

УДК 371.388.57

УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАК ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ¹

Левых Алёна Юрьевна,

заведующая химико-аналитической лабораторией государственного казённого учреждения Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики», кандидат биологических наук, доцент, г. Салехард, электронная почта: aljurlv@mail.ru

Трушников Анастасия Сергеевна,

студентка Ишимского педагогического института им. П.П. Ершова (филиала) Тюменского государственного университета, г. Ишим, электронная почта: trushnikova@inbox.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УЧЕБНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ. ПРИМЕР АВТОРСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО БИОЛОГИИ ДЛЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ, РАЗРАБОТАННОЙ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ИНДИКАТОРНОГО ВИДА МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ — КРАСНОЙ ПОЛЁВКИ (*Clethrionomys rutilus*).

• лабораторная работа • учебное исследование • метапредметные результаты • *Clethrionomys rutilus* • внутривидовая изменчивость • краниометрические признаки • статистические закономерности • вариационный ряд • закон нормального распределения

Лабораторная работа является традиционной формой организации учебной деятельности по естественно-научным дисциплинам, которая к тому же позволяет реализовать основные принципы современных стандартов школьного

образования — принципы усиления практико-ориентированности образовательного процесса, обеспечения взаимосвязи между наукой и практикой, системно-деятельностного, личностно ориентированного, компетентностного обучения, применительно к лабораторным работам по биологии — принцип экологизации образования.

При организации лабораторной работы может быть использован целый комплекс современных образовательных технологий или их элементов, что позволяет максимально реализовать образовательный потенциал лабораторной работы для достижения предметных, личностных, метапредметных результатов обучения².

Так, при организации лабораторной работы могут быть применены технологии проблемного обучения (посредством постановки проблемной учебной задачи), разноуровневого обучения (путём дифференциации учебных задач в зависимости от уровня предметной подготовленности и общего развития учащихся

¹ Авторы выражают глубокую признательность Людмиле Васильевне Ведёрниковой, доктору педагогических наук, профессору кафедры педагогики и психологии Ишимского педагогического института имени П.П. Ершова (филиала) Тюменского государственного университета за ценные рекомендации по работе над статьёй.

² Балашова Е.А. Соотнесённость учебных действий и компетентности // Проблемы современного образования. 2018. № 6. С. 118–123.

Казарова О.А., Егорова В.А. Адаптивно-инновационный подход в организации лабораторных работ по биологии и химии // Российская наука: тенденции и возможности: сб. науч. статей. Науч. ред. Л.И. Ермакова. М., 2018. С. 45–48.

Кузнецова Н.М. Лабораторные работы по биологии как средство формирования познавательных УУД // Региональное образование: современные тенденции. 2014. № 1(22). С. 130–132.

Лопатина С.С. Достижение метапредметных результатов при проведении лабораторных работ по биологии // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: материалы XXVIII межд. науч.-практ. конф. Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований», 2016. С. 134–137.

Магомедов Г.А. Развитие практических умений у учащихся при проведении лабораторных работ по общей биологии (тема — Клетка) // Вестник социально-педагогического института. 2019. № 4 (32). С. 47–51.

ся), учебного исследования (путём решения исследовательских задач, знакомства с научными методами познания, овладения исследовательскими методиками, постановки цели, задач, гипотезы, проведения наблюдения или исследования, анализа результатов работы, формулировки выводов), учебного проекта (путём предварительной разработки и краткой презентации индивидуальных и групповых учебных проектов по разным аспектам темы работы), обучения в сотрудничестве (путём совместного выполнения учащимися общего варианта работы), критериального оценивания, информационно-коммуникационные технологии (посредством подготовки учителем и учащимися мультимедийных презентаций, использования разнообразных электронных ресурсов и баз данных, видеофрагментов, прикладных компьютерных программ для статистической обработки и графической визуализации результатов работы). Лабораторная работа может быть включена в один из тематических модулей при реализации в старших классах технологии лекционно-семинарского обучения³. Таким образом, лабораторная работа является эффективным методическим средством реализации требований современных стандартов основного общего и среднего общего образования⁴.

В то же время современные школьные стандарты ориентированы на достижение метапредметных результатов, в том числе овладение универсальными учебными действиями (познавательными УУД: базовыми логическими действиями, базовыми исследовательскими действиями, умением работать с информацией; коммуникативными УУД: навыками общения, опытом совместной деятельности; регулятивными УУД: формированием смысловых установок и жизненных навыков личности (управления собой, самодисциплины, устойчивого поведения))⁵. Согласно исследованиям по реализации метапредметного подхода в образовании⁶, «для достижения метапредметного результата необходима интеграция не только знаний, но и способов деятельности, которые <...> должны реализоваться при работе с любым предметным содержанием». В качестве одного из ключевых обобщённых способов деятельности, способствующих достижению метапредметных результатов, рассматривается учебно-исследовательская деятельность — деятельность под руководством педагога, направленная на приобрете-

ние учащимися новых и личностно значимых конкретно для них знаний, предполагающая прохождение основных этапов, характерных для научных исследований.

Как форма организации учебно-познавательной деятельности в предметной области «Естественные науки», лабораторная работа содержит наилучшие методические и дидактические возможности для осуществления учебно-исследовательской деятельности учащихся. Это обуславливает приоритет в использовании при организации лабораторной работы технологии учебного исследования — совокупности приёмов и методических средств, позволяющих реализовать все этапы учебно-исследовательской работы: выявление проблемы (противоречивой ситуации, требующей изучения и решения); выбор темы; постановка цели, задач; выдвижение гипотезы; выбор методов исследования (и овладение методами); проведение исследования; обработка и анализ результатов исследования; формулирование выводов; оформление работы. Для учебного исследования, осуществляемого в рамках лабораторной работы при ограниченном количестве времени, наиболее затратные по времени этапы выявления проблемы и выбора темы могут быть выполнены учителем с последующими разъяснениями

³ Еркина С.Л. Современные образовательные технологии / ЦДНТТ ГАОУ АО ВПО «АИСИ». URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KAV47/education/Tab2/pt_v_t.pdf (дата обращения 28.06.2021).

⁴ Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

Соколова С.И. Особенности проведения лабораторных и практических работ в условиях реализации ФГОС // Электронная библиотека ГАУ ДПО «Смоленский областной институт развития образования». 2015. URL: http://dpo-smolensk.ru/biblioteka/inform_obespech/kaf-EMC/biolog-fgos.pdf (дата обращения: 21.08.2020).

Уткина Т.В. Лабораторные работы как способ достижения метапредметных результатов: актуальные возможности межпредметной интеграции // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. С. 103–103. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27943> (дата обращения: 08.08.2021).

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027> (дата обращения: 07.08.2021).

⁵ Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027> (дата обращения: 07.08.2021).

⁶ Уткина Т.В. Лабораторные работы как способ достижения метапредметных результатов: актуальные возможности межпредметной интеграции // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. С. 103–103. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27943> (дата обращения: 08.08.2021).

учащимся или учащимися по предварительному заданию учителя. Остальные этапы учебного исследования могут быть выполнены во время урока самими учащимися при непрерывной координации их работы учителем и при условии хорошей методической подготовки лабораторной работы (разработанности алгоритма работы, наличии инструктивных карточек, обеспеченности каждого учащегося дидактическими материалами).

Всё сказанное определило цель данной работы — разработку методических рекомендаций по организации лабораторной работы с применением технологии учебного исследования. Предметом данной статьи послужила технология авторской лабораторной работы по биологии, разработанной с применением материалов полевых исследований природных популяций широко распространённого вида мелких млекопитающих — красной полёвки (*Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779)⁷.

Предлагаемая лабораторная работа может быть проведена при изучении темы «Изменчивость» в школьном курсе «Основы общей биологии» (9 класс) или «Общая биология» (10–11 класс).

Рассмотрим поэтапно организацию учебного исследования в рамках данной лабораторной работы.

Этап «Выявление проблемы»

Проблему можно определить как некое противоречие (разрыв) в существующих знаниях

или между знанием и его практическим применением, требующее дальнейшего изучения. Для изложения проблемы необходимо объяснить, как всё должно быть, т.е. описать желаемую ситуацию, затем описать условие, которое препятствует реализации в настоящее время желаемой ситуации, и указать способ, которым предлагается приблизить нынешнюю ситуацию к желаемой. Описание проблемы не должно быть длинным и сложным, для хорошей постановки проблемы достаточно одной страницы.

Описание проблемы для учебного исследования в рамках лабораторной работы

Изменчивость является всеобщим природным явлением, благодаря которому возможно приспособление живых организмов к изменяющимся в пространстве и времени условиям существования. С позиций научной теории эволюции, мутационный процесс — процесс возникновения наследственных мутационных изменений — рассматривается как элементарный фактор эволюции, а сами мутации — как элементарный эволюционный материал. Таким образом, знание природы изменчивости имеет важное значение для формирования естественно-научной картины мира, понимания экологических и эволюционных проблем. В то же время имеется противоречие между общебиологической и мировоззренческой значимостью предметных понятий «изменчивость», «виды изменчивости», «эволюционное и экологическое значение разных видов изменчивости», «факторы изменчивости», с одной стороны, и ограниченными в рамках школьного курса по времени и использованию фактического материала возможностями изучения такого сложного явления, как «изменчивость», с другой стороны.

Так, в перечень примерных лабораторных работ по разделу «Общебиологические закономерности» включена только одна работа — «Выявление изменчивости организмов»⁸. Из списка учебников для 9-го класса, рекомендованных к использованию Министерством образования и науки РФ, только в двух учебно-методических линиях предусмотрено выполнение лабораторной работы по изучению изменчивости с применением статистических методов⁹. При этом учащимся предлагается исследовать статистические закономерности модификационной (нена-

⁷ Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

Шварц С.С., Павлинин В.Н. Мышевидные грызуны Урала. Свердловск, 1953. С. 21–24.

Kryštufek B., Tesakov A.S., Lebedev V.S., Bannikova A.A., Abramson N.I., Shenbrot G. 2019. Back to the future: the proper name for red-backed voles is *Clethrionomys Tilesius* and not *Myodes* Pallas // *Mammalia*. 2019. Vol. 84. I. 2. P. 214–217. DOI: 10.1515/mammalia-2019-0067

⁸ Примерная основная образовательная программа основного общего образования образовательного учреждения. Основная школа / Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 8 апреля 2015 г. № 1/15). URL: <https://fgosreestr.ru/registry/primernaya-osnovnaya-obrazovatel'naya-programma-osnovnogo-obshhego-obrazovaniya-3/>.

⁹ Кузнецова Н.М. Лабораторные работы по биологии как средство формирования познавательных УУД // Региональное образование: современные тенденции. 2014. № 1 (22). С. 130–132.

следственной) изменчивости размерных признаков семян/листьев или счётных признаков семян на примере одного экземпляра растения или растений одного сорта, однородных в генетическом отношении. В рамках основной общеобразовательной программы по биологии не предусмотрена возможность изучения изменчивости на массовом генетически неоднородном материале из природных популяций растений и животных, что позволило бы обратить внимание на всеобщий характер изменчивости и тесную взаимосвязь наследственной и ненаследственной изменчивости, которые обычно изучаются как отдельные биологические феномены¹⁰.

Знания школьников об изменчивости могут быть расширены и углублены при выполнении лабораторной работы (учебного исследования) по изучению изменчивости разных признаков в природных популяциях живых организмов.

Этап «Выбор темы»

От правильной формулировки темы зависит успех всей работы. Название работы должно чётко отражать поставленную проблему и содержание работы. В то же время тема должна быть сформулирована относительно кратко, а используемые при её формулировке понятия должны быть логически взаимосвязаны. Тема должна быть актуальной (т.е. затрагивать наиболее дискуссионные аспекты проблемы), оригинальной (т.е. содержать элемент необычности), доступной (т.е. исследователь должен понимать то, что он пытается изучить и проанализировать), обеспеченной ресурсами (должны быть доступны литература по данной теме, эмпирический материал для исследований) и выполнимой качественно, но относительно быстро.

Обоснование выбора темы лабораторной работы (учебного исследования)

Выбор для исследования красной полёвки (*Clethrionomys rutilus*) обусловлен тем, что большая площадь занимаемого этим биологическим видом ареала определяет существование множества внутривидовых форм (подвидов, популяций), а также ландшафтную и биотопическую неоднородность условий обитания. Всё это обуславливает значительную внутривидовую изменчивость всех черт фенотипа. Широкое распространение и в це-

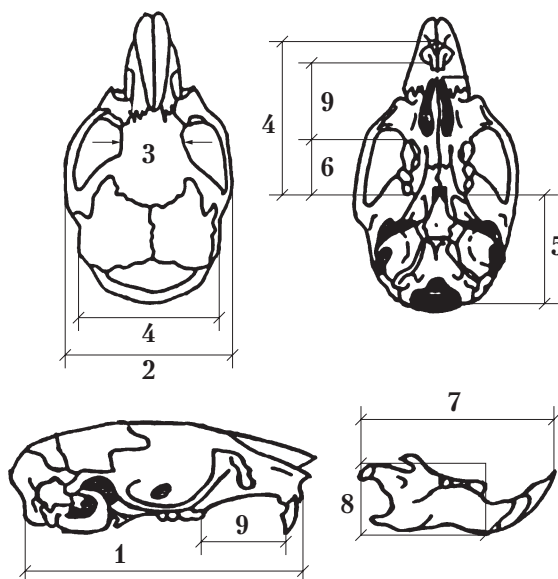


Рис. 1. Схема промеров черепа красной полёвки (по: Левых, Ильина, 2015)¹²: 1) кондилобазальная длина черепа; 2) ширина скулы; 3) ширина межглазничного промежутка; 4) длина лицевого отдела; 5) длина мозгового отдела; 6) длина верхнего ряда зубов; 7) длина нижней челюсти; 8) высота нижней челюсти; 9) длина диастемы.

лом относительно высокая численность вида в природе определяют его частое использование в биолого-экологических исследованиях¹¹. Таким образом, школьники получают возможность познакомиться с одним из видов-биоиндикаторов. Поскольку материалом для разработки вариантов заданий послужили выборки красной полёвки из разных популяций, то учащиеся имеют возможность изучить внутривидовую изменчивость в выборке особей, находящихся в отдалённом родстве, т.е. генетически разнообразной.

¹⁰ Кулёв А.В. Сегодня на уроке: «Ненаследственная изменчивость» // Биология в школе. 2016. № 5. С. 42–46.

Кулёв А.В. Сегодня на уроке: «Наследственная изменчивость» // Биология в школе. 2016. № 6. С. 60–65.

¹¹ Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге экосистем долины реки Гейзерной // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Ред. А.М. Токранов. 2017. С. 39–54.

Левых А.Ю., Ильина Н.В. К вопросу о географической изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Myodes* (= *Clethrionomys*) *rutilus* Pallas, 1779) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3. С. 79–87.

Рядинская, Г.С. Конохов Е.В., Нехорошев О.Г. К изучению фенетического разнообразия красных полёвок (*Myodes* (= *Clethrionomys*) *rutilus* Pallas, 1779) из популяций юга Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. 149 с.

¹² Левых А.Ю., Ильина Н.В. К вопросу о географической изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Myodes* (= *Clethrionomys*) *rutilus* Pallas, 1779) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3. С. 79–87.

Краниометрические признаки представляют собой промеры черепа (рис. 1). Они проявляют сильную положительную корреляцию с размерами мозга и поэтому являются одними из самых стабильных черт фенотипа¹³. Выявление изменчивости этих признаков показывает, что изменчивости подвержены даже жизненно важные признаки организма.

Поскольку основными диагностическими признаками для определения видовой принадлежности мелких млекопитающих являются особенности строения зубной системы, любые исследования с использованием этой группы животных сопровождаются формированием коллекции черепов. Это делает краниометрические признаки доступными для изучения школьниками на коллекционном (музейном) материале.

Изменчивость может быть выявлена только в группе особей (например, в выборке из природной популяции), поэтому для её изучения применяются специальные математические (статистические) методы. Это позволяет не просто установить факт наличия изменчивости по какому-либо признаку, а выявить некоторые закономерности изменчивости. В частности, путём построения вариационного ряда и вариационной кривой можно оценить соответствие распределения количественных признаков в изучаемой выборке закону нормального распределения. Поскольку «норма реакции» признака является результатом действия естественного отбора в определённых условиях существования, в больших по численности природных популяциях у большинства особей проявляется значение признака, близкое к сложившейся в чреде поколений норме (среднему значению). У части особей под влиянием внешней среды значение признака увеличилось или уменьшилось, и чем больше величина отклонения, тем меньше его вероятность. Поэтому кривые распределения количественных признаков имеют колоколообразную форму. Такое распределение принято счи-

тать нормальным. Нарушение нормального распределения признака в изучаемой выборке может быть обусловлено действием на популяцию эволюционно новых для неё факторов (например, антропогенной трансформации местообитаний, техногенного химического загрязнения), а также недостаточным объёмом выборки¹⁴. Установление факта отклонения распределения признака от закона нормального распределения может послужить основанием для более глубокого изучения и анализа вызвавших его факторов и имеет интерес для специалистов-экологов. В этом случае школьникам представляется возможность установить взаимосвязь между наукой и практикой.

Сказанное определило выбор темы лабораторной работы «Изучение статистических закономерностей внутривидовой изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Clethrionomys rutilus*)».

Этап «Постановка цели, задач»

Постановка цели

Цель — это желаемый конечный результат, который планируется получить в ходе учебного исследования (лабораторной работы). Цель должна соотноситься с проблемой и быть напрямую связана с темой. В цели должно быть указание на предполагаемый результат, но она не должна подменяться средствами её достижения. Цель можно сформулировать с помощью глаголов «исследовать», «изучить», «выявить», «проанализировать».

Цель лабораторной работы: исследовать внутривидовую изменчивость краниометрических признаков красной полёвки (*Clethrionomys rutilus*) и выявить её статистические закономерности (или изучить статистические закономерности внутривидовой изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Clethrionomys rutilus*)).

Постановка задач

Задачи — это этапы последовательного достижения цели или небольшие подцели, которые позволяют получить необходимый результат. Задачи можно сформулировать с помощью глаголов «исследовать», «изучить», «выявить», «проанализировать».

¹³ Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Института экологии растений и животных. Вып. 58. Свердловск: АН СССР, Урал. филиал, 1968. 378 с.

¹⁴ Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

Задачи лабораторной работы:

- 1) исследовать изменчивость краниометрических признаков статистическими методами;
- 2) построить вариационный ряд изучаемого краниометрического признака;
- 3) построить вариационную кривую изучаемого краниометрического признака;
- 4) выявить и проанализировать статистические закономерности внутривидовой изменчивости изучаемого краниометрического признака.

Для учебного исследования задачи можно также сформулировать как вопросы, на которые необходимо получить ответ. Например, качественные задачи, отвечающие на вопросы «Есть ли?», «Каковы?», и задачи на выявление причин явлений, отвечающие на вопросы «Почему?», «Чем объясняется?».

Примеры задач лабораторной работы, сформулированных в виде вопросов:

- 1) установить, существует ли внутривидовая изменчивость краниометрических признаков;
- 2) установить, каковы статистические закономерности внутривидовой изменчивости краниометрических признаков;
- 3) выяснить, чем объясняются выявленные статистические закономерности внутривидовой изменчивости краниометрических признаков.

Этап «Выдвижение гипотезы»

Гипотеза — это предположение, вытекающее из существующего теоретического знания и связанное с целью и задачами работы. В то же время гипотеза не должна представлять собой очевидный факт и должна быть проверяема научными методами. Гипотезу можно сформулировать с помощью следующих выражений: «Следует ожидать, что...», «Предполагается, что...», «Если..., то...».

Гипотеза учебного исследования в рамках лабораторной работы

Предполагается, что краниометрические признаки красной полёвки подвержены внутривидовой изменчивости; распределение краниометрических признаков соответствует закону нормального распределения, т.к. материал для исследования собран на особо

охраняемых природных территориях, не подверженных антропогенному воздействию.

Этап «Выбор и описание методов исследования»

Методы исследования — это способы достижения цели, они должны соответствовать цели и задачам работы. В рамках лабораторной работы учащиеся овладевают методами исследования по заданию и алгоритму, предложенному учителем.

При описании методов исследования последовательно описываются все использованные в работе материалы и методы. Из описания должно быть понятно, почему выбраны именно эти методы, а также в нём должна быть отражена логическая последовательность действий исследователя при выполнении работы.

Пример описания материалов и методов лабораторной работы

Материалом для данной работы послужили выборки эмпирических значений краниометрических признаков красных полёвок, предоставленные А.Ю. Левых и А.С. Трушниковой. Зверьков отлавливали в июле-августе 2013–2017 гг. на особо охраняемых природных территориях полуострова Камчатка и Западной Сибири (Тюменская область, Ишимский район)¹⁵. Измерения проводили по общепринятой схеме (рис. 1).

¹⁵ Левых А.Ю. К вопросу о населении мелких млекопитающих окрестностей кордона Озерной (Курильское озеро, Южно-Камчатский заказник) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21. № 5. С. 1803–1809.

Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге экосистем долины реки Гейзерной // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Ред. А.М. Токранов. 2017. С. 39–54.

Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге охраняемых территорий (на примере Ишимского района Тюменской области) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 65–72.

Левых А.Ю. Фауна и структура населения мелких млекопитающих кальдеры вулкана Узон (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 2. С. 79–95.

Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

Левых А.Ю., Ильина Н.В. К вопросу о географической изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Myodes (=Clethrionomys) rutilus* Pallas, 1779) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3. С. 79–87.

Левых А.Ю., Панин В.В. Видовой состав и структура сообществ мелких млекопитающих Парапольского дола (Государственный заповедник «Корякский», Камчатка) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. Т. 4. № 3. С. 1–12.

Для изучения внутривидовой изменчивости краниометрических признаков использовали статистические методы: методы построения вариационного ряда, вариационной кривой и гистограммы распределения признаков¹⁷.

При построении вариационного ряда по выборочным данным определили следующие показатели: объём выборки (n), размах изменчивости (lim), число классов вариационного ряда (k), длину классового интервала (dx), границы классов, центральное значение признака в каждом классе, частоту встречаемости каждого класса. На основании данных вариационного ряда построили вариационные кривые и гистограммы распределения признаков.

Этап «Проведение исследований»

Ход работы

Учащимся раздаются карточки с вариантами заданий и инструкцией по их выполнению. Разные варианты содержат результаты измерений разных признаков. Таким образом, по усмотрению учителя работа может выполняться индивидуально, попарно или небольшими группами.

Варианты заданий

I вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «кондилобазальная длина черепа» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

25,9; 23,5; 24,1; 24,7; 22,6; 22,5; 23,8; 24,1; 26,7; 22,3; 23,7; 24,0; 20,0; 31,0; 24,1; 21,7; 22,8; 23,9; 22,5; 21,7; 21,2; 21,5; 24,4; 22,1; 21,7; 20,5; 22,9; 24,3; 22,0; 22,9; 19,8; 23,6; 21,6; 21,6; 22,3; 19,4; 21,8; 21,6; 21,5; 21,4; 20,8; 22,6; 22,7; 19,8; 20,9; 19,8; 22,5; 22,0; 21,2; 20,9; 24,0; 22,2; 22,2; 22,3; 20,8; 21,3; 21,4; 21,5; 19,8; 21,2; 21,1; 22,9; 22,3; 21,8; 20,9; 21,7; 21,0; 21,3; 20,4; 22,4; 22,2; 21,5; 22,2; 23,4; 21,7; 21,1; 21,5; 25,2; 22,2; 22,0; 23,9; 24,5; 22,2; 22,6; 22,5; 21,7; 22,0. n (объём выборки или количество наблюдений) = 87.

II вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «ширина скул»

(в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

14,1; 11,1; 12,7; 13,5; 13,1; 13,7; 12,0; 13,2; 13,6; 11,8; 11,0; 11,4; 9,6 13,0; 13,0; 11,4; 11,8; 16,8; 10,5; 12,5; 11,6; 12,9; 12,1; 12,4; 13,6; 12,1; 11,8; 11,9; 11,7; 11,2; 11,8; 11,6; 10,5; 11,9; 11,5; 11,1; 11,6; 12,6; 11,2; 11,7; 11,7; 12,2; 13,0; 10,7; 13,5; 11,7; 12,3; 11,5; 12,2; 11,5; 10,6; 11,1; 11,9; 10,9; 11,9; 11,6; 12,2; 11,5; 12,1; 12,5; 10,5; 11,1; 12,2; 11,4; 12,0; 11,6; 10,8; 12,7; 12,0; 12,0; 11,4; 11,6; 10,8; 11,8; 11,5; 12,0; 11,8; 11,2; 12,0; 11,6; 11,6; 12,7; 11,6; 12,2; 10,7. $n = 85$.

III вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «ширина межглазничного промежутка» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

5,5; 4,1; 4,5; 4,7; 4,6; 4,7; 4,6; 4,8; 4,6; 4,7; 5,1; 4,6; 4,7; 4,8; 4,5; 4,6; 4,4; 4,7; 4,8; 4,4; 4,3; 4,4; 4,3; 4,6; 4,9; 4,7; 4,8; 4,8; 4,6; 4,9; 4,6; 4,6; 4,8; 4,6; 4,6; 4,7; 4,6; 5,5; 4,9; 3,7; 4,5; 4,8; 4,7; 4,9; 4,9; 4,7; 5,0; 4,5; 4,3; 5,3; 4,6; 4,6; 4,4; 4,9; 4,4; 4,6; 4,5; 4,5; 4,7; 4,3; 4,5; 4,6; 4,1; 5,2; 4,7; 4,6; 4,4; 4,4; 4,7; 4,7; 4,7; 4,6; 4,7; 4,6; 5,0; 4,7; 4,5; 4,8; 4,6; 4,5; 4,8; 4,6; 4,5; 4,7; 4,1. $n = 85$.

IV вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «длина лицевого отдела» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

14,8; 11,4; 12,5; 13,6; 13,7; 13,6; 14,1; 13,9; 14,4; 12,2; 13,3; 12,3; 12,5; 12,9; 12,6; 13,3; 14,0; 12,6; 11,6; 12,2; 12,8; 14,1; 13,0; 10,5; 11,1; 11,7; 12,1; 13,1; 12,9; 12,8; 12,0; 11,7; 12,3; 11,9; 18,6; 12,8; 12,9; 11,4; 13,0; 14,2; 13,2; 13,1; 12,6; 16,8; 12,6; 12,9; 14,0; 13,2; 12,6; 13,1; 12,6; 12,0; 12,5; 12,1; 12,2; 12,1; 14,6; 12,2; 13,5; 12,4; 12,3; 12,7; 12,2; 11,6; 11,3; 13,4; 13,2; 12,9; 12,8; 11,9; 14,3; 13,6; 13,8; 11,7; 11,3; 12,0; 11,8; 11,6; 13,9; 12,8; 12,1; 10,8; 11,6; 12,8; 12,9. $n = 85$.

V вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «длина мозгового отдела» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

10,9; 10,8; 11,4; 8,0; 12,6; 9,8; 9,8; 10,0; 9,1; 9,9; 9,2; 8,7; 9,7; 9,1; 9,4; 9,6; 9,9; 9,4; 9,3; 9,2; 9,0; 9,9; 9,1; 8,8; 8,4; 9,0; 10,2; 9,9; 9,1; 9,8; 9,9; 8,4; 9,2; 8,9; 9,5; 9,2; 9,2; 9,9; 11,9; 9,0; 9,6; 9,7; 8,2; 9,3; 9,2; 9,4; 8,8; 8,5; 10,2; 8,0; 9,0; 9,6; 9,8; 8,4; 8,7; 8,4; 9,6; 9,6; 9,0; 9,1; 10,1;

¹⁷ Ивантер Э.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. Петрозаводск, 2010. 104 с.

Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

9,3; 9,3; 9,6; 9,0; 9,2; 9,2; 8,6; 9,4; 8,2; 9,1; 9,0; 9,8; 9,9; 9,4; 8,8; 9,5; 8,9; 8,7; 8,4; 9,6; 9,5; 9,2; 9,4; 10,3. $n = 85$.

VI вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «длина верхнего ряда зубов» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

6,3; 4,9; 5,0; 4,4; 4,8; 5,0; 5,0; 6,1; 5,0; 5,0; 6,0; 4,8; 5,7; 4,8; 5,7; 4,8; 4,9; 5,0; 4,7; 5,0; 4,8; 4,8; 4,7; 4,7; 5,0; 4,7; 4,7; 4,3; 4,4; 4,7; 4,5; 5,4; 5,0; 5,0; 4,6; 4,8; 5,4; 4,5; 4,5; 4,6; 5,0; 4,8; 6,5; 4,5; 4,6; 5,1; 4,5; 5,3; 6,1; 5,8; 5,0; 4,8; 6,2; 4,6; 4,7; 4,4; 4,9; 4,3; 4,5; 4,2; 4,7; 4,6; 4,3; 5,8; 4,9; 4,6; 4,7; 4,5; 4,1; 5,2; 4,3; 4,5; 5,8; 4,7; 4,8; 4,3; 4,1; 5,3; 5,1; 4,8; 4,8; 4,6; 4,7; 5,0; 4,4; 4,6. $n = 85$.

VII вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «длина нижней челюсти» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

17,9; 15,2; 15,0; 16,8; 17,3; 17,0; 13,3; 16,6; 17,0; 15,4; 16,8; 17,5; 16,5; 15,0; 15,7; 15,1; 16,0; 16,8; 15,1; 16,0; 16,8; 15,1; 16,0; 16,8; 15,1; 15,4; 14,8; 15,4; 13,2; 13,6; 16,4; 15,7; 14,0; 14,0; 14,7; 14,0; 14,0; 15,0; 16,7; 16,1; 14,9; 17,0; 15,9; 15,1; 13,2; 15,7; 16,3; 14,7; 15,2; 15,7; 23,1; 14,6; 16,2; 17,1; 15,3; 14,7; 16,8; 16,5; 16,7; 15,5; 17,2; 15,3; 19,8; 16,3; 15,2; 15,0; 16,9; 17,2; 15,3; 15,1; 16,2; 15,5; 13,7; 15,3; 15,5; 13,7; 15,3; 15,5; 14,7; 14,5; 14,9; 14,4; 16,5; 14,4; 15,0. $n = 85$.

VIII вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «высота нижней челюсти» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

7,0; 5,5; 4,8; 6,4; 5,5; 5,8; 4,0; 6,8; 6,4; 4,7; 5,3; 4,3; 7,3; 5,3; 4,7; 5,1; 5,2; 5,6; 5,5; 5,0; 5,0; 5,5; 5,1; 5,5; 5,4; 5,7; 5,7; 5,8; 5,1; 4,7; 5,4; 6,3; 5,5; 6,2; 5,6; 6,0; 5,6; 5,6; 5,5; 5,4; 4,6; 5,5; 5,7; 5,7; 5,6; 5,9; 5,1; 5,9; 6,3; 6,2; 6,1; 7,2; 6,8; 7,0; 6,1; 5,0; 5,4; 7,7; 5,7; 5,6; 5,8; 5,2; 5,7; 5,3; 5,6; 5,7; 4,6; 5,3; 6,2; 5,5; 5,0; 5,2; 5,4; 5,2; 5,9; 4,4; 4,4; 5,4; 5,4; 5,0; 4,6; 6,5; 6,4; 5,8; 4,9. $n = 85$.

IX вариант. По предложенным индивидуальным значениям признака «длина диастемы (диастема — беззубый промежуток между резцами и коренными зубами)» (в мм) изучите статистические закономерности его внутривидовой изменчивости:

8,4; 7,7; 5,1; 8,1; 7,8; 8,2; 7,7; 8,3; 8,4; 7,0; 7,2; 7,3; 6,5; 7,7; 7,6; 8,1; 8,3; 7,5; 7,1; 7,0; 7,5; 7,1; 7,2; 8,7; 7,0; 6,0; 6,5; 5,9; 7,3; 7,8; 9,2; 7,3; 7,5; 8,5; 7,5; 5,7; 6,3; 7,4; 7,0; 7,3; 6,5; 7,2; 7,6; 6,6; 7,2; 7,8; 7,2; 7,1; 7,3; 9,7; 7,3; 8,3; 8,0; 7,0; 6,7; 6,9; 6,7; 6,3; 7,2; 7,3; 7,6; 6,8; 7,0; 8,3; 7,5; 7,3; 6,7; 6,6; 6,3; 7,8; 6,5; 7,8; 7,6; 8,1; 7,7; 7,7; 6,8; 8,8; 7,4; 8,6; 7,5; 6,9; 7,0; 7,1; 7,0. $n = 85$.

Инструкция по выполнению заданий

Составим для примера вариационный ряд для признака «кондилобазальная длина черепа» (вариант 1; рис. 1).

1. Определяем объём выборки: $n = 87$.

2. Рассчитываем пределы размаха изменчивости значений (лимиты) — разность между максимальным ($x_{\max}$) и минимальным ($x_{\min}$) значениями:

$$\text{Lim} = x_{\max} - x_{\min} = 31,0 - 19,4 = 11,6$$

3. Находим число классов вариационного ряда по формуле:

$$k = 1 + 3,32 \cdot \lg 87 = 1 + 3,32 \cdot 2 = 7,43$$

(округлим до целого числа — 7)

4. Находим длину классового интервала dx (допустимо округление):

$$d_x = \frac{\text{Lim}}{k} = \frac{11,6}{7} = 1,66$$

5. Устанавливаем границы классов; в качестве первой (нижней) границы принимаем минимальное значение: $x_{\min} = 19,4$

6. Вычисляем центральное значение признака в каждом классе. Сначала найдём центральное значение признака для первого классового интервала, прибавив к нижней границе первого интервала половину значения классового интервала. Центральное значение второго классового интервала можно получить, прибавив к центральному значению первого классового интервала значение классового интервала и т.д. (табл. 2).

7. Производим разность вариантов в соответствующие классы с подсчётом их числа методом конвертов и строим вариационный ряд — двойной ряд чисел, состоящий из обозначения классов (столбец 1) и соответствующих им частот (столбец 4) (табл. 1):

Таблица 1

Определение частот разных классов по признаку «кондилобазальная длина черепа» в объединённой выборке красной полёвки с ООПТ полуострова Камчатка и Западной Сибири

Классы	Центр классового интервала	Подсчёт частот	Частоты
19,40–21,06	20,23	☒ ::	14
21,07–22,73	21,90	☒ ☒ ☒ ☒ ☒	49
22,74–24,40	23,57	☒ ☐	18
24,41–26,07	25,24	::	4
26,08–27,74	26,91	•	1
27,75–29,41	28,58		0
29,42–31,08	30,25	•	1
n			87



Рис. 2. Гистограмма распределения признака «кондилобазальная длина черепа» в объединённой выборке красной полёвки с ООПТ полуострова Камчатка и Западной Сибири

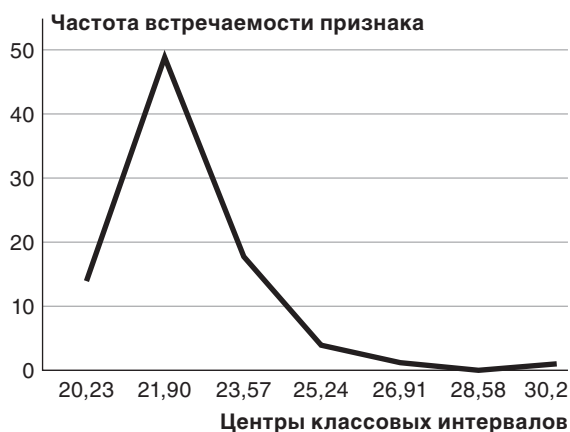
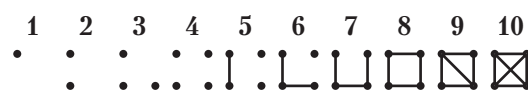


Рис. 3. Вариационная кривая распределения признака «кондилобазальная длина черепа» в выборке красной полёвки с ООПТ полуострова Камчатка и Западной Сибири



8. На основании вариационного ряда строим графики. Для этого по оси абсцисс откладываются центральные значения классовых интервалов, а по оси ординат — их частоты (рис. 2, 3).

Этап «Анализ результатов исследования»

На этом этапе необходимо сопоставить результаты исследования с литературными данными по теме работы и, исходя из существующих научных представлений об изучаемом явлении, объяснить полученные данные.

Пример обсуждения результатов лабораторной работы

Анализ результатов исследования показывает, что признак «кондилобазальная длина черепа» в изучаемой выборке красной полёвки изменяется в интервале от 19,4 мм до 31,0 мм, то есть выявлена значительная внутривидовая изменчивость этого признака. У 49 особей (56% всех особей в выборке) значение признака находится в границах второго класса — в интервале от 21,07 мм до 22,73 мм. В связи с этим второй класс в данном исследовании является центральным. У 32 особей (36,8%, первый и третий классы, соответственно, по $n = 14$; $n = 18$)

значения признака находятся в ближайшем к центральному интервале. Только у шести особей (6,9%, четвёртый, пятый, седьмой классы, соответственно, по $n = 4$, $n = 1$, $n = 1$) значение признака значительно уклоняется от центрального класса. Поэтому гистограмма и вариационная кривая, построенные по данным о кондилобазальной длине черепа, в изучаемой выборке красной полёвки имеют колоколообразную форму с некоторым смещением основания графика в правую сторону — в направлении увеличения значения признака. Это можно объяснить действием направленного (движущего) естественного отбора, поддерживающего особей с большими размерами черепа, и отчасти — действием случайных факторов. В целом распределение признака «кондилобазальная длина черепа» в изучаемой выборке соответствует закону нормального распределения.

Этап «Формулирование выводов»

Выводы — это ответы на поставленные в начале работы вопросы (задачи). Они не должны повторять проделанную работу, но должны лаконично отражать основные результаты работы.

Выводы по лабораторной работе

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- 1) признак «кондилобазальная длина черепа» в изучаемой выборке красной полёвки подвержен значительной внутривидовой изменчивости, которая объясняется, с одной стороны, генотипическими индивидуальными и межпопуляционными различиями, с другой стороны, влиянием на фенотип различных комплексов условий мегаклимата и мегарегиона в пределах ареалов разных популяций и различных комплексов микроклиматических и микробиотопических условий в пределах ареала одной популяции;
- 2) гистограмма и вариационная кривая, построенные по данным о кондилобазальной длине черепа, в изучаемой выборке красной полёвки показывают соответствие распределения этого признака нормальному закону, описываемому колоколообразной кривой;
- 3) некоторое смещение оснований графиков в сторону увеличения значения признака

можно объяснить действием направленного (движущего) естественного отбора, поддерживающего особей с большими размерами черепа, и отчасти — действием случайных факторов.

Оформление работы

Работа должна быть оформлена в тетради. В описании работы должны быть последовательно отражены все этапы её выполнения.

Рекомендации для учителя

Перед выполнением лабораторной работы учащимся полезно познакомиться с видом красная полёвка (*Cl. rutilus*), его систематическим положением, географическим распространением, внутривидовой структурой, морфологическими и эколого-биологическими особенностями¹⁸, методами сбора материала в природе и обработки его в лаборатории, а для понимания взаимосвязи между ландшафтно-биотопическим разнообразием и изменчивостью изучаемых признаков — с физико-географическими особенностями районов исследования¹⁹. Названные аспекты могут быть по заданию учителя заранее проработаны учащимися и представлены в форме докладов с мультимедийными презентациями или в формате индивидуальных /

¹⁸ Шварц С.С., Павлинин В.Н. Мышевидные грызуны Урала. Свердловск, 1953. С. 21–24.

¹⁹ Левых А.Ю. К вопросу о населении мелких млекопитающих окрестностей кордона Озерной (Курильское озеро, Южно-Камчатский заказник) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21. № 5. С. 1803–1809.

Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге экосистем долины реки Гейзерной // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Ред. А.М. Токранов. 2017. С. 39–54.

Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге охраняемых территорий (на примере Ишимского района Тюменской области) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 65–72.

Левых А.Ю. Фауна и структура населения мелких млекопитающих кальдеры вулкана Узон (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 2. С. 79–95.

Левых А.Ю., Болтунова К.В., Козловцева О.С. Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.

Левых А.Ю., Ильина Н.В. К вопросу о географической изменчивости краниометрических признаков красной полёвки (*Myodes (=Clethrionomys) rutilus* Pallas, 1779) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3. С. 79–87.

Левых А.Ю., Панин В.В. Видовой состав и структура сообществ мелких млекопитающих Парапольского дола (Государственный заповедник «Корякский», Камчатка) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. Т. 4. № 3. С. 1–12.

Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Института экологии растений и животных. Вып. 58. Свердловск: АН СССР, Урал. филиал, 1968. 378 с.

групповых учебных проектов. Для работы над проектами рекомендуем использовать ресурсы электронных биологических библиотек²⁰.

В ходе выполнения учебного исследования могут быть решены приведённые ниже педагогические задачи и достигнут ряд предметных, личностных и метапредметных результатов.

Педагогические задачи

Учебные задачи: выявление изменчивости фенотипических признаков животных; изучение статистических закономерностей внутривидовой изменчивости; формирование умений составления вариационного ряда, построения вариационной кривой; овладение методами биологической науки.

Развивающие: формирование познавательного интереса к изучению живой природы, исследовательских умений, научного типа мышления.

Воспитательные: формирование опыта самостоятельной познавательной деятельности.

Ожидаемые результаты обучения

Предметные: формирование понятийного аппарата биологии — закрепление понятий «изменчивость», «виды изменчивости», «факторы изменчивости», «эволюционное и экологическое значение разных видов изменчивости», «Генотип», «Фенотип», «норма реакции признака», «борьба за существование», «естественный отбор»; формирование понятия «краниометрические признаки»; приобретение опыта использования методов биологической науки для изучения живых

организмов; формирование теоретических основ экологической грамотности.

Для формирования предметных результатов учитель должен объяснить, что рассматриваемую изменчивость нельзя отнести к какому-то одному виду изменчивости, так как она может быть обусловлена и различиями в условиях местообитаний, и генотипическими различиями особей²¹. Интегративный характер внутривидовой фенотипической изменчивости определяется взаимосвязью модификационной и наследственной изменчивости, которая проявляется прежде всего в том, что модификации представляют собой «ненаследуемые изменения в пределах нормы реакции, обусловленной генотипом. Это создаёт определённые трудности при изучении модификаций в природных популяциях»²², состоящих, в отличие от чистых линий, из генотипически различных особей. Для количественных признаков, к которым относятся и краниометрические признаки, «доля изменчивости за счёт взаимодействия «генотип — среда» может составлять более 50% от всей наблюдаемой изменчивости». Второй аспект взаимодействия ненаследственной и наследственной изменчивости заключается в том, что «одни и те же факторы внешней среды могут быть причиной как модификационных, так и наследственных изменений, возникающих за счёт мутаций и повышения частоты рекомбинации. При этом влияние среды на мутации и рекомбинацию опосредуется модификациями — онтогенетическими адаптациями развивающегося организма»²³. Это показывает важное эволюционное значение ненаследственной фенотипической изменчивости, которая, обеспечивая экологическую пластичность организмов, повышает устойчивость в борьбе за существование определённых форм и тем самым способствует отбору определённых генотипов²⁴.

Личностные: развитие мотивации к самостоятельной познавательной деятельности; формирование элементов научного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки, коммуникативных навыков в общении и сотрудничестве со сверстниками и учителем, основ экологической культуры.

Метапредметные: овладение межпредметными понятиями («выборка», «классовый интервал», «варианта», «вариационный

²⁰ Фундаментальная электронная библиотека «Флора и фауна»: растения, животные, грибы и водоросли, теория эволюции и систематика. URL: <http://herba.msu.ru/shipunov/school/sch-ru.htm> (дата обращения: 29.06.2021)

Электронная биологическая библиотека zoomet.ru. URL: <https://zoomet.ru/> (дата обращения: 29.06.2021).

²¹ Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учеб. для биол. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1989. 591 с.

Пособие для поступающих в ВУЗы / Н.А. Лемеза, М.С. Морозик, Е.И. Морозов и др.; под ред. Н.А. Лемезы. Минск: Юнипресс, 2001. 576 с.

²² Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учеб. для биол. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1989. 591 с.

²³ Там же.

²⁴ Там же.

Пособие для поступающих в ВУЗы / Н.А. Лемеза, М.С. Морозик, Е.И. Морозов и др.; под ред. Н.А. Лемезы. Минск: Юнипресс, 2001. 576 с.

Таблица 2

**Индивидуальные значения признака «кондилобазальная длина черепа»
в выборке красной полёвки из долины реки Гейзерной**

№ п/п особи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина, мм (V)	22,2	23,4	22,2	22,3	22,3	21,7	21,7	21,5	21,1	23,8

Примечание: вариант (V) — любое из индивидуальных значений признака в выборке.

Таблица 3

**Вариационный ряд признака «кондилобазальная длина черепа»
в выборке красной полёвки из долины реки Гейзерной**

№ признака	1 _{min}	2	3	5	6	7	8 _{max}
Длина, мм (V)	21,1	21,5	21,7	22,2	22,3	23,4	23,8
Частота встречаемости признака (p)	1	1	2	2	2	1	1

ряд», «вариационная кривая», «нормальное распределение») и надпредметными методами статистической обработки эмпирических данных, универсальными учебными действиями (познавательными, коммуникативными, регулятивными); развитие экологического мышления посредством установления причинно-следственных связей между явлениями природы (изменчивостью и средой обитания); приобретение опыта изучения природы с использованием методов разных наук (биологии и математики).

Межпредметные связи: биология, география, математика, информатика.

Оборудование: методические рекомендации по выполнению заданий лабораторной работы, карточки с вариантами заданий, компьютер и мультимедийное оборудование (при необходимости).

При наличии в образовательном учреждении коллекций черепов млекопитающих можно использовать следующий вариант лабораторной работы:

Лабораторная работа: «Изучение статистических закономерностей изменчивости краниометрических признаков млекопитающих

(на примере красной полёвки *Clethrionomys rutilus*)

Цель работы: изучение статистических закономерностей изменчивости краниометрических признаков млекопитающих (на примере красной полёвки).

В данном варианте лабораторной работы решаются те же задачи, что и в предыдущем, но в учебные задачи можно добавить формирование навыков проведения краниометрических измерений, вычисления среднего арифметического значения признака, определения нормы реакции признака.

Материалы и оборудование: штангенциркули (линейки), коллекция черепов, методические рекомендации по выполнению лабораторной работы, компьютер и мультимедийное оборудование (при необходимости).

Ход работы

1. Измерьте штангенциркулем (с точностью до 0,1 мм) или линейкой (с точностью до 1,0 мм) краниометрические признаки согласно схеме (рис. 1).

2. Признаки для измерения можно распределить по вариантам.

3. Результаты измерений каждого признака занесите в таблицу.

Для примера рассмотрим построение вариационного ряда и вариационной кривой для признака «кондилобазальная длина черепа» для выборки из 10 особей ($n = 10$) красной полёвки из долины реки Гейзерной (табл. 2).

4. Для построения вариационного ряда расположите значения вариантов в порядке нарастания их величины и подсчитайте количество вариантов с одинаковыми значениями признака (p). Полученные данные занесите в таблицу (табл. 3).

5. Постройте вариационную кривую — отобразите на графике зависимость между значением признака и частотой его встречаемости:

а) по оси абсцисс отложите на одинаковом расстоянии отдельные варианты значений признака в нарастающем порядке;

б) по оси ординат отложите числовые значения, соответствующие частоте повторяемости каждой варианты;

г) точки пересечения перпендикуляров с линиями, соответствующими частоте вариант, соедините отрезками (рис. 4).

6. Определите норму реакции (т.е. предел изменчивости) изучаемого признака. Для этого из максимального значения признака вычтите минимальное.

$$V_{\max} - V_{\min} = \text{широта нормы реакции}$$

Для кондиллобазальной длины черепа:
23,8 мм – 21,1 мм = 2,1 мм

7. Определите среднюю величину признака по формуле:

$$M = \frac{V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + \dots}{N},$$

где М — среднее арифметическое значение признака, V — значения признака в вариационном ряду; p — частота проявления определённого значения признака, N — общее количество измерений (особей в выборке, объём выборки).

Для кондиллобазальной длины черепа:

$$M = \frac{21,1 \cdot 1 + 21,5 \cdot 1 + 21,7 \cdot 2 + 22,2 \cdot 2 + 22,3 \cdot 2 + 23,4 \cdot 1 + 23,8 \cdot 1}{10} = 22,2 \text{ мм}$$

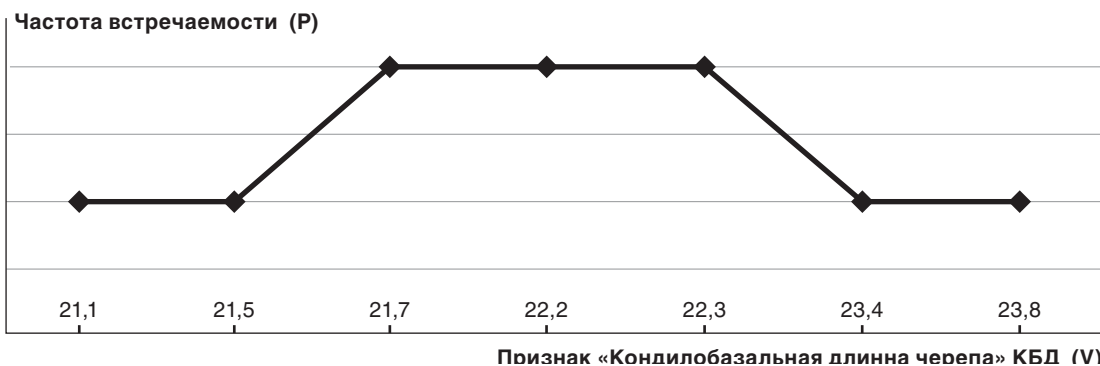


Рис. 4. Вариационная кривая признака «кондиллобазальная длина черепа» в выборке красной полёвки из долины реки Гейзерной

8. Проведите анализ вариационной кривой и сделайте выводы об изменчивости изучаемого признака.

При написании анализа результатов работы в обоих вариантах лабораторной работы ориентирами могут быть следующие вопросы.

1. Выявлена ли в исследуемой выборке изменчивость изучаемого признака?

2. Каковы пределы изменчивости (норма реакции) признака в выборке?

3. Узкую или широкую норму реакции имеет изучаемый признак, и как это можно объяснить?

4. Каковы среднее значение признака в выборке и частота встречаемости особей со средним и близкими к нему значениями признака, с крайними значениями признака?

5. Какова форма вариационной кривой и почему?

6. Соответствует ли распределение исследуемого признака в изучаемой выборке закону нормального распределения?

7. Какой(ие) вид(ы) изменчивости характеризует предлагаемый материал?

8. Какое значение для организмов и популяций имеет(ют) данный(ые) вид(ы) изменчивости?

Для оценивания лабораторной работы может быть использована следующая критериальная шкала, построенная с учётом планируемых результатов обучения (табл. 4).

Таблица 4

Критериально-балльная шкала оценивания результатов лабораторной работы

Критерии	Параметры оценивания	Количество баллов
Теоретические предметные знания и понятия	Владение знаниями по теме «Изменчивость», понимание места и значения изучаемой темы в системе экологических знаний	0–2
	Владение научным (предметным) языком	0–2
	Умение сформулировать цель, задачи, гипотезу	0–2
	Умение ответить на вопросы и оценить полученные результаты в соответствии с общепринятыми научными взглядами об изменчивости	0–2
	Сумма	0–8
Проведение исследования (второй вариант лабораторной работы)	Точность и аккуратность работы	0–2
	Надёжность результатов	0–2
	Наблюдательность	0–2
	Кооперация в группе	0–2
	Сумма	0–8
Статистическая обработка данных	Организация данных	0–2
	Вычисления и представление данных, использование информационно-коммуникационных технологий	0–2
	Интерпретация каждого этапа работы	0–2
	Выводы	0–2
	Сумма	0–8
Коммуникация	Использование терминологии	0–2
	Логичность и ясность изложения	0–2
	Сумма	0–4
Итого:	Первый вариант работы	0–20
	Второй вариант работы	0–26

Перевод баллов в отметку может быть осуществлён по следующей процентной шкале: 91–100% — 5; 71–90% — 4; 45–70% — 3; менее 45% — 2.

Список использованных источников:

1. Балашова Е.А. Соотнесённость учебных действий и компетентности // Проблемы современного образования. 2018. № 6. С. 118–123.
2. Еркина С.Л. Современные образовательные технологии / ЦДНТТ ГАОУ АО ВПО «АИСИ». URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/k/KAV47/education/Tab2/pt_v_t.pdf (дата обращения 28.06.2021).
3. Ивантер Э.В. Элементарная биометрия: учеб. пособие / Э.В. Ивантер, А.В. Коросов. Петрозаводск, 2010. 104 с.
4. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учеб. для биол. спец. ун-тов. М.: Высшая школа, 1989. 591 с.
5. Казарова О.А., Егорова В.А. Адаптивно-инновационный подход в организации лабораторных работ по биологии и химии // Российская наука: тенденции и возможности: сб. науч. статей. Науч. ред. Л.И. Ермакова. М., 2018. С. 45–48.

6. Кузнецова Н.М. Лабораторные работы по биологии как средство формирования познавательных УУД // Региональное образование: современные тенденции. 2014. № 1(22). С. 130–132.
7. Кулёв А.В. Сегодня на уроке: «Ненаследственная изменчивость» // Биология в школе. 2016. № 5. С. 42–46.
8. Кулёв А.В. Сегодня на уроке: «Наследственная изменчивость» // Биология в школе. 2016. № 6. С. 60–65.
9. Левых А.Ю. К вопросу о населении мелких млекопитающих окрестностей кордона Озерной (Курильское озеро, Южно-Камчатский заказник) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. Т. 21. № 5. С. 1803–1809.
10. Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге экосистем долины реки Гейзерной // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Ред. А.М. Токранов. 2017. С. 39–54.

11. Левых А.Ю. Мелкие млекопитающие в биомониторинге охраняемых территорий (на примере Ишимского района Тюменской области) // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 3 (24). С. 65–72.
12. Левых А.Ю. Фауна и структура населения мелких млекопитающих кальдеры вулкана Узон (Кроноцкий заповедник, Камчатка) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 2. С. 79–95.
13. Левых А.Ю., Козловцева О.С., Болтунова К.В., Лабораторная работа «Внутривидовая изменчивость красной полёвки (*Myodes rutilus* Pallas)» // Биология в школе. 2020. № 2. С. 22–30.
14. Левых А.Ю., Ильина Н.В. К вопросу о географической изменчивости крапивоцветных признаков красной полёвки (*Myodes (=Clethrionomys) rutilus* Pallas, 1779) // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2015. № 3. С. 79–87.
15. Левых А.Ю., Панин В.В. Видовой состав и структура сообществ мелких млекопитающих Парапольского дола (Государственный заповедник «Корякский», Камчатка) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2019. Т. 4. № 3. С. 1–12.
16. Лопатина С.С. Достижение метапредметных результатов при проведении лабораторных работ по биологии // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: материалы XXVIII межд. науч.-практ. конф. Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований», 2016. С. 134–137.
17. Магомедов Г.А. Развитие практических умений у учащихся при проведении лабораторных работ по общей биологии (тема — Клетка) // Вестник социально-педагогического института. 2019. № 4 (32). С. 47–51.
18. Пасечник В.В., Каменский А.А., Швецов Г.Г. Биология. 9 класс: учебник для общеобразовательных организаций. М.: Просвещение, 2018. 207 с.
19. Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Чернова Н.М. Биология. 9 класс: учебник для учащихся общеобразовательных учреждений. М.: Вентана-Граф, 2013. 240 с.
20. Пособие для поступающих в ВУЗы / Н.А. Лемеза, М.С. Морозик, Е.И. Морозов и др.; под ред. Н.А. Лемезы. Минск: Юнипресс, 2001. 576 с.
21. Примерная основная образовательная программа основного общего образования образовательного учреждения. Основная школа / Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию (протокол от 8 апреля 2015 г. № 1/15). URL: <https://fgosreestr.ru/registry/primernaya-osnovnayaobrazovatel'naya-programma-osnovnogo-obshhego-obrazovaniya-3/>.
22. Рядинская Г.С., Конохов Е.В., Нехоршев О.Г. К изучению фенетического разнообразия красных полёвок (*Myodes (=Clethrionomys) rutilus* Pallas, 1779) из популяций юга Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 3. 149 с.
23. Соколова С.И. Особенности проведения лабораторных и практических работ в условиях реализации ФГОС // Электронная библиотека ГАУ ДПО «Смоленский областной институт развития образования». 2015. URL: http://dpo-smolensk.ru/biblioteka/inform_obespech/kaf-EMC/biolog-fgos.pdf (дата обращения: 21.08.2020).
24. Уткина Т.В. Лабораторные работы как способ достижения метапредметных результатов: актуальные возможности межпредметной интеграции // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. С. 103–103. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27943> (дата обращения: 08.08.2021).
25. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027> (дата обращения: 07.08.2021).
26. Фундаментальная электронная библиотека «Флора и фауна»: растения, животные, грибы и водоросли, теория эволюции и систематика. URL: <http://herba.msu.ru/shipunov/school/schru.htm> (дата обращения: 29.06.2021).
27. Шварц С.С., Павлинин В.Н. Мышевидные грызуны Урала. Свердловск, 1953. С. 21–24.
28. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Института экологии растений и животных. Вып. 58. Свердловск: АН СССР, Урал. филиал, 1968. 378 с.
29. Электронная биологическая библиотека zoomet.ru. URL: <https://zoomet.ru/> (дата обращения: 29.06.2021).
30. Kryštufek B., Tesakov A.S., Lebedev V.S., Bannikova A.A., Abramson N.I., Shenbrot G. 2019. Back to the future: the proper name for red-backed voles is *Clethrionomys Tilius* and not *Myodes Pallas* // *Mammalia*. 2019. Vol. 84. I. 2. P. 214–217. DOI: 10.1515/mammalia-2019–0067.