужно было использовать в промышленности и сельском хозяйстве. Средневековые установки на геоцентризм, антропоцентризм и антропоморфизм сменяются представлениями о множественности миров. Объективно-идеалистическое мировоззрение сменяется стихийно-материалистическим. Догматизм сменяется верой во всемогущество чувственного опыта. Например, Лондонское Королевское общество избирает своим девизом слова «Ничему не верить на слово» («Nullius in verba»), а флорентийская Академия – «Проверять и снова проверять» («Provare e riprovare»).

Расцвет науки и искусства наступил в эпоху Возрождения. Интересно, что эти две сферы человеческого самовыражения тесно переплетаются друг с другом. История знает немало примеров, когда талантливая или гениальная личности удивительно продуктивно творит и в области науки, и в области искусства. Ярким примером такой личности является **Леонардо да Винчи** (1452–1519). Мы знаем его как гениального художника, его вклад в развитие естественных наук известен большинству людей в гораздо меньшей степени. Леонардо да Винчи впервые и с присущей ему гениальностью сделал точные изображения мускулов, костей, кровеносных сосудов человеческого тела. По существу, это был первый профессионально выполненный атлас анатомии человека. Продолжительное время после смерти Леонардо, выполненные им иллюстрации частей человеческого тела, с успехом использовались, для обучения врачей и будущих ученых, и даже в наше время они имеют не только чисто исторический интерес. Удивительное многообразие и глубина интересов и склонностей Леонардо да Винчи позволили ему открыть явление гомологии у животных (гомологичны, например, крыло птицы и плавник кита), перистальтику кишечника, достаточно глубоко для того времени исследовать функции отдельных частей нервной системы, правильно понять сущность обмена веществ у организма. Он был одним из первых палеонтологов и считал, что Земля изменяется под действием геологических процессов. Дальнейшее развитие естественнонаучных представлений связано с именем **Андреаса Везалия** (1514–1567) в Брюсселе. Итогом его научного труда явился выход в 1543 г. семи книг под общим названием “О строении человеческого тела”. Андреас Везалий получил фундаментальное медицинское образование в Париже. Он длительное время вскрывал и тщательно изучал человеческие трупы, принесенные с кладбищ. Именно он впервые обнаружил клапаны на стенках вен человека, а также исправил около 200 ошибок, в свое время допущенные Галеном. Признание заслуг Везалия коллегами пришло быстро: уже в возрасте 23 лет он был удостоен докторской степени и кафедры, читал лекции в качестве профессора хирургии. Свои лекции он сопровождал вскрытиями, гармонично сочетая при этом теоретические и практические аспекты медицины. Андреас Везалий создал таблицы по анатомии человека, а также впервые изготовил полный его скелет, скрепив кости проволокой. Выдающиеся заслуги Везалия позволяют признать его основоположником современной анатомии. Английский врач **Уильям Гарвей** (1578–1657) выпустил книгу “Исследование о движении сердца и крови у животных” (1628). Заслугой Гарвея, в частности, является то, что именно он экспериментально доказал наличие замкнутого круга кровообращения у человека, частями которого являются артерии и вены, а сердце – насосом. Уильям Гарвей впервые серьезно применил математику в биологии. Он вычислил количество крови, проходящее через сердце за один час. Получилась величина, сравнимая с весом человека. В конце

жизни Гарвей был признан всеми врачами, в том числе даже своими первоначальными критиками и врагами

Проблема самозарождения жизни и возможности неограниченной изменчивости видов. В процессе становления стихийно-материалистического мировоззрения часто использовалось простое отрицание религиозно-догматических взглядов. Например, догма о божественном творении органического мира заменялась представлением о самозарождении высших организмов из неживой материи (лягушки – из тины болотной, мыши – из грязных тряпок и заплесневелого зерна, мокрицы – из влажных гниющих остатков). Подобные взгляды разделяли Рене Декарт, Эразм Дарвин (дед Ч. Дарвина) и другие известные естествоиспытатели. В то же время самозарождение высших форм жизни не было доказано. Более того, итальянский врач и естествоиспытатель **Франческо Реди** (1668) точными опытами доказал, что личинки мух не зарождаются в гниющем мясе (дохлые змеи, рыбы, угри, телятина), а выводятся из отложенных на него яиц. Однако представления о самозарождении высших форм жизни были широко распространены вплоть до работ Ладзаро Спалланцани с кипячением мясных и растительных отваров (1765) и Луи Пастера (1860), а в околonaучных (или паранаучных) кругах они сохраняются и по сей день. Некоторые трансформисты (Бенуа де Майе) допускали, что в море существуют вечные семена жизни. Из этих семян развиваются морские организмы, которые путем резких трансформаций превращаются в наземных, например, «морские обезьяны» дали начало наземным обезьянам. Возможность резких трансформаций определенного прототипа допускал Э. Ж. Сент-Илер. Другим заблуждением стихийных материалистов было представление о неограниченной изменчивости видов, о быстром превращении одного вида в другой путем трансформации. Допускалось перерождение пшеницы в рожь, а ржи – в костер. Разработка бинарной номенклатуры. Работы К. Баугина. В начале XVII века число описанных видов растений и животных достигло уже нескольких тысяч. Потребовалось придумать название для каждого вида, однако это оказалось невозможным (ни в одном языке мира нет такого количества слов). Поэтому вместо однословных названий-«кличек» стали использоваться многословные названия-«описания»: как выглядит организм, где обитает, чем отличается от близких форм и т.д. – до 10 слов и более. Следует добавить, что описания составлялись на латинском языке. Поэтому такие названия были крайне неудобны для повседневного использования.

Швейцарский ботаник **Каспар Баугин** (конец XVI – начало XVII века) совершил одну из первых попыток использования бинарной номенклатуры при классификации растений. Бинарная номенклатура основывается на представлениях Аристотеля об отношениях «вид – род». Вид – это основная, базовая единица любой классификации. Несколько сходных видов объединяется под общим родовым названием. Бинарная номенклатура удобна для практического использования. Например, каждый человек, не будучи ботаником, знает, что существуют группы растений с родовыми названиями «пшеница», «рожь», «ячмень». К. Баугин изучил и описал около 6000 видов растений. Однако в полной мере применить бинарную номенклатуру он не смог. В некоторых случаях для названия вида использовалось до 4 слов: например, К. Баугин различал Ветреницу альпийскую белую большую и Ветреницу альпийскую белую малую. Ввести бинарную номенклатуру предпринимали и другие ученые, но безуспешно. Одним из препятствий для выделения и различения видов было отсутствие критериев вида.

Разработка критериев вида. Английский естествоиспытатель **Джон Рэй** (1627-1705) впервые поставил вопрос о критериях вида: «Наиболее надежным критерием вида служат те характерные черты, которые проявляются при прорастании из семени... Изменения, происшедшие в индивидах, которые возникли из семени одного и того же растения, следует считать случайными и непригодными для различения видов... Один вид никогда не возникает из семени другого». Таким образом, Дж. Рэй выделил морфологический и репродуктивный критерии вида и отделил индивидуальную изменчивость от таксономических различий. Однако полностью решить вопрос о

критериях вида Дж. Рэй не смог, например, На пример, всех летучих мышей он относил к одному виду. По философским взглядам Дж. Рэй был последовательным теистом, одна из его работ называлась «Мудрость Бога, открывающаяся в его творении». Определение вида в школьном учебнике ботаники В.А. Корчагиной дано по Рэю: «Сходные по строению и жизнедеятельности особи относятся к одному виду, если они дают плодовитое потомство, похожее на родителей».

Развитие методов биологического исследования тесно связано с историей изучения клеточного строения организмов и в первую очередь – с развитием микроскопической техники. Первый, кто понял и оценил огромное значение микроскопа, был английский физик и ботаник **Роберт Гук** (1635–1703). Именно он впервые применил микроскоп для исследования растительных и животных тканей. Изучая срез, приготовленный из пробки и сердцевины бузины, Роберт Гук заметил, что в их состав входит множество мелких образований, похожих по форме на ячейки пчелиных сот. Это были клетки растительного организма (точнее – оболочки растительных клеток). Микроскоп, усовершенствованный знаменитым голландским исследователем **Антони ван Левенгуком** (1632–1723), позволил увидеть живые клетки при увеличении в 270 раз. Левенгук впервые рассмотрел эритроциты и сперматозоиды, обнаружил в капле воды разнообразных простейших животных, многих из них он зарисовал с натуры”.

Окончательное становление систематики происходит после выхода в свет классических работ знаменитого шведского ученого **Карла Линнея** (1707-1778), а именно «Системы природы» и «Философии ботаники». В них были сведены основные принципы, разработанные К. Линнеем для классификации животных и растений. Линней окончательно ввел в систематику унифицированную бинарную (двойную) номенклатуру, которая состояла из двух слов. Первое слово означало название рода, второе - видовое название. За основу в классификации растений было взято строение цветка (количество тычинок). Всего Линней выделил 24 класса растений и 6 классов животных. Кроме того он разработал систему описания – четкие критерии, что существенно облегчило систематизацию. Но ради справедливости следует сказать, что предложенная Линнеем классификация была искусственной. Он часто брал не комплекс признаков. А всего один. Это приводило к тому, что он объединял в одну группу растения, которые не имели ничего общего. Например, морковь объединил со смородиной (пять тычинок в цветке), а злаковые он отнес к разным классам из-за разного количества тычинок. По своим убеждениям он был креационистом и метафизиком. Он отвергал возможность изменения видов и их количества. Но это не умаляет заслуги Карла Линнея перед наукой. Лучшей оценкой наследия Карла Линнея стали слова К.И. Тимирязева: «Венцом и, вероятно, последним словом подобной классификации была и до сих пор не превзойденная в своей изящной простоте система растительного царства, предложенная Линнеем».

В основу деления животного мира на классы Линней положил особенности кровеносной и дыхательной систем. Всего им было выделено 6 классов: 1) млекопитающие, 2) птицы, 3) амфибии, 4) рыбы, 5) насекомые и 6) черви. Наиболее изученными оказывались позвоночные животные и отчасти членистоногие, т. е. представители двух типов. Остальные же 11 типов современной классификации были помещены в сборный класс под названием «черви». Система Линнея, несмотря на все ее недостатки, имела колоссальное значение, так как обеспечила расцвет систематики благодаря легкости описаний и определений по этой системе она вызывала большой интерес к исследованию растений и животных. Сам Линней уже описал около 10000 видов растений. Спустя несколько десятков лет количество описанных видов растений достигло 100000, т.е. увеличилось в десять раз.

Философская концепция линнеевской системы заключалась в выдвинутом ее автором принципе: «Различных видов столько, сколько различных форм сотворила предвечная сущность».

Вклад в науку К. Линнея.

- Открыл около 1,5 тыс. видов растений.
- Установил универсальность, реальность видов и выделил их главный признак (свободное скрещивание особей одного вида);
- Описал около 10 тыс. видов растений и около 4,5 тыс. видов животных.
- Ввел основные единицы систематики: вид, род, семейство, отряд, класс;
- Ввел удобную бинарную (двойную) номенклатуру вместо употреблявшихся ранее громоздких полиномиальных (т.е. состоящих из многих слов) названий; эта номенклатура употребляется и в наше время.
- Создал систему органического мира, в которой растения были разделены на 24 класса: 23 класса явнотрачных (цветковых) и 1 класс тайнотрачных (голосеменных и споровых). Среди явнотрачных первые 12 классов выделялись только по числу тычинок, к 13-му относились растения, имевшие более двенадцати тычинок, а при отнесении растений к 14—23 классам учитывалось еще и строение андрогнея. У животных были выделены 6 классов (черви, насекомые, гады, рыбы, птицы и млекопитающие);
- Впервые поместил человека в один отряд с обезьянами на основании морфологического сходства.

Работа 1. Развитие биологии и эволюционных идей в додарвиновский период

Цель работы: рассмотреть развитие биологии и эволюционных воззрений в додарвиновский период.

Ход работы:

1. Изучить основные этапы развития биологии в додарвиновский период, заполнить таблицу 3.

Таблица 3

Развитие биологии в додарвиновский период		
Период	Основные деятели и их представления	Итоги периода

ВЫВОДЫ:

1. Что такое эволюционное учение?
2. Эволюционные представления в трудах философов античности.
3. Материалистические и идеалистические взгляды Аристотеля.
4. Кто автор первой классификации животных?
5. Какие особенности метафизического периода?
6. Назовите основные течения метафизического периода.
7. Какие основные идеи креационизма, их суть?
8. Основные черты мировоззрения эпохи Возрождения.
9. Назовите ученых эпохи Возрождения.
10. Почему метафизическое мировоззрение тормозило развитие биологии?
11. Кто автор наиболее совершенной из искусственных классификаций растений и животных?
12. Кто впервые ввел понятие вид?
13. Кто впервые ввел двойное название вида?
14. Кто является автором лестницы существ.
15. Отношение К. Линнея к виду.

Занятие 3. ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ Ж.-Б. ЛАМАРКА

Теоретическое введение.

В начале XIX века французский ученый Жан Батист Ламарк (1744—1829) создал первое учение об эволюции живой природы, которое он изложил в труде «*Философия зоологии*» (1809).

Эволюционная теория Ламарка может быть разделена на две части: учение о градации организмов и учение об изменчивости.

Учение о градации организмов. Ламарк считал, что все живые формы - растения и животные - являются подлинными произведениями природы, т.е. не существовали изначально, а возникли в определенное время. Первые организмы произошли (и происходят ныне) путем самозарождения из тел неорганической природы. Развитие природы началось и всегда начинается с образования простейших живых тел; его ход - от простого - к сложному. Поэтому классификация организмов не может быть произвольной, она должна отражать действительный порядок природы, т.е. отображать процесс развития от низших форм - к высшим. Этот процесс повышения организации носит ступенчатый характер, т.е. образует «лестницу существ». Последовательные ступени усложнения организации организмов Ламарк назвал градациями. Не всем организмам удается достичь эволюционных высот, то есть градации в чистом виде проявляются редко. Вмешательство в эволюцию условий среды приводит к отклонениям от градаций. Наличие в природе наряду с высокоорганизованными низкоорганизованных форм Ламарк объясняет отклонениями от градаций. Отображением процесса развития от низших форм к высшим стала так называемая «лестница существ» Ламарка, являющаяся классификацией органической природы.

Все многообразие животных Ламарк подразделил на 14 классов, которые распределил по 6 градациям. При выделении градаций он учитывал анатомо-физиологические особенности основных систем организма. Ламарк считал, что подобная ступенчатость имеет место и в растительном мире (рисунок 6).



Рис. 6. Лестница существ по Ж.-Б. Ламарку

Суть учения об изменчивости отражают два закона, сформулированные Ламарком.

1 закон упражнения и не упражнения органов: «Постоянное употребление органа ведет к его усиленному развитию, а неупотребление - к ослаблению и исчезновению».

Этот закон можно назвать законом изменчивости, в нем Ламарк акцентирует внимание на том, что степень развития того или иного органа зависит от его функции, интенсивности упражнения, что в большей мере способны изменяться молодые животные, которые еще развиваются. Ученый выступает против метафизического объяснения формы животных как неизменной, созданной для определенной среды. Вместе с тем Ламарк

переоценивает значение функции и считает, что упражнение или не упражнение органа является важным фактором в изменении видов.

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 (рис. 7). Если необходимость в удлинении шеи происходит и потомков, то шея у животных в течение ряда поколений удлиняется очень сильно. Органы могут и 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.

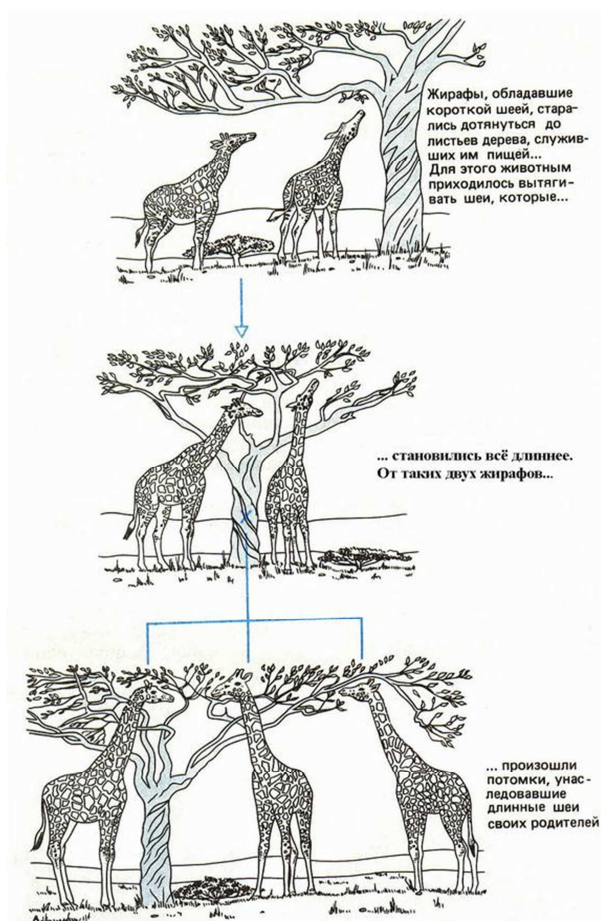


Рис. 7. Эволюция жирафа по Ж.-Б. Ламарку

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.

II закон наследования приобретенных признаков: «Под действием постоянных упражнений или не упражнений органы изменяются, и возникшие изменения наследуются».

Все, что природа заставила особей приобрести или утратить под влиянием условий, в которых с давних пор пребывает их порода, и, следовательно, под влиянием преобладания употребления или неупотребления той или иной части (тела), -

все это природа сохраняет путем размножения у новых особей, которые происходят от первых, при условии, если приобретенные изменения общи обоим полам или тем особям, от которых новые особи произошли.

Таким образом, главными факторами изменчивости Ламарк считал влияние внешней среды и упражнение или не упражнение органов. При этом изменения среды приводят, по Ламарку, к адекватным изменениям организма, которые затем наследуются. Причиной прогрессивных изменений Ламарк идеалистически считал врожденное внутреннее стремление организмов к совершенствованию. Изменчивость представлялась Ламарку ничем не ограниченной, постоянно и непрерывно размывающей границы вида. Поэтому он отрицал реальность существования видов в природе.

Ламарк о происхождении человека. Положения об эволюции органического мира Ламарк распространил и на объяснение происхождения человека от высших «четвероруких обезьян». Он рассматривал человека как часть природы, показал его

анатомо-физиологическое сходство с животными и отметил, что развитие человека подчиняется тем же законам, что и развитие всех других живых существ.

Значение эволюционной теории Ж.-Б. Ламарка

- Первая целостная эволюционная теория об историческом развитии органического мира от простейших форм человека.

- Ламарк подробно проанализировал предпосылки эволюции (изменчивость, наследственность), главные направления эволюции (усложнение организации, т.е. градации классов и многообразие форм внутри класса вследствие изменчивости).

- *Результатами эволюции* Ламарк называл возникновение приспособленностей живых организмов к условиям среды обитания и видообразование. Изменение условий среды вызывает целесообразное реагирование со стороны организма животного, которое проявляется в усиленном употреблении и развитии или неупотреблении и ослаблении того или иного органа. Под действием постоянных упражнений или неупражнений органы изменяются, и возникшие изменения наследуются, то есть ***единицей эволюции*** Ламарк считал ***отдельный организм***.

-Теория показала: изменчивость организмов имеет естественные причины.

- Эта теория позволила разработать первую генеалогическую классификацию животных, т.е. классификацию, построенную на принципах родственности организмов, а не только их сходства.

Ошибки Ламарка:

- Внутреннее стремление организма к прогрессу.

- Приспособленность возникает сразу под действием внешней среды.

- Под влиянием внешних условий возникают только полезные изменения.

- Считал, что видов в природе нет, но в конце жизни признал их существование.

Работа 1. Эволюционные идеи Ж.-Б. Ламарка.

Ход работы:

1. Изучите эволюционную теорию Ж.-Б. Ламарка, сравните его взгляды с идеями К. Линнея, заполнив табл. 4.
2. Согласно теории Ламарка шеи у жирафов вытянулись под воздействием окружающей среды. Этот процесс шёл следующим путём: изменились условия существования, и у жирафов появилась потребность есть что-то другое - не траву. Выработалась новая привычка есть листья с деревьев и.... (продолжите ход рассуждений)
3. Используя законы Ламарка предположите, как объяснял Ламарк явление таких особенностей у животных, как
 - способность кенгуру передвигаться прыжками
 - появление плавательных перепон у уток
 - отсутствие ног у змей
 - редукция глаз у крота
4. Укажите основные положения теории Ламарка
 - Направленная эволюция приводит к.....
 - Движущими силами эволюции могут быть... и...
 - В результате эволюции могут образоваться и....
 - Единицей эволюции является....
5. Попробуйте с позиции теории Ламарка объяснить следующие адаптации:
 - редукция крыльев у насекомых, потерявших способность к полету;
 - целесообразность грушевидной формы яйца кайры (Кайры гнездятся на практически недоступных скалах и утёсах. Самка откладывает яйцо на голые уступы скал. Яйцо имеет грушевидную форму, что не даёт самке нечаянно столкнуть его вниз: оно катится не по прямой линии, а описывает окружность.);

- есть небольшие орхидеи из рода Офрис их цветы настолько похожи на пчел или шмелей, что самцы этих перепончатокрылых пытаются с ними спариваться и в результате опыляют

6. Если Ламарк допустил так много ошибок, то почему он считается одним из величайших учёных?
7. Перечислите основные положительные стороны теории Ж.-Б. Ламарка и перечислите основные отрицательные стороны учения Ламарка.

Таблица 4

Вид и видообразование в трудах К. Линнея и Ж.-Б. Ламарка

Сравниваемые положения	К. Линней	Ж.-Б. Ламарк
Представление о виде		
Возникновение новых видов		
Причины изменчивости и возникновения адаптаций		

ВЫВОДЫ:

1. В чем суть учения Ж. Б. Ламарка?
2. Учение Ламарка о градации.
3. Законы Ламарка.
4. Какое влияние оказало учение Ламарка на работы Т.Д. Лысенко? Какое открытие устранило предмет спора между генетиками и последователями Лысенко и положило конец неоламаркизму?

Занятие 4. ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ Ч. ДАРВИНА

Теоретическое введение

Чарльз Роберт Дарвин родился в 1809 г. Он был сыном состоятельного врача и, подобно многим великим людям, вначале как ученый ничем особенно не выделялся. В университете он обучался сначала на медицинском, потом на богословском факультете и собирался стать священником. В тоже время он проявлял большую склонность к естественным наукам, увлекался геологией, ботаникой и зоологией. В 1831 г. он принял предложение отправиться в качестве натуралиста (без жалованья) в путешествие на военном корабле «Бигль», который уходил на пять лет в море для проведения топографических съемок у восточного побережья Южной Америки. «Бигль» возвратился в Фалмут в октябре 1836 г., проделав путь вдоль берегов Чили, через Галапагосские острова, Таити, Новую Зеландию, Тасманию и Южную Африку. Большую часть этого времени Дарвин занимался геологическими исследованиями; однако во время пятинедельного пребывания на Галапагосских островах его внимание привлекло сходство между флорой и фауной этих островов и материка. Особенно его заинтересовало распространение **черепах** и **выюрков**. Он собрал множество данных об изменчивости организмов, которые убедили его в том, что виды нельзя считать неизменяемыми.

На этих вулканических островах недавнего происхождения Дарвин обнаружил близкие виды выюрков, сходные с материковым видом, но приспособившиеся к разным источникам питания – твердыми семенами, насекомыми, нектаром цветковых растений. Нелепо было бы предполагать, что для каждого вновь возникающего вулканического острова Творец создает свои особые виды животных. Разумней сделать другой вывод: птицы попали на остров с материка и изменились в следствие приспособления к новым условиям обитания. Таким образом, Дарвин ставит вопрос о роли условий среды в видообразовании. Аналогичную картину Дарвин наблюдал у берегов Африки. Животные, обитающие на островах Зеленого мыса, несмотря на некоторое сходство с материковыми видами, все же отличаются от них существенными чертами. С позиции сотворения видов Дарвин не мог объяснить особенности описанного им грызуна туко-туко, живущего в

норах под землей и рождающего зрячих детёнышей, которые затем слепнут. Перечисленные и многие другие факторы поколебали веру Дарвина в сотворение видов.

После возвращения в Англию Дарвин занялся изучением практики разведения голубей и других домашних животных, что привело его к концепции искусственного отбора, однако он все еще не мог представить себе, каким образом отбор мог бы действовать в природных условиях. В 1778 г. священник **Томас Мальтус** опубликовал свой труд *«Трактат о народонаселении»*, в котором ярко обрисовал, к чему мог бы привести рост населения, если бы он ничем не сдерживался. Дарвин перенес его рассуждения на другие организмы и обратил внимание на то, что несмотря на их высокий репродуктивный потенциал численность популяций остается относительно постоянной. Сопоставляя огромное количество сведений, он начал понимать, что в условиях интенсивной конкуренции между членами популяции любые изменения, благоприятные для выживания в данных условиях, повышали бы способность особи размножаться и оставлять плодотворное потомство, а неблагоприятные изменения, очевидно, невыгодны, и у обладающих ими организмов шансы на успешное размножение понижались бы.

Эти соображения послужили основой для теории эволюции путем естественного отбора, сформулированной Дарвином в 1839 г. В сущности, наибольший вклад Дарвина в науку заключается не в том, что он доказал существование эволюции, а в том, что он объяснил, как она может происходить.

Тем временем другой естествоиспытатель, **Альфред Рассел Уоллес**, много путешествовавший по Южной Америке и островам Юго-восточной Азии и тоже читавший Мальтуса, пришел к тем же выводам о естественном отборе, что и Дарвин.

В 1858 г. Уоллес изложил свою теорию на 20 страницах и послал их Дарвину. Это стимулировало и ободрило Дарвина, и в июле 1858 г. Дарвин и Уоллес выступили с докладами о своих идеях на заседании Линнеевского общества в Лондоне. Спустя год с небольшим, в ноябре 1859 г., Дарвин опубликовал «Происхождение видов путем естественного отбора». Все 1250 экземпляров книги были проданы в первый же день, и говорят, что по своему воздействию на человеческое мышление она уступала только Библии.

Свои взгляды по теории эволюции Ч. Дарвин изложил в трудах:

1859 г. - «Происхождение видов путем естественного отбора»

1869 г. - «Изменение сортов растений и пород животных»

1871 г. - «Происхождение человека и половой отбор»

Основные положения теории эволюции Ч. Дарвина

Основная книга Ч. Р. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» совершила подлинную революцию в естествознании. Она вышла в свет 24 ноября 1859 г. В этой книге Дарвин изложил свои взгляды на проблему эволюции органического мира.

Основные положения теории Ч. Дарвина можно свести к следующему:

- каждый вид способен к неограниченному размножению;
- ограниченность жизненных ресурсов препятствует реализации потенциальной возможности размножения;
- следствием несоответствия интенсивности размножения и средств жизни является борьба за существование, в которой гибнет большинство особей, не оставляя потомства;
- в борьбе за существование выживают те организмы, которые лучше приспособлены к условиям среды. Избирательное выживание и размножение наиболее приспособленных организмов Ч. Дарвин назвал естественным отбором;
- под действием отбора, происходящего в разных условиях среды, группы особей из поколения в поколение накапливают различные приспособленности, и это может привести к образованию нового вида.

Учение Ч. Дарвина об изменчивости

Дарвин отмечал, что при выведении новых пород и сортов селекционеры опираются на несколько форм изменчивости.

Изменчивость определенная — это изменчивость "когда все или почти все потомство особей, подвергавшихся в течение нескольких поколений известным условиям, изменяется одинаковым образом". Например, вес животных определенно зависит от количества еды и ее качества, толщина кожи и ее волосистость - от климата.

Неопределенная изменчивость — это "бесконечно разнообразные незначительные особенности, которыми отличаются особи того же вида и которые невозможно объяснить унаследованием их от одного из родителей или от более отдаленных предков".

Таковыми, по Дарвину, есть "резко выраженные отличия, проявляющиеся у молодки одного помета и у семян из одной и той же коробочки".

Индивидуальные различия — это многочисленные незначительные различия, появляющиеся в потомстве одних и тех же родителей или у особей одного и того же вида, обитающих в одной и той же ограниченной местности. Особи одного вида, благодаря индивидуальным отличиям, различаются по многим признакам.

Уродства, случайные единичные изменения — неожиданные и значительные отклонения в организации отдельных особей. Так, свиньи иногда рождаются с чем-то в виде хобота.

Почковые вариации — изменчивость вследствие того, что растение внезапно дает почку, одну из многих тысяч, имеющую совсем новые особенности, весьма отличную от всех остальных почек на том же самом растении. Например, махровые цветки на обыкновенной розе, нектарины гладкие плоды на обыкновенном персиковом дереве.

Коррелятивная (соотносительная) изменчивость — изменчивость, которая возникает вследствие взаимозависимости признаков организма.

Вся организация организма во время роста и развития находится в тесной взаимной связи: слабые изменения одной части организма вызывают изменение других частей. Например, белые кошки с голубыми глазами обычно глухие, у бесшерстных собак зубы остаются не вполне развитыми, животные с длинной и грубой шерстью отличаются длинными рогами, голуби с короткими клювами имеют маленькие, а голуби с длинными клювами — большие ноги.

Причины изменчивости по Дарвину

Дарвин считал, что изменчивость контролируется многочисленными и сложными законами. Он выделял такие причины:

- Прямое и определенное действие изменчивых условий существования.
- Корреляция.

Несмотря на неполноту и неточность указанных причин, учение Дарвина об изменчивости имеет большое значение. Оценивая учения Дарвина о формах изменчивости, нужно отметить, что он предвосхитил ту классификацию, которая создана на основе современной генетики.

- Неопределенная, индивидуальная изменчивость и уродства соответствуют современной генотипической мутационной изменчивости.
- Почковые вариации — это соматические мутации.
- Вариации при скрещивании — это комбинативная изменчивость.
- Коррелятивная изменчивость есть следствие плейотропного действия генов.
- Определенная изменчивость — это современная модификационная изменчивость.

Учение Ч. Дарвина об искусственном отборе

Под *искусственным отбором* понимается процесс создания новых пород животных и сортов растений путем систематического сохранения и размножения

особей с определенными, ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений.

Тщательное изучение явления искусственного отбора позволило Дарвину выделить две формы этого отбора: бессознательный и методический.

Бессознательный отбор - это отбор, при котором не ставится цель создания нового сорта или породы. Люди сохраняют лучших, на их взгляд, особей и уничтожают (выбраковывают) худших. В сельских районах и в наше время хозяева осуществляют бессознательный отбор с курами, собаками, голубями. Бессознательный отбор возник давно, с момента приручения собаки. Бессознательный отбор ведет к изменению растений и животных, к улучшению пород и сортов, к созданию новых местных пород и сортов. Нужный результат при этом отборе формируется медленно, но он может быть впечатляющим. Так, во время археологических раскопок в Перу были обнаружены зерна кукурузы в 34 раза большего размера, чем современные. Предки таджиков (согды) выращивали абрикос, плоды которого содержали до 70 % сахара. Высыхая на деревьях, эти плоды не опадали.

Методический отбор - это отбор, осуществляемый человеком по определенному плану, с определенной целью - создания породы или сорта. Для методического ИО характерны следующие особенности:

- ставится цель: селекционер решает, какие признаки надо изменить и в какую сторону, т. е. определяется направление отбора (яйценоскость, мясистость, красивый гребень, красивый хвост, красивое оперение);
- составляется план создания породы (сорта): какие породы (сорта) и в каком порядке нужно скрещивать, какие виды скрещивания нужно применять;
- создаются специальные условия жизни;
- методический отбор - это творчество.

Механизм методического искусственного отбора

• В стаде, в стае, в поле, в саду человек среди многих особей выделяет отдельную особь с теми признаками, которые ему нужны. Для получения организмов с нужными качествами человек использует не только естественные мутации, но и полученные искусственно - при применении мутагенов.

- Необычные особи - особи с необычными признаками - отбираются.
- Производится подбор.
- Подобранные особи скрещиваются.
- В потомстве производится выбраковка.
- Снова производится подбор, скрещивание и выбраковка до получения желаемого результата.
- Из поколения в поколение человек методически отбирает на племя (для размножения) тех производителей, у которых избранный признак выражен в наибольшей степени.
- Вследствие соотносительной изменчивости происходит перестройка и других признаков у организмов, что ведет к появлению сорта с новыми признаками.

Работа 1. Сравнение эволюционных взглядов Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина

Ход работы:

1. Сравните эволюционные теории Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина заполнив табл.

5.

Таблица 5

Сравнение эволюционных взглядов Ж.-Б. Ламарка и Ч. Дарвина

Ученый	Отношение к виду	Единица эволюции	Факторы эволюции	Причины адаптаций
Ж.-Б. Ламарк				

Ч. Дарвин				
-----------	--	--	--	--

Работа 2. Формы изменчивости по Ч. Дарвину

Ход работы:

1. Изучите, какие формы изменчивости и их причины выделил Ч. Дарвин, затем заполните таблицу 6.

Таблица 6

Сравнительная характеристика форм изменчивости по Ч. Дарвину

Форма изменчивости	Определение	Пример	Причина изменчивости	Значение для эволюции	Современная трактовка

Работа 3. Происхождение культурных форм растений

Ход работы:

1. Внимательно рассмотрите рис. 8, сравните разновидности с их предками, найдите сходства и отличия. Результаты работы занесите в таблицу 7.

Таблица 7

Разновидность	Органы запаса питательных веществ	Происхождение	Сходство с предковой разновидностью	Отличия от предковой разновидности
Кустовая				
....				
Цветная				

2. Как вы считаете, какую форму изначально носил отбор разновидностей и сортов капусты?

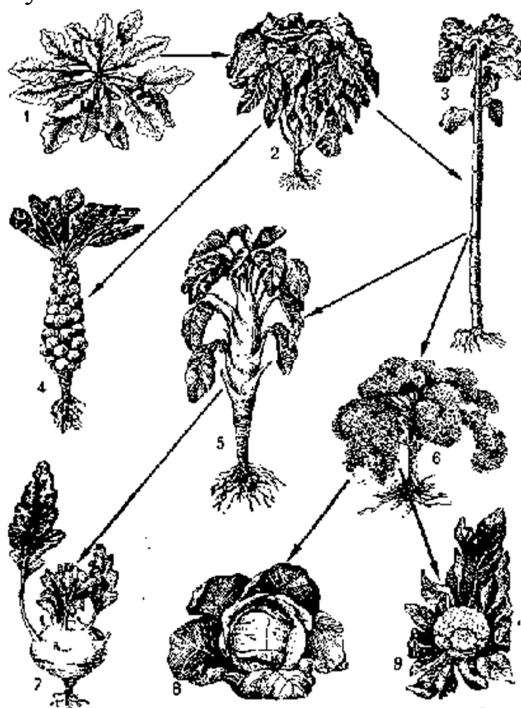


Рисунок 8. Схема происхождения разновидностей капусты

1 - дикорастущая капуста: 2 - кустовая капуста: верхушечная и боковые почки деятельны и открыты, междоузлия развиты; 3 - кормовая капуста: верхушечная почка деятельна и открыта, боковые недейтельны; междоузлия развиты; 4 - брюссельская капуста: верхушечная почка деятельна и открыта, боковые деятельны, но закрыты; междоузлия развиты; 5 - мозговая капуста: то же, что и у коровьей капусты, но стебель сильно утолщен (имеет веретенообразную форму); 6-лиственная капуста: верхушечная почка деятельна; междоузлия не развиты; 7 - кольраби: то же, что у мозговой капусты, но междоузлия не развиты; 8 - кочанная капуста: верхушечная почка деятельна, но вначале открыта, а потом закрыта; междоузлия не развиты; 9 - цветная капуста: верхушечная почка деятельна открыта, заканчивается мясистым соцветием; боковые недейтельны; междоузлия укорочены.

Работа 4. Формы искусственного отбора

Ход работы:

1. Изучите, какие формы искусственного отбора выделил Ч. Дарвин, затем заполните таблицу 8.

Таблица 8

Отличия бессознательного и методического отбора

Форма отбора	Суть отбора	Продолжительность	Результат
Бессознательный			
Методический			

ВЫВОДЫ:

1. Почему Ч. Дарвин в начале работы «Происхождение видов» рассматривает вопросы об изменениях в условиях одомашнивания?
2. Что такое искусственный отбор?
3. Как производится искусственный отбор?
4. Какова творческая роль искусственного отбора?
5. Взаимосвязь изменчивости, наследственности и искусственного отбора.

Занятие 5. УЧЕНИЕ Ч. ДАРВИНА О ЕСТЕСТВЕННОМ ОТБОРЕ

Теоретическое введение. Установив, что отбор служит общим принципом, объясняющим возникновение новых форм животных и растений в практике сельского хозяйства, Дарвин поставил перед собой вопрос, не распространяется ли этот принцип и на возникновение новых форм в природе, т. е. не служит ли он движущей силой эволюционного процесса.

Чтобы установить, есть ли в природе отбор, нужно было проанализировать все явления, лежащие в его основе, доказать их существование и выяснить, в чем заключаются их отличия от аналогичных явления при отборе, производимом человеком. К основным явлениям, на которых зиждется искусственный отбор, относятся:

- изменчивость и наследственность. Без изменчивости возникновение новых форм было бы невозможно, так как только изменчивость организмов дает материал для отбора;
- отбор и размножение небольшого числа «лучших», наиболее совершенных особей и устранение (элиминация) из процесса воспроизведения всех менее совершенных форм;
- накопление положительных изменений в результате повторяющегося в ряде поколений избирательного размножения только наиболее совершенных форм.

Существуют ли эти явления в природе? Теперь известно, что изменчивость и наследственность - общие свойства всех организмов. Однако во времена Дарвина это положение требовало доказательства, и Ч. Дарвин в своей основной работе «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859) привел множество примеров, подтверждающих наличие изменчивости у животных и растений в природе.

Интенсивность размножения. Селекционер оставляет для воспроизведения потомства лишь небольшую часть лучших особей и устраняет большинство - всех тех, которые менее удовлетворяют его требованиям. Существует ли элиминация в природе? Все ли особи оставляют после себя потомство?

По подсчету Дарвина, мак содержит в одной коробочке, образующейся после цветения, 3000 семян, а куст мака, выросший из одного семени, дает 45000-60000 семян; один плод кукушкиных слезок содержит 186000 семян, а споровые растения дают многие миллионы спор. Какова судьба этих бесчисленных зародышей жизни? Подавляющее их большинство не оставит после себя потомства.

Интенсивность размножения животных различна. Многие рыбы ежегодно мечут по 10000-100000 икринок, треска и осетр - по 3-6 млн. Многие паразитические черви ежедневно выделяют десятки тысяч яиц, а некоторые - миллионы (аскарида). Наряду с этим имеются примеры относительно малой интенсивности размножения. Самка слона приносит первое потомство в возрасте между 30 и 90 годами. За эти шестьдесят лет она рождает около шести потомков. По расчетам Дарвина оказывается, что и при такой низкой интенсивности размножения, если бы не было элиминации, потомство одной пары слонов за 750 лет составило бы 19 млн. особей.

Особенно велика быстрота размножения бактерий. При беспрепятственном размножении один холерный вибрион мог бы дать за сутки такое количество потомков, что их общий вес составил бы 100 тонн.

Итак, Дарвин доказал, что не только в практике сельского хозяйства, но и в природе происходит интенсивная элиминация.

Борьба за существование. В практике сельского хозяйства элиминацию производит человек. Какие же силы осуществляют этот процесс в природе? Разрешая этот вопрос, Дарвин обращает внимание на глубокую взаимозависимость между организмами и на зависимость организмов от условий внешней среды. Хищник, для того чтобы жить, должен питаться, а его пищей служат травоядные животные. Если он настигнет свою живую пищу, то мертвит и съест ее, если не настигнет, то погибает сам. В свою очередь травоядное животное, чтобы жить, должно уничтожать многие тысячи луговых растений. Растения уничтожаются также насекомыми и слизнями. Последние служат пищей для насекомоядных птиц, а те истребляются хищными птицами. Эти сложные взаимосвязи организмов Дарвин называет борьбой за существование. Он подчеркивает, что этот термин должен пониматься в широком смысле, как любая зависимость организмов от всего комплекса условий окружающей его живой и неживой природы. В «Происхождении видов» он пишет: «Я должен предупредить, что примеряю этот термин в широком, метафорическом смысле, включая сюда зависимость одного существа от другого, а также включая (что еще важнее) не только жизнь одной особи, но и успех ее в оставлении после себя потомства. Про двух животных из рода Саша (собака) в период голода можно совершенно верно сказать, что они борются друг с другом за пищу и жизнь, но и про растение на окраине пустыни тоже говорят, что оно ведет борьбу против засухи, хотя правильнее было бы сказать, что оно зависит от влажности».

Борьба за существование в ее широком дарвинском понимании принимает очень разнообразные формы. Это, во-первых, непосредственное физическое уничтожение одной особи другой, во-вторых, широко распространенная конкуренция за свет, влагу, пищу и место на земле. Растение, отставшее в росте, затеняется другими, рядом растущими растениями; недостаток света еще более угнетает его рост, и, наконец, оно погибает.

Виды борьбы за существование. Различные проявления борьбы за существование Дарвин сводил к трем видам: межвидовой, внутривидовой и борьбе с условиями неорганической внешней среды.

Межвидовая борьба. Примеры межвидовой борьбы многочисленны. Это взаимоотношение между хищником и его жертвой, травоядными животными и растениями, насекомыми и насекомоядными птицами; это конкурентная борьба между культурными растениями и сорняками, взаимоотношения между деревьями разных видов в лесу и между травами на лугу. Сюда же относится явление антагонизма микробов.

Внутривидовая борьба. Так как Ч. Дарвин вкладывает в понятие «борьба за существование» все формы зависимости особи от окружающей органической и неорганической природы, он рассматривает и внутривидовые отношения как один из видов борьбы за существование. Он анализирует взаимоотношения между особями близких и отдаленных видов. Особи отдаленных видов обычно имеют разные потребности. Иногда их потребности частично совпадают, и тогда между ними возникает конкурентная борьба за те или иные необходимые для жизни условия. Напротив, у особей

близких видов почти все потребности одинаковы, поэтому конкурентная борьба между ними становится особенно острой, что обычно приводит к полному вытеснению одним из видов другого. Так, например, рыжие тараканы часто полностью вытесняют черных, серая крыса - черную, европейская пчела - австралийскую, европейский дождевой червь - южно-американского. Этот анализ привел Дарвина к заключению, что борьба между особями одного и того же вида вследствие полного совпадения их потребностей должна быть наиболее напряженной. Внутривидовую борьбу Ч. Дарвин считал главнейшим видом борьбы за существование.

Конкурентные внутривидовые отношения широко известны у птиц, рыб и млекопитающих. Например. Птицы одного и того же вида конкурируют из-за мест своего гнездовья. Самцы многих видов млекопитающих и птиц в брачный период вступают друг с другом в борьбу за обладание той или иной самкой. Среди морских рыб широко распространен каннибализм - поедание особей своего вида. Например, крупные щуки нередко поедают своих меньших по размеру собратьев.

Борьба с неблагоприятными условиями внешней среды. Огромную роль в процессе элиминации особей в растительном и животном мире играют условия неорганической внешней среды. Дарвин приводит пример, когда во время суровой зимы 1854-1855 гг. в той местности, где он жил, погибло 80 % всех птиц. Огромное количество растений уничтожается почти ежегодно поздними заморозками, засухой, резкими климатическими колебаниями. Много растений гибнет во время суровых, малоснежных зим. При недостатке растворенного в воде кислорода в водоемах происходит гибель рыб. Масса семян растений заносится ветром в несвойственные им условия и погибает.

Все виды борьбы за существование приводят к истреблению огромного количества особей или, что не менее важно, к тому, что часть особей не оставляет после себя потомства.

Выживание наиболее приспособленных. Какие особи выживают в борьбе за существование, и какие гибнут? Является ли выживание чистой случайностью? Для решения этого вопроса Дарвин вновь обратился к практике сельского хозяйства. При искусственном отборе селекционер оставляет для размножения особи, обладающие хотя бы небольшими полезными изменениями. Ясно, что этот же фактор - наличие полезных изменений - должен играть роль и при естественном отборе, только в первом случае речь идет об изменениях, полезных для человека, а во втором - об изменениях, полезных для выживания самих организмов. Всякое, даже самое малое, полезное изменение должно повышать шансы на выживание. Выживают наиболее приспособленные к условиям окружающей внешней среды.

Дарвин рассматривает пример насекомых, которые питаются соком цветов. Большинство из них имеют крылья и легко перелетают с цветка на цветок. Но иногда встречаются и бескрылые формы, которые в поисках пищи вынуждены переползать с одного растения на другое. Какие из них будут победителями в борьбе за жизнь? Казалось бы, конечно, крылатые! Однако на небольших океанических островах имеется много бескрылых видов, и это есть следствие естественного отбора. Крылатые насекомые на океанических островах часто уносятся порывами ветра и гибнут в море, а бескрылые остаются победителями в борьбе за жизнь. Белая окраска шерсти для животных тундры служит приспособлением, позволяющим на фоне снега лучше укрываться от врагов или незаметно подстергать свою добычу. Но в условиях лесов или степей эта окраска не только теряет свой приспособительный характер, но демаскирует особь.

Следовательно, в борьбе за существование выживают организмы, наиболее приспособленные к тем конкретным условиям среды, в которых протекает жизнь данного вида.

Приспособительные изменения возникают не сразу. Естественный отбор, как и искусственный, зиждется на различиях между особями. Если те или другие даже незначительные изменения полезны, если они увеличивают вероятность выживания, то

они будут накапливаться из поколения в поколение и через много поколений особи приобретут значительные отличия от своих родоначальников.

Таким образом, Дарвин доказал, что установленный им принцип отбора распространяется и на процесс образования новых форм в природе.

Процесс видообразования по Дарвину. Возникновение новых видов Дарвин представлял себе как длительный процесс накопления полезных индивидуальных изменений, увеличивающихся из поколения в поколение. «Естественный отбор ежедневно и ежечасно расследует по всему свету полезные изменения, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие». Индивидуальные изменения Дарвин принимал за «первые шаги» на пути видообразования. Их накопление, через множество поколений, приводит к возникновению разновидностей, которые Дарвин рассматривал как ступени к возникновению новых подвидов, а затем и видов. Переход от одной ступени к другой, по Дарвину, происходит в результате накапливающегося действия естественного отбора. Разновидность, по представлению Дарвина, это зарождающийся вид, а вид - резко выраженная разновидность. В процессе эволюции за счет одного родоначального вида могут возникнуть несколько новых. Такой процесс Дарвин объясняет расхождением признаков, или «дивергенцией».

Работа 1. Виды борьбы за существование

Ход работы:

1. Изучите, какие виды борьбы за существование выделил Ч. Дарвин, затем заполните таблицу 9.

Таблица 9

Сравнительная характеристика видов борьбы за существование

Виды борьбы за существование	Определение	Причины	Примеры у растений и животных	Значение для эволюции
1.				
2.				
3.				

2. В чем заключается, по вашему мнению, биологические причины сохранения жизни особей, устраненных от размножения?

Работа 2. Естественный отбор

Ход работы:

1. Сравните искусственный и естественный отбор описанные Ч. Дарвином, затем заполните таблицу 10.

Таблица 10

Сходства и отличия естественного и искусственного отбора

Показатели	Искусственный отбор	Естественный отбор
Исходный материал		
Отбирающий фактор		
Критерии		
Источник изменчивости		
Сроки		
Результат		
Значение приобретенных признаков для организма		
Значение для эволюции		

2. Рассмотрите рис. 9., каковы причины и тип видообразования?



Рисунок 9. Дарвиновские вьюрки

ВЫВОДЫ:

1. Учение Ч. Дарвина о естественном отборе.
2. Как понимал Дарвин борьбу за существование? Виды борьбы
3. Процесс видообразования по Дарвину. Дивергенция. Примеры у растений и животных.
4. Основные положения эволюционной теории Ч. Дарвина.
5. Значение эволюционного учения Дарвина.
6. Что такое половой отбор и каково его значение?
7. В чем заключается творческая роль искусственного и естественного отбора?

Занятие 6. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ. ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ

Рекомендуемая литература:

1. Еськов К.Ю. История Земли и жизни на ней. 2004.
2. Иорданский Н.Н. Эволюция жизни. М. 2001.
4. Северцов А.С. Теория эволюции. 2005.
5. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М. 2006

Работа 1. Сравнительная характеристика факторов эволюции

Ход работы:

1. Используя литературные источники заполните таблицы 11, 12, 13.

Таблица 11

Сравнительная характеристика форм изменчивости

Форма изменчивости	Причина изменчивости	Значение для эволюции	Примеры
Мутационная			
Коррелятивная			

Комбинативная			
Модификационная			

Таблица 12

Сравнительная характеристика форм борьбы за существование

Формы борьбы за существование	Определение	Примеры	Причины возникновения	Значение для эволюции
<i>Внутривидовая:</i> Конкуренция				
Соревнование				
Взаимопомощь				
Межвидовая Конкуренция				
Хищничество				
Мутуализм				
Коменсализм				
Протокооперация				
Паразитизм				
С условиями среды				

Таблица 13

Сравнительная характеристика форм естественного отбора

Форма отбора	Действие отбора	Направление отбора	Результат отбора	Пример из царства растений	Пример из царства животных

ВЫВОДЫ:

1. Современное понимание изменчивости. Формы изменчивости и их значение.
2. Современное понимание борьбы за существование. Ее формы и значение.
3. Сравните борьбу за существование в системах «популяция», «вид» и «биогеоценоз».
4. Что нового по сравнению с учением Ч. Дарвина в современном понимании естественного отбора?
5. Предпосылки действия естественного отбора.
6. Значение модификационной изменчивости для отбора.
7. Формы естественного отбора. В чем суть и механизмы действия разных форм естественного отбора?
8. Что определяет результаты и направления действия естественного отбора?
9. Роль отбора для образования адаптации. Приведите пример.
10. Существует ли специфика действия отбора на разных уровнях организации?
11. В чем выражается связь естественного отбора с элиминацией? Приведите примеры.

Занятие 7. ПОПУЛЯЦИЯ. ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Теоретическое введение

Все виды живых организмов в природе реально представлены совокупностями особей - популяциями.

Популяция - совокупность особей определенного вида, в течение длительного времени (большое число поколений) населяющих определенное пространство, внутри

которой практически осуществляется та или иная степень панмиксии и, которая отделена от соседних таких же совокупностей особей той или иной степенью давления изоляции. Это обуславливает определенную самостоятельность генетических процессов, происходящих в разных популяциях одного вида. В результате каждая популяция характеризуется своим специфическим генофондом с присущим только данной популяции соотношением частот встречаемости разных аллелей и с соответствующими особенностями спектра изменчивости. Эти генетические различия популяций могут иметь как случайный, так и неслучайный характер.

Основные экологические характеристики популяции. Популяционный ареал. Пространство (ареал), занимаемое популяцией, может быть неодинаковым как для разных видов, так и в пределах одного вида. Величина ареала популяции в значительной мере зависит от степени подвижности особей - «радиусов индивидуальной активности». Если радиус индивидуальной активности невелик, величина популяционного ареала обычно также невелика. Следует различать трофический ареал и репродукционный. Как правило, они не совпадают. Трофический ареал белого аиста (*Ciconia alba*) огромный. Он летом обитает в Европе, а зимой в Африке, но каждая пара птиц возвращается обычно в район своего старого гнезда, и их популяция хотя и смешивается на местах зимовок, но во время размножения занимает сравнительно небольшую территорию.

Численность особей в популяции. В связи с размерами ареала популяций может значительно изменяться и численность особей в популяциях. Причины динамики популяций в пространстве и во времени чрезвычайно многообразны и сводятся к влиянию биотических и абиотических факторов. В период максимальной численности (осенью благоприятного по кормовым условиям года) общее число кроликов достигало 10000, а однажды, после холодной и малокормной зимы, сократилось до 100 особей. Кроме сезонных колебаний численности известны несезонные (периодические и непериодические) изменения численности особей в отдельных популяциях.

Популяция состоит из разных по возрасту и полу особей. Для каждого вида, а иногда и для каждой популяции внутри вида характерны свои соотношения возрастных групп. На эти соотношения влияют общая продолжительность жизни, время достижения половой зрелости, интенсивность размножения.

Например. В дубовом лесу одновременно плодоносят и опыляют друг друга дубы в возрасте более ста лет и совсем молодые деревья, которые только-только созрели.

Гетерогенность популяции. С.С. Четвериков (1926), исходя из формулы Харди, рассмотрел реальную ситуацию, складывающуюся в природе. Мутации обычно возникают и сохраняются в рецессивном состоянии и не нарушают общего облика популяции; популяция насыщена мутациями «как губка»

Генетическая гетерогенность природных популяций, как показали многочисленные эксперименты, - главнейшая их особенность. Она поддерживается за счет мутаций, процесса рекомбинации (только у форм с бесполом размножением вся наследственная изменчивость зависит от мутаций). Происходящая при половом размножении комбинаторика наследственных признаков дает неограниченные возможности для создания генетического разнообразия в популяции.

Например. В потомстве от скрещивания двух особей, различающихся лишь по 10 локусам, каждый из которых представлен 4 возможными аллелями, окажется около 10 млрд. особей с различными генотипами. При скрещивании особей, различающихся в общей сложности по 1000 локусам, каждый из которых представлен 10 аллелями, число возможных наследственных вариантов в потомстве составит 10^{10} , т.е. многократно превзойдет число электронов в известной нам Вселенной.

Эти потенциальные возможности никогда не реализуются даже в ничтожной степени хотя бы только из-за ограниченной численности любой популяции.

Генетическая гетерогенность, поддерживаемая мутационным процессом и скрещиванием, позволяет популяции (и виду в целом) использовать для приспособления

не только вновь возникающие наследственные изменения, но и те, которые возникли очень давно и существуют в популяции в скрытом виде. В этом смысле гетерогенность популяций обеспечивает существование «мобилизационного резерва» наследственной изменчивости.

Популяция - элементарная эволюционная единица. Популяция - низшая, самостоятельная эволюционная структура. Вид, подвид, группы из нескольких близких популяций, естественно тоже обладают собственной эволюционной судьбой, но они не элементарные (делимые) единицы жизни. В эволюционном процессе неделимой единицей оказывается популяция, всегда выступающая как экологическое, морфофизиологическое, наконец, что самое важное, генетическое единство.

Изменения отдельных изолированных особей, ни к каким эволюционным событиям не приводит. Измененные особи должны находится в сообществе особей того же вида (достаточно многочисленном и длительно существующем). Только в пределах такого сообщества индивидуально возникшее наследственное изменение может стать групповым, эволюционным. Поэтому ни особь, ни близкородственные совокупности особей (семья и другие временные внутривидовые подразделения) не могут быть элементарными эволюционными единицами. Эволюционируют не особи, а группы особей, а популяция - самая мелкая из групп, способных к самостоятельной эволюции. Но это не умаляет эволюционного значения ни особи, ни вида. Особь в популяции - объект действия главного эволюционного фактора - отбора. Вид же - качественный этап эволюционного процесса.

Работа 1. Изменчивость качественных признаков листьев в популяциях тополя лавролистного (*Populus laurifolia* Ledeb.)

Ход работы:

Фенотипическая изменчивость наследственно обусловлена: генотип контролирует все изменения в ходе онтогенеза и все пределы, в которых могут изменяться признаки. Это означает, что организмы наследуют определенную *норму реакции* генотипа. Генотипом контролируется не конкретное проявление признака и конкретное время появления его в онтогенезе, а норма реакции. Есть признаки с широкой и узкой нормой реакции. Все признаки можно разделить на 2 группы: количественные и качественные. К качественным признакам листа относятся: форма листовой пластинки, ее верхушки и основания, опушения черешка.

Тополь лавролистный – горно-долинный вид, произрастающий в поймах рек Алтае-Саянской горной страны. В пойме реки Томи распространение *P. laurifolia* носит фрагментарный характер, при этом насаждения верхнего течения отличаются от насаждений нижнего. В верхнем течении встречается только серокорая форма тополя лавролистного, в среднем наряду с ней белокорая.

1. Определите уровень изменчивости каждого из качественных признаков в каждой популяции и внутривидовое разнообразие, по ним используя данные таблицы 14 и показатель (индекс) внутривидового разнообразия Животовского (μ) (Животовский, 1991):

$$(4) \mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \dots + \sqrt{p_m})^2,$$

где $p_1, \dots, p_m$ – частоты морф в популяции.

Рассчитайте ошибку μ по формуле (Животовский, 1991):

$$(5) S_\mu = \sqrt{\frac{\mu(m-\mu)}{N}},$$

По результатам исследований заполните таблицу 15.

2. Ответьте на вопросы:

1. По каким из исследованных признаков наблюдается отсутствие изменчивости?

Чем

это

обусловлено?

Таблица 14. Встречаемость качественных признаков в популяциях *P. laurifolia* по несмещенной оценке частот ($p \pm S_p$)

Признак	Популяции									
Форма листовой пластинки	Вариация	Бельсу	Студеный Плес	Вороний	Майзас	ГРЭС	Карлык	Ерунаково	Верхняя Терсь	Средняя Маганакова
	Яйцевидно-треугольная	0,347 ± 0,022	0,573 ± 0,023	0,093 ± 0,013	0,324 ± 0,022	0,368 ± 0,022	0,290 ± 0,021	0,418 ± 0,023	0,476 ± 0,023	0,373 ± 0,022
	Яйцевидная	0,627 ± 0,022	0,414 ± 0,023	0,709 ± 0,021	0,548 ± 0,023	0,618 ± 0,022	0,700 ± 0,021	0,560 ± 0,023	0,504 ± 0,023	0,609 ± 0,023
	Эллиптическая	0,026 ± 0,007	0,013 ± 0,005	0,198 ± 0,018	0,127 ± 0,015	0,014 ± 0,005	0,010 ± 0,004	0,022 ± 0,006	0,020 ± 0,006	0,017 ± 0,006
Форма основания пластинки	Округленно-клиновидная	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	0,967 ± 0,008	0,667 ± 0,022	0,900 ± 0,014	0,634 ± 0,022	0,800 ± 0,018
	Сердцевидная	—	—	—	—	0,033 ± 0,008	0,333 ± 0,022	0,100 ± 0,014	0,366 ± 0,022	0,200 ± 0,018
Форма верхушки пластинки	Заостренная	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000	1,000 ± 0,000
Опушение	1ТЛ -голый	0,167 ± 0,068	0,233 ± 0,077	0,233 ± 0,077	0,600 ± 0,089	0,033 ± 0,032	0,067 ± 0,045	0,267 ± 0,080	0,667 ± 0,086	0,567 ± 0,090
	2ТЛ – слабо опушен	0,733 ± 0,080	0,700 ± 0,083	0,600 ± 0,089	0,267 ± 0,080	0,500 ± 0,091	0,633 ± 0,087	0,600 ± 0,089	0,200 ± 0,073	0,133 ± 0,061
	3ТЛ – густо опушен	0,100 ± 0,054	0,067 ± 0,045	0,167 ± 0,068	0,133 ± 0,061	0,467 ± 0,091	0,300 ± 0,083	0,133 ± 0,061	0,133 ± 0,061	0,300 ± 0,083

2. Какая форма листовой пластинки преобладает в популяциях тополя лавролистного в бассейне реки Томи?
3. Наблюдаются ли отличия между популяциями верхнего и среднего течения по индексам внутривидового разнообразия? Если да, то, как это можно объяснить.

Таблица 15

Внутривидовое разнообразие качественных признаков тополя по индексу

Животовского

Популяции	Форма листовой пластинки	Форма основания пластинки	Форма верхушки пластинки	Опушение	$\mu_{1\pm} S_{\mu 1}$
<i>верхнее течение</i>					
Бельсу					
Студеный Плес					
Вороний					
Майзас*					
ГРЭС					
<i>среднее течение</i>					
Карлык					
Ерунаково					
Верхняя Терсь					
Средняя Маганакова					

ВЫВОДЫ:

1. Почему популяция является элементарной единицей эволюции?
2. Какие факты свидетельствуют о гетерогенности изученных вами популяций?
3. Одинаковой ли изменчивостью отличаются качественные признаки в изученных вами популяциях?

Занятие 8. БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД. ВИДООБРАЗОВАНИЕ**Теоретическое введение.**

Органическая природа выступает перед нами во всем блеске многообразия своих форм, называемых видами. Об этом многообразии дают представление некоторые цифры. Зоологи считают, что общее число известных видов животных приближается к 1500000. Число видов современных растений достигает 500000. Однако каталогизация современных видов животных и растений далеко еще не закончена. Без преувеличения можно сказать, что ежедневно наука нам приносит описания новых органических форм. Это тем более верно, если мы вспомним еще о бактериях и вирусах, где изучение видов стоит на более низком уровне, чем в зоологии и ботанике. Наше представление о многообразии органических форм еще более расширится, если мы обратимся к истории их развития. По подсчетам палеонтологов, число вымерших видов растений достигает 250 тыс., а вымерших видов животных - 7 млн. Этот факт уже сам по себе наводит на мысль, что многообразие живых форм есть результат длительного исторического процесса развития.

Термин вид применительно к органическим формам существует в научной литературе свыше 250 лет. На рубеже XVII и XVIII вв. его применял в своем основном труде «Historia plantarum» Джон Рей (1686-1704). Окончательное утверждение этого термина и оформление его бинарной номенклатуры связано с именем К. Линнея, в представлении которого виды являлись формами, созданными творцом. Эти формы согласно законам размножения воспроизводили множество других, но всегда подобных себе. Следовательно, природа видов оставалась и остается неизменной. Таким образом,

Линней, а вслед за ним и другие креационисты признавали виды реально существующими константными формами.

Ж.Б. Ламарк еще в 1786 г. во втором томе французской методической энциклопедии в специальной статье *вид* писал, что как у животных, так и у растений вид состоит из совокупности сходных между собой особей, которые остаются такими же при размножении. Однако в дальнейшем разработка эволюционной идеи привела Ламарка к отрицанию реальности видов. В «Философии зоологии» он выступает с критикой подобных взглядов. Его новая точка зрения сводится к тому, что само понятие вида уже таит в себе представление о неизменности. Органический мир, по Ламарку, если его рассматривать в пространстве и во времени, в процессе исторического развития представляет собой многочисленную совокупность индивидуумов, связанных между собой различной степенью родственных связей.

Основная ошибка Ламарка в этой трактовке единства форм органической природы заключалась в том, что он отождествил отрицание постоянства видов с *отрицанием их реальности на определенном отрезке исторического процесса развития*.

Известное формальное сходство с этой концепцией имеет трактовка понятия вида, данная Дарвином в «Происхождении видов», где он писал: *«Термин вид я считаю совершенно произвольным, придуманным ради удобства, для обозначения групп особей, близко между собой схожих, и существенно не отличающимся от термина разновидность, которым обозначают формы, менее резко различающиеся и более колеблющиеся (в своих признаках). Также и термин разновидность, в сравнении с просто индивидуальными различиями, применяется произвольно, ради удобства»*. Эта фраза, изолированная от общего контекста книги Дарвина, неоднократно являлась источником неправильного толкования его позиции по вопросу о виде. Действительно, буквальное истолкование такой формулировки приводит к отрицанию реального существования видов, что находится в известном противоречии с общей концепцией Дарвина, изучавшего именно процесс происхождения видов. На это указывал академик В.Л. Комаров, *«Ч. Дарвин дает глубоко продуманное учение о виде. В его изложении вопрос «что такое естественноисторический вид» получает исчерпывающий для своего времени ответ»*.

Для Дарвина главное заключалось не в обсуждении того, реально ли существование видов животных и растений, встречаемых нами в настоящее время в природе. Его основной задачей являлось доказательство, что вида как категории, строго определенной, всегда себе равной и неизменной, в природе не существует. Данная задача и была разрешена в трудах Ч. Дарвина; он создал материалистическое учение «о виде подвижном, о виде, находящемся в процессе становления». В соответствии с этим учением вид - явление историческое. Он возникает, развивается, достигает полного развития, затем, при изменившихся условиях жизни, или исчезает, уступая место другим видам, или сам изменяется и дает начало новым формам.

Эта сторона учения Дарвина была в дальнейшем развита К. А. Тимирязевым в его работе «Исторический метод в биологии». Основная мысль Тимирязева сводилась к следующему. Если мы будем рассматривать органический мир с известного расстояния, то он представится нам в виде цепи органических форм. Когда мы подойдем ближе, то убедимся, что это не сплошная цепь, а лишь расположенные наподобие цепи, но не сцепленные между собой звенья. Вида, как категории, строго определенной, всегда себе равной и неизменной, в природе не существует; утверждать обратное значило бы действительно повторять старую ошибку схоластиков - «реалистов». Но рядом с этим, и совершенно независимо от этого вывода, мы должны признать, что виды — в наблюдаемый нами момент — имеют реальное существование...».

Такая точка зрения на виды как реально существующие подвижные формы живой материи, возникающие в историческом процессе развития, является в настоящее время общепринятой:

- вид представляет собой конкретную надорганизменную форму существования живой природы;
- виды отличаются друг от друга существенными признаками во внешнем и внутреннем строении в своих жизненных отправлениях, а, следовательно, и в характере обмена веществ между ними и средой;
- каждый вид характеризуется определенным ареалом, в котором он занимает соответствующие его экологическим особенностям места обитания;
- вид является определенным звеном (этапом) в эволюции живой материи, достаточно хорошо обособленным от других видов благодаря наличию изолирующих механизмов, вырабатывающихся в процессе естественного отбора;
- в природе вид представлен совокупностью поколений, происходящих от общего корня. Взаимоотношения между особями внутри вида носят сложный характер и специфичный для каждого вида

Формулировка понятия «вид». Вид — качественный этап процесса эволюции. Возникновение нового вида означает прекращение нивелировок путем скрещивания между особями из разных частей видового ареала и появление нового эволюционного явления со своей эволюционной «судьбой».

Вид — это совокупность особей, обладающих общими морфофизиологическими признаками и объединенных возможностью скрещивания друг с другом; формирующих систему популяций, которые образуют общий (сплошной или частично разорванный) ареал; в природных условиях виды отделены друг от друга практически полной биологической изоляцией (нескрещиваемостью).

Приведенная формулировка требует дополнений. Любой вид представляет так же систему генотипов, формирующих совокупность экологических ниш в соответствующих биогеоценозах. Эта система генотипов обладает общей эволюционной судьбой. Наконец, большинство видов политипично, т.е. представлены группами разнообразных по многим морфофизиологическим признакам особей (иногда эти группы достигают ранга подвидов).

Концепции вида.

В биологической науке существовал ряд концепций вида: *типологическая* (К.Линней), *номиналистическая* (Ж.Б. Ламарк и др.), *биологическая* (Э. Майр и др.) концепции, а также *концепция политипического морфологического вида* (Н.И. Вавилов и др.).

Типологическая концепция вида

Философское основание этой концепции — эссенциализм (лат. эссенция - сущность). Это точка зрения Платона, Аристотеля и их последователей, согласно которой задача истинного знания, или науки, — открывать и описывать истинную природу вещей, т. е. их скрытую реальность или сущность. Причем, эссенциалисты считают, что сущность можно открыть с помощью интуиции.

Согласно типологической концепции все материальное разнообразие в природе отражает существование в природе универсалий, или типов. Живые организмы — копии своих типов. Особи одного вида - копии или отпечатки своего типа. Изменчивость — не что иное, как результат несовершенства проявления идеи при материализации. Типолог верит в постоянство таксонов и в их четкую разграниченность.

Такой концепции вида придерживался К. Линней и его последователи. Типологическая концепция вида в практическом аспекте основывается на устойчивых отличительных признаках — то ли морфологических, то ли белковых.

В современной систематике остался важный элемент классифицирования, связанный с типологизмом: каждый новый описываемый вид должен иметь голотип — стандартную особь, которую хранят в музеях и с которой сравнивают новые описываемые формы.

В настоящее время отказались от типологической концепции вида. Это связано с тем, что, во-первых, в природе особи одного вида могут резко отличаться в случае полового диморфизма (павлин, жук-олень), при полиморфизме (пчелы, термиты), вследствие возрастной изменчивости (угорь, краб). Во-вторых, были обнаружены виды-двойники - морфологически сходные, но репродуктивно изолированные популяции. Виды-двойники не поддаются диагностике с помощью обычных методов. У черных крыс обнаружено два вида-двойника с 38 и 42 хромосомами. "Малярийный комар" долго считался одним видом, теперь обнаружено, что это комплекс из 6 видов-двойников.

По мере накопления материала стало формироваться представление о том, что многие виды не столь четко, как казалось, отграничены друг от друга. Между видами были обнаружены переходные формы. Наличие переходных форм доказывало, согласно взглядам Ж.Б. Ламарка, изменение видов под действием условий окружающей среды. После длительного ряда последовательных поколений особи, принадлежавшие первоначально к одному виду, производили новый вид, отличающийся от первого. На основании таких данных Ж.Б. Ламарк приходит к выводу, что видов нет, есть только ряды меняющихся особей (поколений). Виды не являются реальными единицами, а представляют собой искусственную группировку, созданную человеком для удобства. К.М. Завадский сформулировал это как высказывание «либо виды без эволюции, либо эволюция без видов». Концепция, отрицающая реальность вида, была названа **номиналистической**. Номиналистический подход получил поддержку у Ж.Сент-Илера, К.Ф. Рулье, и отчасти Ч. Дарвин.

Политипическая концепция вида - концепция, согласно которой вид может включать в себя несколько подвидов. Н. И. Вавилов в своей работе "Линнеевский вид как система" (1931) показал, что вид состоит из соподчиненных элементарных единиц. Благодаря работам Л. С. Берга, В. Л. Бианки постепенно в биологии стала формироваться концепция политипического вида. Окончательно концепция политипического вида сложилась благодаря работам А. Кляйншмидта, Б. Реша, Э. Штреземанна и в особенности благодаря работам Эрнста Майра. Виды, которые не разделяются на подвиды, называются монотипическими. Виды, содержащие два и более подвидов, называются политипическими. Вид обычно включает в себя экологические, местные (локальные) популяции, а некоторые виды - и географические популяции (подвиды).

Биологическая концепция вида - концепция, по которой основным критерием вида есть нескрещиваемость (репродуктивная изоляция). Формирование биологической концепции началось после 1750 года. Окончательно ее сформировал К. Иордан (1905) и Ф. Добжанский (1937). Эта концепция отличается от прежних тем, что учитывает чисто биологические постулаты.

- Виды определяются не различием, а особенностями.
- Виды, как правило, состоят не из особей, а из популяций.
- Решающий критерий вида - не плодовитость при скрещивании, а репродуктивная изоляция.
- Члены вида образуют генетическое единство, обладающее генофондом.
- Члены вида образуют репродуктивное сообщество: самцы и самки одного вида воспринимают друг друга как потенциальных партнеров для воспроизведения потомства.
- Вид - это экологическое единство: члены популяции взаимодействуют как одно целое с другими популяциями экосистемы.

Биологическая концепция вида объединяет элементы типологической концепции (виды - объективная реальность) и номиналистической (вид имеет статистические характеристики, характеризуется средними показателями, полученными при изучении

отдельных особей). Эта концепция разрешает конфликт между постоянством вида натуралиста и пластичностью вида эволюциониста.

Современные критерии вида

В систематике вид является основной таксономической единицей. Отсюда возникает необходимость в уточнении критериев вида, применяемых биологами при разработке классификаций в любой группе животных и растений. В последнее время в целях определения видовой специфики стали использовать данные экологии, цитогенетики и биохимии. В результате можно говорить о четырех основных критериях вида: 1) морфологическом, 2) физиолого-биохимическом, 3) генетическом и 4) эколого-географическом.

Морфологический критерий предусматривает морфолого-анатомический анализ исследуемой органической формы с целью установления характерных для нее признаков. Таким образом, этот критерий свидетельствует о морфологической изоляции вида. Он является одним из самых ранних видовых критериев. Им пользовались систематики всех поколений, начиная с Дж. Рея и К. Линнея. Он наиболее прост и удобен в практической работе. На его основе составлены все определительные таблицы, как в ботанике, так и в зоологии.

В качестве примера рассмотрим три вида синиц. Они относятся к одному роду *Parus*: *Parus major* L. (большая синица), *Parus atricapillus* L. (буроголовая гаичка) и *Parus cristatus* L. (хохлатая синица). Каждый из этих видов отличается от других характерными признаками. Хохлатая синица обладает хохолком, и окраска темени у нее пестрая. У других двух видов окраска темени черная и хохолок отсутствует. В определителе хохлатая синица окажется в одной тезе, тогда как большая синица и буроголовая гаичка попадут в другую, т. е. в антитезу. Эти два последних вида легко отличаются друг от друга размерами и окраской брюшка: большая синица крупнее, и в окраске ее брюшка присутствует желтый цвет, которого нет у буроголовой гаички. Пример свидетельствует о том, что виды, описанные Линнеем более двухсот лет назад на основе морфологического критерия, и сейчас определяются с помощью этого же критерия.

Однако при всей простоте и удобстве морфологический критерий является относительным и далеко не полноценным. Ограниченность морфологического критерия выступает особенно отчетливо на примере так называемых видов-двойников, или биологических видов.

Виды-двойники - это совместно обитающие органические формы, которые очень сходны или неразличимы морфологически, но обладают специфическими физиологическими особенностями. О существовании биологических видов было известно еще Дарвину по работам энтомолога Уэлша. Больше всего таких двойников описано у насекомых, например у тлей рода хермес (*Chermes*). Как уже указано, морфологически они практически неразличимы. Однако они не скрещиваются между собой и живут на разных растениях-хозяевах, т. е. питаются различной пищей. В случае видов-двойников, где применение морфологического критерия оказывается бесполезным, очевидно, особое значение должен иметь следующий критерий - физиолого-биохимический.

Физиолого-биохимический критерий предусматривает всесторонний физиолого-биохимический анализ исследуемой органической формы с целью выявления ее специфических свойств. Следовательно, он свидетельствует о физиолого-биохимической изоляции вида. Гипотеза, лежащая в основе физиолого-биохимического критерия вида, сама по себе очень проста и ясна. Виды различны, потому что различны их химические структуры. Особенности вида передаются от поколения к поколению, так как в гаметах закодированы процессы синтеза определенных, специфических белков.

Генетический критерий. Генетический критерий в основном базируется на двух положениях. Во-первых, виды обычно хорошо различаются кариотипами, т.е.

совокупностью признаков хромосомного комплекса. Во-вторых, особи разных видов в естественных условиях, как правило, не скрещиваются.

Для некоторых систематических групп животных характерна типичная форма хромосом. Так, у саранчовых (семейство Acrididae), хромосомы обычно имеют палочковидную форму, а у амфибий - форму буквы V. У растений форма хромосом менее постоянна, и для них характерно наличие спутников и перетяжек. Систематическое значение имеют и более мелкие детали строения отдельных хромосом.

Важным показателем видовой специфики является результат скрещивания между изучаемыми формами, отличающимися морфологическими признаками. Как уже отмечалось выше, особи разных видов, как правило, не скрещиваются друг с другом. Препятствиями для скрещивания являются различные физиологические и морфологические механизмы, вырабатывающиеся в результате эволюционного процесса. Такие изолирующие механизмы могут быть различны в разных группах животных и растений.

Для животных особое значение имеют этнологические изолирующие факторы, т. е. факторы, связанные с характером поведения. К таким этнологическим факторам относится в первую очередь специфика брачного поведения половозрелых форм, предшествующая образованию пар. Сюда надо включить демонстрацию специальных окрасок, появляющихся в брачный период, наличие определенных запахов, звуковые сигналы (пение птиц, стрекотание кузнечиков и т. д.), характерные движения, предшествующие спариванию (брачные танцы у птиц, моллюсков и других животных).

У цветковых растений межвидовому скрещиванию обычно препятствует то, что пыльца одного вида не прорастает на рыльце другого вида. В ряде случаев пыльца прорастает, но пыльцевые трубки растут очень медленно, и оплодотворение не происходит. Наконец, наблюдаются и такие факты, когда происходит слияние яйцеклетки с чужеродной гаметой и начинается формирование гибридного зародыша, но он гибнет на какой-нибудь стадии эмбрионального развития.

Эколого-географический критерий предусматривает эколого-географический анализ исследуемой биологической формы с целью установления закономерностей географического распространения и особенностей ее взаимоотношения с факторами внешней среды.

Каждый вид занимает определенную область распространения, т. е. ареал. Ареалы видов одного рода могут быть или полностью изолированными, или в какой-то мере налегать друг на друга и даже совпадать.

Виды, имеющие изолированные ареалы, называются аллопатрическими. Виды, у которых ареалы перекрываются или совпадают, именуются симпатрическими. Например, ареалы четырех видов австралийских земляных попугаев (*Platycercus*), которые хорошо отличаются друг от друга своими морфологическими признаками, особенно окраской и оперением.

Ареалы этих видов очень специфичны: они образуют прерывистое кольцо, опоясывающее центральную часть Австралии. Происхождение этих ареалов становится понятным, если иметь в виду, что сравнительно недавно климат Австралии был менее засушливым и, леса заходили далеко в глубь страны. Наступление засушливого периода привело к сокращению лесных массивов, с которыми связано формирование видов рода *Platycercus*. При этом характерно, что *P. icterotis* и *P. venustus* имеют в настоящее время изолированные ареалы, связанные с изолированными участками лесов. Эти виды по отношению друг к другу являются типичными аллопатрическими. У двух других видов (*P. adscitus* и *P. eximius*) ареалы перекрываются, и поэтому мы их должны отнести к симпатрическим. В том, что эти хорошо морфологически обособленные формы действительно являются видами, убеждает отсутствие гибридов между ними в местах перекрывания ареалов.

Репродуктивная изоляция у растений

Возможные механизмы репродуктивной изоляции, обусловленные своеобразием растений, можно сгруппировать в зависимости от момента их действия. При этом самые важные моменты — это опыление и образование зиготы. Уже попадание на рыльце индивида большого количества пыльцы другого вида может препятствовать его репродуктивному успеху. Образование зиготы при оплодотворении яйцеклетки спермием чужого вида ведет к бесплодию и тем самым снижает приспособленность индивидуума. Действенные механизмы репродуктивной изоляции, включающиеся перед опылением (англ. pre-mating) и оплодотворением (презиготические), являются важной предпосылкой аллопатрического видообразования наряду с пространственной изоляцией.

1. **Экологическая изоляция.** Почти полностью перекрывающиеся ареалами виды гравилат городской (*Geum urbanum*) и гравилат речной (*G. rivale*) встречаются соответственно во влажных смешанных лесах, кустарниковых зарослях, по опушкам и в сырых местообитаниях различного рода. Если их местообитания оказываются рядом, то виды часто гибридизируют.

2. **Временная изоляция.** Время цветения близкородственных и встречающихся вместе видов может быть разным. Пример суточного различия времени цветения — цветущий весной *Lactuca graminifolia* и цветущий летом *L. canadensis* на юго-востоке США. Пример суточного различия цветения — *Silene latifolia* (цветки раскрываются ночью) и *S. dioica* (цветки раскрываются днем); они также изолированы благодаря разным опылителям.

3. **Изоляция экологией цветения.** Гибридизации близкородственных видов могут препятствовать специфические опылители. Яркий пример — орхидеи рода *Ophrys*, строение и аромат цветков разных видов которых имитируют самок разных перепончатокрылых и их феромоны и потому посещаются самцами разных видов. Близкородственные губастик красный (*Mimulus cardinalis*) и губастик Льюиса (*M. lewisii*) (*Scrophulariaceae*) в Калифорнии опыляют соответственно колибри и шмели. С различием опылителей обычно связаны также и морфологические различия цветков, которые более или менее исключают опыление неспецифичным опылителем. Данное явление называют также *механической изоляцией*.

Успешному оплодотворению и образованию зиготы после опыления (англ. post-mating) может препятствовать так называемая гибридная несовместимость.

4. **Гибридная несовместимость.** Ее обеспечивают механизмы, препятствующие прорастанию пыльцы, росту пыльцевой трубки через столбик, выходу ядра спермия из пыльцевой трубки или оплодотворению вторичного ядра зародышевого мешка, необходимого для образования эндосперма у цветковых растений.

Другой аспект роста пыльцевых трубок состоит в том, что при попадании на рыльце собственной и чужой пыльцы пыльцевые трубки собственной пыльцы обычно растут быстрее, чем пыльцевые трубки чужеродной пыльцы. В зависимости от количественных соотношений между собственной и чужой пылью в том или мере снижается успех оплодотворения пылью чужого вида.

После образования зиготы включаются *постзиготические* механизмы.

5. **Сниженная жизнеспособность гибридов F1.** Пониженная жизнеспособность гибридных индивидуумов может проявляться на разных стадиях — от первого деления зиготы до цветущего и плодоносящего растения.

6. **Стерильность гибридов.** Фертильность гибридов может быть снижена благодаря генным, хромосомным или цитоплазматическим различиям между родительскими видами. Различия по одному или многим генам могут привести при их комбинировании у гибридов к снижению фертильности.

7. **Гибридный распад.** Снижение жизнеспособности или фертильности проявляется не в первом гибридном поколении, а в последующих.

Разную степень репродуктивной изоляции использовали в экспериментальной систематике в трудоемких опытах по скрещиванию для определения степени родства

между видами. При этом, правда, стало очевидно, что эволюционная дивергенция по морфологическим признакам и репродуктивная изоляция вовсе не всегда тесно сцеплены. Известны примеры, когда морфологически очень разные виды могут легко скрещиваться и давать фертильные гибриды, а также примеры, где едва различимые формы репродуктивно изолированы друг от друга.

Работа 1. Сравнительная характеристика определения понятия «вид»

Ход работы:

1. Изучите теоретическое введение затем заполните таблицы 16.

Таблица 16

Сравнительная характеристика определения понятия «вид»

Ученый	Определение понятия «вид»	Происхождение видов	Реальность существования
К. Линней			
Ж.-Б. Ламарк			
Ч. Дарвин			

Работа 2. Сравнительная характеристика концепций вида

Ход работы:

1. Изучите теоретическое введение затем заполните таблицы 17.

Таблица 17

Концепции вида

Концепция вида	Основоположник	вид – это...
типологическая		
номиналистическая		
политипическая		
биологическая		

Работа 3. Современные критерии вида

Ход работы:

1. Изучите теоретическое введение затем заполните таблицы 18.

Таблица 18

Критерии вида

Признаки, определяющие вид	Краткая характеристика	Примеры
Морфологические		
Физиолого-биохимические		
Генетические		
Эколого-географические		

Работа 4. Сравнительная характеристика механизмов репродуктивной изоляции у растений

Ход работы:

1. Изучите теоретическое введение затем заполните таблицы 19.

Таблица 17

Репродуктивная изоляция у растений

Тип изоляции	Время действия*				Механизмы и примеры
	pre-mating	презиготическая	post-	постзиготическая	

			mating		

Примечание: * - отметить «+» или «-»

ВЫВОДЫ:

1. История формирования понятия о виде.
2. Современное представление о виде. Определение понятия «вид». Почему в настоящее время существует много определений?
3. Основные свойства видов и критерии.

Занятие 9. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП

Работа 1. Виды различных систематических групп

Ход работы

1. Вспомните основные свойства видов и критерии. Используя определители, таблицы, возьмите два вида растений, насекомых, рыб, птиц. На основании морфологического критерия докажете отличие одного вида от другого. Полученные данные, характеризующие самостоятельность этих видов, занесите в таблицы 19, 20, 21.



Рисунок 10. А. Адонис весенний, Б Адонис сибирский

Таблица 19

Сравнительно-морфологическая характеристика видов растений

Вид	Признаки					Причины сходства и отличий
	Форма	Стебель	Цветки	Соцветия	Экология	

	листа				и время цветения	



Рисунок 11. А. Бабочка голубянка-арион, Б – свекловичная тля

Таблица 20

Сравнительно-морфологическая характеристика видов насекомых

Название вида	Признаки			
	Форма крыльев, рисунок, окраска	Тип ротового аппарата	Размножение и развитие	Питание

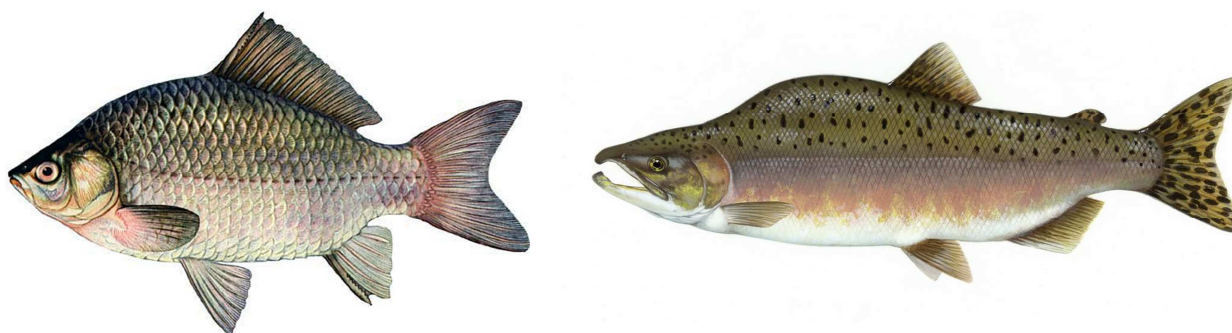


Рисунок 12. А. Серебряный карась, Б – Горбуша

Таблица 21

Сравнительно-морфологическая характеристика видов рыб

Вид	Признаки					
	Длина	Ширина	Количество лучей в спинном плавнике	Чешуя (циклоидная, кеноидная)	Место обитания, окраска	Период и особенности нереста



Рисунок 12. А. Сизый голубь, Б – Обыкновенный скворец

Таблица 22

Сравнительно-морфологическая характеристика видов птиц

Вид	Признаки				
	Размер	Форма и окраска крыльев	Строение клюва	Местообитание и характер размножения	Питание

ВЫВОДЫ:

1. Основные пути видообразования. Рассмотреть примеры аллопатрического и симпатрического видообразования.
2. Отличаются ли целостность вида и целостность особей?
3. В чем выражается дифференциация и интеграция видов? Как вы понимаете полиморфизм?
4. Что определяет темпы видообразования?
5. Покажите необходимость и случайность в процессе видообразования.
6. Внутривидовые формы изменчивости (возрастная, половой диморфизм, сезонная). Привести примеры и описание.

Занятие 10. ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ ОРГАНИЗМОВ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ И ЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

Теоретическое введение. Все закрепляющиеся в ходе эволюции особенности представляют собой те или иные адаптации (от лат. *adaptatio* - приспособление). Это в равной степени относится к морфологическим особенностям отдельных особей, образованию новых популяций и видов, изменению биогеоценозов. Возникновение приспособленности к среде - основной результат эволюции. Поэтому эволюцию можно рассматривать как процесс возникновения адаптаций - адаптациогенез.

Адаптация — это возникновение и развитие конкретных морфофизиологических свойств, значение которых зависит от тех или иных условий среды, т. е. адаптация — это всегда приспособление к «чему-то» и это «что-то» в широком смысле — среда обитания.

Работа 1. Адаптации

Ход работы:

1. Внимательно рассмотрите коллекции насекомых, тушки гербарии и живые растения, выясните, в чем проявляется приспособление к жизненным условиям животного или растительного организма?

2. Определите черты приспособления организмов в природе и выясните, абсолютны эти приспособления или относительны?

3. Результаты наблюдений занесите в соответствующие таблицы (23, 24, 25, 26, 27).

Таблица 23

Приспособленность растений и животных

Название животного (растения)	Среда обитания	Приспособительные признаки в строении	Относительная целесообразность наблюдаемых приспособлений

Таблица 24

Покровительственная окраска

Животные	Окраска	Тип окраски	Достигаемый эффект в определенных условиях

Таблица 25

Маскировка

Животное	Окраска и форма тела	Чему подражает	Биологическое значение

Таблица 26

Демонстрационная окраска

Животные	Окраска	Защитные свойства	Тип окраски	Достигаемый эффект

Таблица 27

Мимикрия

Подражатели	Модели	Признаки сходства	Достигаемый эффект

ВЫВОДЫ:

1. Определение органической целесообразности. Примеры.
2. Однозначны ли понятия «приспособленность», «адаптация», «целесообразность»?
3. Можно ли эволюцию описать как процесс адаптаций.
4. Каковы зависимости между естественным отбором и адаптированностью?

Вопросы к экзамену:

1. Эволюционные идеи в мировоззрении античных натурфилософов. Единство природы, «лестница существ», идея развития.
2. Роль знаний по теории эволюционного развития в решении задачи воспитания и духовно-нравственного развития обучающихся в учебной и внеучебной деятельности.
3. Метафизический период в развитии эволюционной теории. Концепции преформизма и эпигенеза. Возникновение идей трансформизма.
4. Возникновение идей трансформизма, их развитие. Противостояние креационизма и трансформизма, диспут Ж.Кювье и Э.Ж.Сент-Илера.
5. Эволюционная теория Ж.Б. Ламарка: движущие силы, роль внешней среды, наследование приобретенных признаков. Историческая оценка значения теории Ламарка.
6. Развитие эволюционной идеи в 19 веке. Естественно-научные предпосылки возникновения теории Ч.Дарвина.
7. Основные положения теории Ч. Дарвина. Значение дарвинизма в развитии биологических наук.
8. Учение Ч.Дарвина об искусственном отборе, его суть и значение.
9. Развитие эволюционной теории в последарвиновский период. Классический дарвинизм. Генетический антидарвинизм. Рождение синтетической теории эволюции.
10. Основные положения синтетической теории эволюции.
11. Развитие эволюционной теории в России. Объективные и субъективные причины возникновения лысенковщины (псевдодарвинизм).
12. Методы изучения эволюции: палеонтологический, биогеографический, эмбриологический, систематический, генетический, биохимический и др.
13. Основные свойства живого. Пять аксиом теоретической биологии (по Б. Медникову). Уровни организации живого вещества.
14. Проблема биопоэза. Гипотезы происхождения жизни на земле. Гипотеза биохимической эволюции.
15. Основные этапы филогенетического развития животных. Крупнейшие ароморфозы в стволах типов беспозвоночных и типа хордовых.
16. Основные этапы филогенетического развития растений. Крупнейшие ароморфозы.
17. Явление изменчивости. Генотипическая изменчивость, ее причины. Фено- и паратипическая формы изменчивости. Значение изменчивости в эволюции органического мира.
18. Ненаправленные факторы микроэволюции, их суть и значение.
19. Мутации как элементарное эволюционное явление. Мутационная и комбинативная изменчивость. Понятие «нормы реакции», эволюционное значение адаптивных модификаций.
20. Генетико-автоматические процессы в популяциях. Влияние волн жизни, дрейфа генов и потока генов на генотипический состав популяций. Принцип основателя.
21. Генетическая гетерогенность популяции: факторы и пути ее формирования, значение для эволюции.
22. Изоляция как эволюционный фактор. Основные формы, их роль в микроэволюции.
23. Биологическая изоляция, ее формы, значение в эволюционном процессе. Механизм видообразования при биологической изоляции.

24. Территориально-механическая изоляция, ее формы. Механизм видообразования в территориально изолированных популяциях вида.
25. Борьба за существование как взаимодействие с окружающей средой. Ее причины и формы. Эволюционная роль экологических взаимоотношений (хищник – жертва, симбиоз, мутуализм и др.).
26. Естественный отбор. Основные формы. Элиминация, ее формы и значение. Творческая роль естественного отбора.
27. Количественные характеристики естественного отбора: коэффициент, эффективность, скорость. Закон Харди-Вайнберга в природных популяциях.
28. Явление адаптации. Классификация адаптаций (по Тимофееву-Ресовскому). Механизм формирования организменных и видовых адаптаций. Факторы–ограничители адаптаций. Относительность органической целесообразности.
29. Понятие «вид». История его развития. Концепция политипического вида. 29. Критерии вида. Реальность существования и биологическое значение вида.
30. Структура вида. Генетическая и экологическая неоднородность. Алло- и симпатрические формы. Географическая изменчивость. Клины. Подвиды. Расы. Географические изоляты. Гибридные зоны.
31. Процесс видообразования. Основные формы видообразования. Микроэволюционный механизм внезапного, постепенного, алло- и симпатрического видообразования. Филетическая эволюция.
32. Понятие «микроэволюция». Ее сущность и значение.
33. Основные способы осуществления онтогенеза (личиночный, неличиночный, вторичноличиночный). Продолжительность онтогенеза.
34. Целостность и устойчивость онтогенеза. Корреляции координации.
35. Эмбрионизация онтогенеза. Неотения. Фетализация.
35. Автономизация онтогенеза. Онтогенез – основа филогенеза.
36. Эволюционные изменения хода онтогенеза (анаболия, девиация, архалаксис).
37. Учение о рекапитуляции. Биогенетический закон в современной интерпретации.
38. Формы филогенеза: дивергенция, конвергенция, параллелизм, филетическая эволюция.
39. Направления эволюции: арогенез и аллогенез, их критерии, примеры, причины и пути возникновения, эволюционные последствия.
40. Происхождение и иерархия филогенетических групп. Темпы их эволюции. Филогенетические реликты. Вымирание.
41. Правила эволюции групп: необратимость, прогрессирующая специализация, происхождение от неспециализированных предков и т.д.
42. Способы преобразования органов и функций (усиление, ослабление, полимеризация, разделение и т.д.).
43. Темпы эволюции органов и функций. Причины и механизмы редукции, рудиментации, атавизмов.
44. Понятие эволюционного прогресса и его критерии (по А.Н.Северцову и Н.Н.Шмальгаузену). Классификация явлений прогресса. Взаимосвязь направлений.
45. Гипотезы происхождения человека. Место человека в зоологической системе.
46. Гипотеза происхождения вида *Homo sapiens* от обезьяноподобных предков.
47. Основные этапы эволюции предковых форм человека.

48. Происхождение человека и половой отбор. Типы брачных отношений в отряде приматы, у вида *Homo sapiens*.
49. Морфофизиологические преобразования в ряду предковых форм вида *Homo sapiens*, их причины и значение для эволюции.
50. Классификация человеческих рас. Основные морфологические признаки «больших» рас, их происхождение и адаптивное значение. Значение изоляции и особенности эволюции малых групп в происхождении политипизма вида *Homo sapiens*.
51. Нетрадиционные теории происхождения вида *Homo sapiens*: «голая обезьяна» Десмонда Мориса, «водяная обезьяна» Яна Линдблада.
52. Эволюция экосистем. Эволюция и дифференциация биосферы. Сукцессия. Сопряженная эволюция видов. Отбор экосистем.
53. Современные дискуссии в эволюционном учении: нейтрализм, ортогенез, номогенез, тихогенез, сальтационизм, эктогенез, автогенез, селектогенез и т.д. Трактровка спорных вопросов эволюционной теории: движущие силы эволюции, ее направленность, величина элементарного процесса, характер исходных преобразований.

Литература:

1. Макарова, И.М. Биологические концепции современного естествознания (происхождение и развитие жизни, эволюционное учение, антропогенез): учебное пособие: [16+] / И.М. Макарова, Л.Г. Баймакова; Сибирский государственный университет физической культуры и спорта. – Омск: Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, 2009. – 148 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277203> – Библиогр. в кн. – Текст: электронный
2. Лузянин, С.Л. Экологические основы эволюции: учебное пособие / С.Л. Лузянин, С.В. Блинова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2013. – 96 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232771> – ISBN 978-5-8353-1521-5. – Текст: электронный.
3. Клягин, Н.В. Современная антропология: учебное пособие / Н.В. Клягин. – Москва: Логос, 2014. – 624 с. – (Новая университетская книга). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233781> – ISBN 978-5-98704-658-6. – Текст: электронный.
4. Иванов, А.Л. Эволюция и филогения растений: учебное пособие: [16+] / А.Л. Иванов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 293 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576146> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-0826-1. – DOI 10.23681/576146. – Текст: электронный.
5. Гиляров, А.М. Экология биосферы: учебное пособие: [16+] / А.М. Гиляров; под общ. ред. Д.В. Карелина, Л.В. Полищук. – Москва: Московский Государственный Университет, 2016. – 160 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595274> – Библиогр.: с. 148-153. – ISBN 978-5-19-011081-4. – Текст: электронный.
6. Тулякова, О.В. Биология: учебник: [16+] / О.В. Тулякова. – Изд. 2-е, стер. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. – 450 с.: ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576759> – Библиогр.: с. 431. – ISBN 978-5-4499-0114-9. – DOI 10.23681/576759. – Текст: электронный.