

КЛИМОВА АЛЕНА СЕРГЕЕВНА

**РЫЖАЯ ПОЛЁВКА (*MYODES GLAREOLUS* SCHREBER, 1780) И МАЛАЯ
ЛЕСНАЯ МЫШЬ (*APODEMUS URALENSIS* PALLAS, 1811) В УСЛОВИЯХ
ЕСТЕСТВЕННЫХ И СЛАБО НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОДЗОНЫ
ЮЖНОЙ ТАЙГИ**

1.5.15. Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Нижний Новгород
2025

Работа выполнена на кафедре биологии и экологии Института физико-математических и естественных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Костромского государственного университета (КГУ).

Научный руководитель:

доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биологии и экологии Института физико-математических и естественных наук ФГБОУ ВО «Костромской государственной академии наук» (г. Кострома)

Сиротина Марина Валерьевна

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии водных беспозвоночных Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина Российской академии наук (п. Борок)

Илюха Виктор Александрович

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники и зоологии Института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород)

Борякова Елена Евгеньевна

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (г. Москва)

Защита состоится «___» _____ 2025 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета 24.2.340.05 при Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского по адресу: 603022 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, Институт биологии и биомедицины.

Email: dis212.166.12@gmail.com

Факс: (831) 462–30–85

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по адресу: <https://diss.unn.ru/files/2025/1557/diss-Klimova-1557.pdf>, с авторефератом – в сети Интернет на сайте ВАК России по адресу: <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Д.Е. Гаврилко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Активное природопользование и сокращение площади ненарушенных лесов выдвигают необходимость сохранения условий биоразнообразия объектов флоры и фауны на уязвимых природных территориях, а также проведение своевременных мероприятий по их рациональному использованию, восстановлению и охране. Всё большую ценность приобретают исследования малонарушенных лесных массивов (Громцев, 2004; Грозовская, 2014), в частности на территориях биосферных заповедников в рамках глобального мониторинга за состоянием окружающей среды (Программа фундаментальных научных исследований Российской академии наук на 2021–2030 гг. утв. распоряжением Правительства РФ от 31.12.2020 №3684-р). Выявить нарушения на уровне слабого антропогенного воздействия – принципиально важная и ключевая задача в мониторинге естественных экосистем, поскольку последующие уровни трансформации природных комплексов включают уже значительные необратимые преобразования всех компонентов биоценоза. Существуют разные перечни показателей, которые позволяют выстроить градации антропогенных нарушений в биологических системах, однако животному миру не уделяется должного внимания (Камышев, 1999; Демидович, 2000; Пучкин, 2007; Соломотин, 2007; Ротанова, Гайда, 2016; Шишкин, 2016; Гунин и др., 2017). Используемые в настоящее время методы контроля качества окружающей среды не всегда могут дать адекватную картину действия нарушений экосистем. Для объективной оценки изменений, происходящих в естественных ландшафтах, необходим многокомпонентный подход. Одной из важнейших составляющих лесных биоценозов, а также наиболее удобной и предпочтительной модельной группой для проведения исследований внешних нарушений наземных природных систем при антропогенном воздействии являются мышевидные грызуны (Попов, 1998) благодаря их многочисленности, широкому распространению, приверженности определённым станциям, высокой плодовитости и способности к быстрому половому созреванию при относительно короткой продолжительности жизни (Каштальян, Спрингер, 2012; Ивантер, 2014). Слабые нарушения лесных экосистем, связанные с хозяйственной деятельностью человека, нельзя уловить при исследовании типового набора признаков видов-индикаторов. Выявить данные преобразования позволяет комплексный подход, который более полно охватывает все аспекты жизни грызунов, их взаимодействие с окружающей средой и адаптацию даже к слабым нарушениям экосистем.

Костромская область обладает уникальными участками биомов таёжной биоты, в том числе включающими первобытные еловые леса подзоны южной тайги (биосферный резерват «Кологривский лес»), которые могут служить эталоном природных комплексов и процессов, что обуславливает возможность сравнительного анализа характеристик мышевидных грызунов в различных условиях с учётом специфических для региона особенностей, а также поиск наиболее эффективных приёмов исследований антропогенных нарушений экосистем, которые могут быть применимы и в других регионах.

Объект исследования – фоновые виды мышевидных грызунов с высоким репродуктивным потенциалом и коротким жизненным циклом – рыжая полёвка (*Myodes glareolus* Schreber, 1780) и малая лесная мышь (*Apodemus uralensis* Pallas, 1811). Для них характерно циклическое изменение большинства биологических характеристик с периодом, примерно равным году, однократное серийное размножение и перекрывание поколений при наличии двух альтернативных путей развития (Оленев, Григоркина, 2019).

Предмет исследования – показатели состояния популяций рыжей полёвки и малой лесной мыши в условиях биосферного резервата «Кологривский лес» (эталонный ненарушенный участок) и опытно-производственного хозяйства «Минское» (ОПХ «Минское», слабо нарушенный участок).

Решаемая научная задача – поиск и верификация репрезентативных способов оценки слабо нарушенных экосистем с помощью показателей состояния популяций мышевидных грызунов.

Цель работы – эколого-морфофизиологический анализ популяций фоновых видов мышевидных грызунов на охраняемых и слабо трансформированных территориях подзоны южной тайги с применением комплексного подхода для выделения маркеров слабых нарушений в естественных экосистемах.

Для решения этой цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Провести оценку популяционной динамики рыжей полёвки и малой лесной мыши в условиях биосферного резервата «Кологривский лес» и опытно-производственного хозяйства «Минское».

2. Провести оценку фитоценотического компонента на участках исследования и изучить предпочтения мышевидных грызунов травянистым растениям, сопутствующим их распределению в пространстве.

3. Провести оценку экстерьерных, интерьерных, краниологических, гематологических признаков мышевидных грызунов в условиях природных и слабо трансформированных экосистем Костромской области, а также исследовать закономерности их изменчивости под влиянием погодных факторов и внутрипопуляционных процессов.

4. Выделить наиболее чувствительные индикаторы (маркеры), характеризующие начальные (слабые) нарушения окружающей среды.

Научная новизна. Впервые использован комплексный подход в исследовании фоновых видов мышевидных грызунов в условиях охраняемых и слабо нарушенных экосистем на примере Костромской области. Выявлены наиболее чувствительные индикаторы (маркеры) слабых антропогенных нарушений: «индекс почек», гематологические показатели и направление скоррелированности линейных признаков черепа у грызунов. Изучены популяционные характеристики рыжей полёвки и малой лесной мыши и установлены предпочтения определённым видам травянистых растений, сопутствующим распределению грызунов в пространстве. Дополнены и подтверждены данные о влиянии биотических и абиотических факторов на показатели микромамманий в условиях заповедных и слабо нарушенных экосистем. Показана общность морфологических и физиологических перестроек в организме у рыжей полёвки и малой лесной мыши под влиянием внешних и внутренних факторов, которые позволяют грызунам адаптироваться к различным условиям существования: выявлена тенденция к расширению роstralной части черепа и сужению затылочной части на территориях со слабыми антропогенными нарушениями в связи с семеноядным типом питания по сравнению с зеленоядным типом питания при отсутствии антропогенных нарушений; выявлена специфика адаптивных реакций организма у грызунов в условиях слабо нарушенных экосистем, которые выражаются в увеличении отношения нейтрофилов к лимфоцитам и изменении стратегии насыщения крови кислородом.

Теоретическая и практическая значимость работы. Настоящие исследования являются частью многолетнего мониторинга состояния популяций фоновых видов мелких млекопитающих на территории Костромской области, которые выполнены, в частности, на особо охраняемой природной территории, где условия обитания видов можно считать эталонными. Научная работа выполнена в сравнительном срезе морфометрических и морфофизиологических характеристик мышевидных грызунов на территории биосферного резервата и опытно-производственного хозяйства «Минское», что представляет значительный интерес в связи с большой территориальной изменчивостью экологических характеристик сообществ микромамманий. Полученные результаты исследований могут быть использованы при прогнозировании численности мелких млекопитающих, при решении задач мониторинга состояния природных и антропогенно нарушенных экосистем, а также объектов эпизоотологического и эпидемиологического контроля на территории Костромской области. Создан единый комплексный алгоритм исследований показателей мышевидных грызунов, представленный в виде учебного пособия, которое может быть рекомендовано к широкому применению при мониторинге окружающей среды. Разработаны программы для статистической обработки данных и графического представления показателей грызунов и погодных условий – «Mouse», «Cranium» и «StatM» (свидетельства о регистрации программ

выданы Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент): № 2023615253 от 13.03.2023 года, № 2023617138 от 05.04.2023 года, № 2024665183 от 27.06.2024 года). Итоги настоящей работы и теоретические обобщения легли в основу подготовки материалов «Летописи природы» в заповеднике «Кологривский лес», используются в лекционных и практических курсах по зоологии позвоночных и экологии, а также на полевой практике в Костромском государственном университете (КГУ), Военной академии радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, Костромской государственной сельскохозяйственной академии (акты реализации). Часть собранного материала легла в основу ряда дальнейших работ студентов и дополнила териологические коллекции зоологического музея кафедры биологии и экологии КГУ и детско-юношеской ресурсной образовательной научной территории КГУ (ДРОНТ).

Положения, выносимые на защиту:

1. На участках биомов подзоны южной тайги рыжая полёвка и малая лесная мышь демонстрируют экологическую пластичность: они тяготеют к бореальным видам растений (*Galium verum* L., *Solidago virgaurea* L., *Trientalis europaea* L., *Maianthemum bifolium* L.), но могут приспосабливаться к обитанию на слабо нарушенных территориях с преобладанием в фитоценозе неморальных видов.

2. На слабо нарушенной территории интенсификация метаболизма у грызунов, определяемая по индексу почек, осуществляется при увеличении средней температуры воздуха и среднего количества осадков, что позволяет использовать этот показатель в качестве индикатора состояния окружающей среды.

3. Снижение стабильности индивидуального развития рыжей полёвки и малой лесной мыши, определяемой по скоррелированности их краниологических признаков, проявляется уже при слабых нарушениях природных экосистем.

4. На слабо нарушенной территории у грызунов увеличивается отношение нейтрофилов к лимфоцитам за счёт роста количества нейтрофилов и уменьшения количества лимфоцитов, а также происходит изменение стратегии достижения насыщения крови кислородом: уменьшение количества эритроцитов, содержания гемоглобина и уровня гематокрита в крови на фоне увеличения среднего диаметра эритроцитов.

Соответствие паспорту научной специальности. Результаты исследования соответствуют шифру специальности 1.5.15. Экология (биологические науки), область исследования – популяционная экология.

Личный вклад автора. Автор принимал участие во всех этапах работы, от сбора данных до публикации статей и формулировки полученных выводов. Анализ литературных источников, камеральная обработка данных, сравнительный анализ динамики плотности популяций грызунов, анализ морфометрических, морфофизиологических, краниологических, гематологических признаков, оценка фитоценотического компонента, интерпретация результатов и их обсуждение проведены диссертантом лично. Опубликованные по теме диссертации работы (статьи, учебно-методическое пособие и программы для ЭВМ) написаны при непосредственном участии автора, доля участия в подготовке которых составила 70–90 %.

Публикации. По материалам исследований опубликована 31 научная работа, из них: 2 – входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 3 – в Перечень ВАК РФ. Разработано 1 учебно-методическое пособие и зарегистрированы 3 программы для ЭВМ.

Апробация результатов. Результаты диссертационных исследований представлены на научных конференциях различного уровня: Межрегиональная научно-практическая конференция «Природа Костромского края: современное состояние и экомониторинг» (Кострома, 2017); XX и XXI Областные научные конференции для молодёжи и школьников «Шаг в будущее» (Кострома, 2017, 2018); Межрегиональные научно-практические конференции молодых учёных «Ступени роста» (Кострома, 2017–2024); I и II Всероссийские конференции «Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: современное состояние и перспективы» (Кологрив, 2018, 2021); I Всероссийская (с

международным участием) научно-практическая конференция «Белозёровские чтения» (Кострома, 2020); XV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых учёных (Вологда, 2021); XIX Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» (Киров, 2021); XVI–XIX Всероссийские научно-практические конференции с международным участием «Экология родного края: проблемы и пути их решения» (Киров, 2021–2024); 26-ая Пушкинская школа-конференция молодых учёных с международным участием «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2023); Всероссийская молодёжная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы биологии, экологии и химии» (Ярославль, 2023); Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы биологии, химии, экологии» (Ярославль, 2023); I Всероссийская научно-практическая конференция «Инвентаризация биоты и изучение экологии природных сообществ и урбосреды Евразии» (Самара, 2023).

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 187 страницах, включает 15 таблиц, 47 рисунков; состоит из введения, семи глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 248 наименований, в том числе 55 иностранных источников, 10 интернет-источников, и приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность за всестороннюю многолетнюю поддержку своему научному руководителю д.б.н. М.В. Сиротиной и благодарность за внимание к работе и ценные замечания к.б.н. Т.Л. Соколовой, к.б.н. А.Л. Анциферову, О.Н. Ситниковой.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД И ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ

В главе проведён анализ отечественных и зарубежных литературных данных, накопленных в ходе популяционного мониторинга и моделирования адаптационных изменений популяций мышевидных грызунов, обусловленных преобразованиями лесных экосистем в результате хозяйственной деятельности человека. Рассмотрены различные формы изменчивости основных показателей: экстерьерных, интерьерных, краниологических и гематологических признаков, динамики численности видов-биоиндикаторов, направленных на поддержание гомеостатического состояния их популяций, и которые могут быть использованы в качестве индикаторов (маркеров) слабого нарушения окружающей среды.

СОБСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика участков исследования

Материалом для работы послужили результаты мониторинговых исследований популяционной организации фоновых видов мышевидных грызунов на территории биосферного резервата «Кологривский лес» (2012–2023 гг.) и опытно-производственного хозяйства «Минское» (2021–2023 гг.). Участки исследования расположены на землях лесного фонда Костромской области (рисунок 1). По лесорастительному районированию они входят в подзону южной тайги (Курнаев, 1973; Растительность..., 1980). Леса Костромской области отличаются разнообразным видовым составом древесного яруса и высокой продуктивностью (Абатуров и др., 1988). Выбор участков исследования обусловлен сходством в фитоценотической структуре местообитаний мышевидных грызунов. В качестве индикатора рекреационных изменений использовали развитость тропинойной сети и состояние фитоценоза, включающее соотношение лесных и синантропных видов в сообществе, наличие повреждённого древостоя, состояние нижних ярусов (Камышев, 1999; Демидович, 2000; Гунин и др., 2017). По степени нарушенности экосистем биосферный резерват «Кологривский лес» относится к ненарушенному участку (площадь нарушенной экосистемы менее 10 %), опытно-производственное хозяйство «Минское» – слабо нарушенный участок (площадь нарушенной экосистемы от 10 % до 25 %).

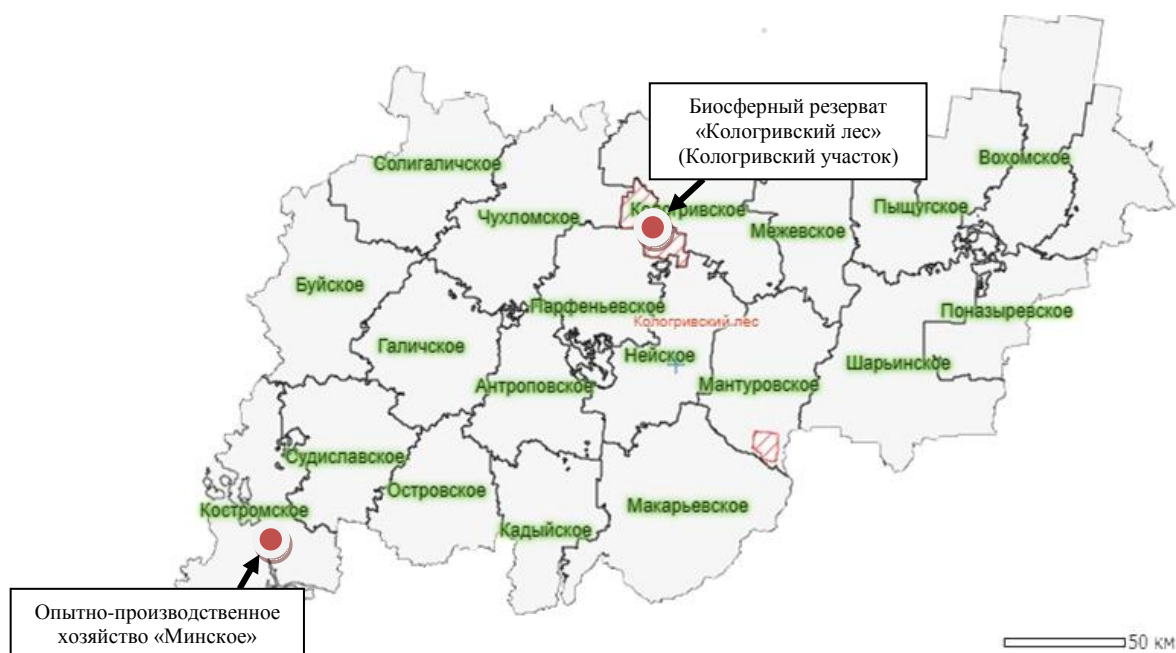


Рисунок 1. Участки исследования (Леса высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ) Костромской области. URL: <https://hcvf.ru/ru/maps/hcvf-kostroma>)

2.2. Методы отлова и учёта численности грызунов

Отлов микромаммалей проводили на стационарных участках с безвозвратным изъятием с помощью давилок с трапом и без него и живоловок, принцип расположения которых был основан на методе ловушко-линий (Шефтель, 2018; Толкачёв, 2019; Бобрецов, 2021). В качестве приманки использовали кусочки белого и чёрного хлеба, смоченные растительным маслом (Воронцов, 1961). Давилки проверяли один раз в сутки – утром. Систематическая принадлежность приведена по данным сайта «Fauna Europaea» (URL: <http://www.fauna-eu.org/>). Всего за период исследований отработано 13049 ловушко-суток и отловлена 801 особь.

2.3 Методы оценки фитоценоотического компонента

Для оценки пространственного распределения мышевидных грызунов в связи с характером растительного покрова проведено геоботаническое описание по методике В.Н. Сукачева 18 пробных площадок 50x50 м, расположение которых соответствовало месту расположения ловушек в различных растительных ассоциациях, представленных сложными ельниками и березняками (Воронов, 1973): 9 площадок на территории биосферного резервата и 9 площадок на территории ОПХ «Минское». Тип леса определен с использованием определителя типов леса Европейской России (URL: <http://cepl.rssi.ru/bio/forest/index.htm>). Оценку биологического разнообразия растительных сообществ по выравненности проводили с использованием индекса Бергера–Паркера. Для определения обилия встреченных видов использовали шкалу Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964). Проективное покрытие травостоя определяли на заложенных в пределах каждой пробной площадки серии учётных раункиеровских площадок 1x1 м (Воронов, 1973). Поскольку растительность является косвенным показателем влияния физико-химических факторов среды обитания на микромаммалей, для оценки освещённости, влажности, кислотности почвы, богатства почвы азотом применяли метод фитоиндикации по Элленбергу с использованием программного продукта EcoScaleWin, разработанного Т.И. Грохлиной (Россия) (Ellenberg, 1992; Зубкова и др., 2008; Евстигнеев, 2020).

2.4 Методы определения возраста и типа онтогенеза грызунов

Для установления специфики репродуктивной стратегии и отнесения особей к функционально-физиологическим группировкам (ФФГ) определяли степень половой зрелости особей, индивидуальный возраст грызунов по степени стёртости альвеолярной поверхности зубов (у мышей) и по степени стёртости альвеолярной поверхности зубов и индексу зуба (у корнезубых полёвок) (Карасева и др., 2008; Оленев, 2009).

2.5 Методы исследования гематологических показателей грызунов

Гематологические исследования 260 грызунов проводили в летний период 2021–2023 гг. Забор крови у объектов исследования осуществляли путём пункции сердца после слабого наркоза эфиром (Diehl et al., 2001; Сорокина и др., 2019; Амиров и др., 2020). Для сохранения образцов крови с целью последующего анализа использовали вакуумные пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА). Все манипуляции с мелкими млекопитающими проводили в соответствии с Международными рекомендациями (этическим кодексом) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (1985), а также этическими стандартами, утверждёнными правовыми актами РФ и международными принципами Базельской декларации о гуманном отношении к животным и правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (2010) (выписки из протоколов этического комитета КГУ). Изготовление мазков крови проводили по стандартной методике (Меньшиков и др., 1987). Для оценки параметров периферической крови у грызунов определены количество лейкоцитов (тыс. в мм^3), лейкоцитарная формула, содержание эритроцитов (RBC, $10^{12}/\text{л}$), диаметр эритроцитов ($d_{\text{э}}$, мкм), а также вычислены эритроцитарные индексы крови такие как средний объём эритроцита (MCV, мкм³), средняя концентрация гемоглобина (MCHC, %), среднее содержание гемоглобина (MCH, %), цветовой показатель (ЦП, ед.) (Theml et al., 2004; Тарахтий, Давыдова, 2007; Тарахтий и др., 2007; Сабанова, 2008, 2010; Гудова и др., 2017; Полозюк, Ушакова, 2019; Сорокина и др., 2019; Амиров и др., 2020; Емкужева и др., 2021). Для установления наличия долговременных стрессовых воздействий на организм грызунов вычисляли показатель «отношение нейтрофилов к лимфоцитам» (Davis et al., 2008; Климова, Сиротина, 2024). Идентификация форменных элементов крови проводилась по атласам клеток крови сельскохозяйственных и лабораторных животных (Симонян, Хисамутдинов, 1995; Риган и др., 2000; Theml et al., 2004). Количество эритроцитов и лейкоцитов определяли в камере Горяева, лейкоцитарную формулу, морфологические особенности клеток – на мазках крови, окрашенных по Паппенгейму красителем-фиксатором Мая–Грюнвальда и красителем Романовского (MiniMed, Россия). Уровень гемоглобина (Hb, г/л) в крови измеряли с помощью портативного анализатора крови EasyTouch GCHb (Тайвань, Китай). Гематокрит (Ht, %) определяли, используя метод центрифугирования.

2.6 Методы исследования экстерьерных признаков грызунов

Массу тела грызунов (в граммах) определяли путём их взвешивания на лабораторных весах Scoutspu (Ohaus, Switzerland). Промеры: длина головы и туловища; длина хвоста без концевых волос; длина задней ступни без когтей; высота уха снимали с помощью штангенциркуля (в миллиметрах) (Тимошкина, 2012).

2.7 Методы исследования интерьерных признаков грызунов

В качестве морфофизиологических индикаторов использовали массовые показатели органов, выполняющие жизненно важные функции в организме животного, такие как печень, сердце, почки, лёгкие, селезёнка (Шварц, 1968). Массу внутренних органов грызунов определяли путём их взвешивания на электронных весах SIERRA CX-298 (точность измерения 0,01 г), после чего проводили расчёт индексов внутренних органов (‰) как отношение абсолютной массы органа (мг) к массе тела особи (г) (Шварц и др., 1968; Оленев, Григоркина, 2019).

2.8 Краниологические методы исследования

Краниометрические измерения проведены с помощью бинокулярного микроскопа и электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм: Gl_s – наибольшая длина черепа, Cbl – кондилобазальная длина черепа, Fac – длина лицевой части черепа, Br – длина мозговой части черепа, Iob – межглазничная ширина, D1 – длина верхней диастемы, Lm¹⁻³ – альвеолярная длина верхних коренных зубов, Zug – скуловая ширина, Bscr – затылочная ширина, Is – ширина между надглазничными вырезками, L – длина лба, Lmd – сочленовная длина нижней челюсти, D2 – длина нижней диастемы, Hmd – максимальная высота нижней челюсти, Lm₁₋₃ – альвеолярная длина нижних коренных зубов, Vbull – ширина барабанной камеры, Lbull – длина барабанной камеры (Кузнецов, 1975). На основе данных промеров рассчитаны

краниометрические индексы, включая индексы (Zyg/Cbl , Lmd/Cbl , $D1/Cbl$, Lm^{1-3}/Cbl , $Bcra/Cbl$), характеризующие пищевую специализацию исследованных популяций (Young, Badyaev, 2006).

2.9 Метод флуктуирующей асимметрии

Для оценки стабильности онтогенетического развития популяций грызунов проводили сравнительно-фенетический анализ, который включал анализ числа и расположения отверстий, связанных с выходом кровеносных сосудов и нервов, используя бинокулярный микроскоп МБС-9. Вычислена средняя доля асимметрично проявившихся неметрических признаков черепа на особь – коэффициент $FAnm$ (Захаров, 1987; Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ №460-р от 16.10.2003; Гелашвили и др., 2004).

2.10 Методы статистической обработки

Статистическая обработка полевых данных проводилась в среде Python (Зарипов, 2023) с применением пакетов программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10 (Усманов, 2020). Предварительно проанализировав выборку на нормальность распределения при помощи теста Колмогорова-Смирнова и W-критерия Шапиро-Уилка, использовали в исследовании параметрические и непараметрические методы. Описательная статистика включала в себя среднюю величину и стандартное отклонение ($M \pm SD$), либо медиану и процентиля ($Me [25\%; 75\%]$) соответственно. Степень значимости межгрупповых различий определяли по t-критерию Стьюдента или с помощью непараметрического дисперсионного анализа Крускала-Уоллиса с post-hoc тестом по Манна-Уитни (Унгуряну, Гржибовский, 2014; Баврина, 2021). Для установления значимого различия средних значений дискриминантной функции в исследуемых группах использовали критерий Лямбда Уилкса ($W\lambda$). Для выделения сходных групп, снижения размерности и визуального представления результатов исследований применяли кластерный анализ (использовали метод ближнего соседа, мера расстояния между объектами – евклидово расстояние) и метод главных компонент (PCA). Для оценки скоррелированности показателей применяли параметрический коэффициент Пирсона (r_p) и ранговой коэффициент Спирмена (r_s) (Гржибовский, 2008). Для определения силы и значимости влияния различных факторов на популяционные показатели грызунов применяли метод многофакторного дисперсионного анализа (MANOVA) (Коросов, Горбач, 2017). Статистически значимыми считали результаты при $p < 0,05$, при множественных сравнениях учитывали поправку Бонферрони. Погодно-климатические условия на рассматриваемых территориях в период исследования приняты согласно сведениям, представленным на сайте «rp5.ru расписание погоды» (URL: <https://rp5.ru>), который разработан и сопровождается компанией ООО «Расписание Погоды» с 2004 года. Данной компании выдана лицензия на деятельность в области гидрометеорологии и в смежных с ней областях (Приказ Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды №469 от 11.09.2013).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ГЛАВА 3. Плотность фоновых видов мышевидных грызунов на территории биосферного резервата «Кологривский лес» и опытно-производственного хозяйства «Минское»

Участки исследования на территориях биосферного резервата и ОПХ «Минское» по доли видов в сообществе мышевидных грызунов и уровню их численности сходны. Наибольшая величина показателя количественной представленности установлена у рыжей полёвки (79,41 % от выборки отловленных мышевидных грызунов, обитающих на территории биосферного резервата, и 74,17 % от выборки отловленных грызунов на территории ОПХ «Минское» в летний период 2021–2023 годов) по сравнению с малой лесной мышью (20,49 % – в биосферном резервате, 15 % – в опытно-производственном хозяйстве в тот же период). При этом отмечено, что плотность грызунов на слабо нарушенной территории несколько ниже по сравнению с заповедным лесом (для малой лесной мыши: $F = 10,13$ при $p = 0,033$). Проведён анализ динамики плотности фоновых видов мышевидных грызунов. За период 2012–2023 гг. на территории биосферного резервата пики плотности рыжих полёвок регистрируются каждые четыре года, в промежутках между ними происходит спад плотности (рисунок 2).

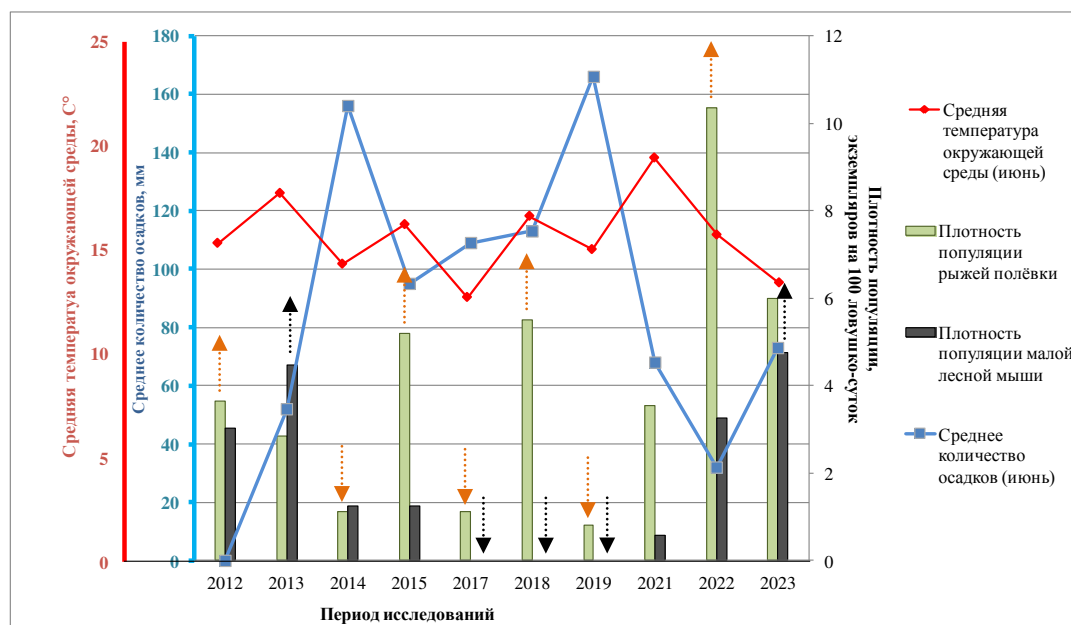


Рисунок 2. Популяционная динамика грызунов и погодно-климатические факторы в период 2012–2023 гг. на территории биосферного резервата (ельник-липовый): стрелками вверх указаны пики плотности; стрелками вниз – депрессии плотности (рыжий цвет стрелки – рыжая полёвка, чёрный цвет стрелки – малая лесная мышь)

Максимальная по величине многолетняя компонента дисперсии составляет 72,52 % ($t = 4,36$, $p = 0,018$). Максимум спектральной плотности популяции рыжей полёвки соответствует периоду 4 года (рисунок 3а). Сходные результаты дал автокорреляционный анализ (рисунок 3б). Корреляционная функция не выходит за границы доверительного интервала. Значимыми оказались периоды в 4 года. Коэффициент корреляции составляет +0,09.

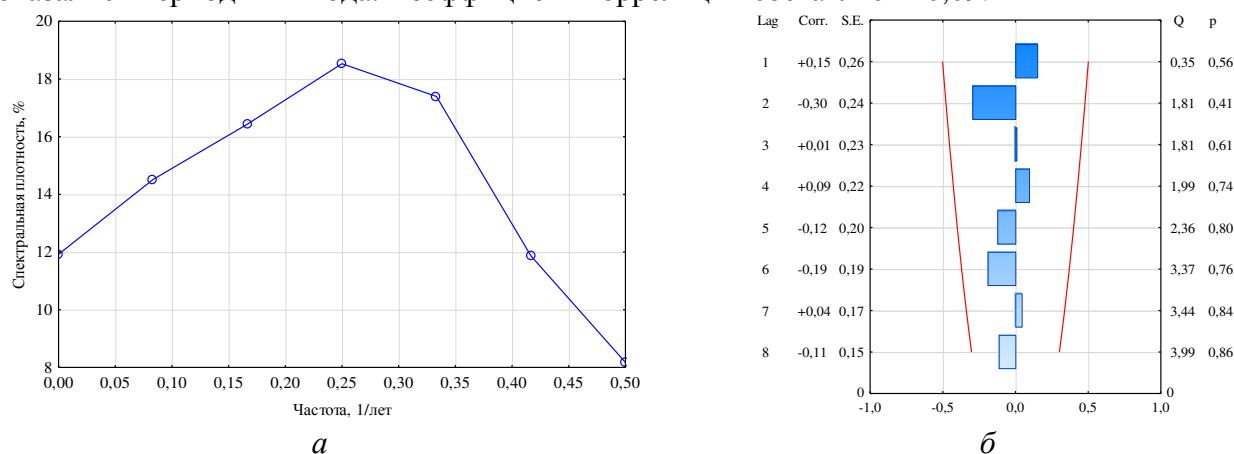


Рисунок 3. Спектральная плотность (а) и коррелограмма динамики плотности (б) рыжей полёвки на участке биосферного резервата: lag – вариант лага; Corr – коэффициент корреляции по Спирмену; S.E. – стандартная ошибка; Q – параметр скользящего среднего; p – параметр авторегрессии

Изменения плотности малой лесной мыши в многолетнем периоде носят нециклический характер, преимущественно зависимый от внешних условий окружающей среды (наличие корма, благоприятных погодных условий, отсутствие конкурентов). Многолетняя компонента дисперсии составляет 86,08 % ($t = 3,65$, $p = 0,006$). Спектральный анализ плотности популяции малой лесной мыши не показал значимой многолетней цикличности (рисунок 4а). При расчёте автокорреляционной функции показана максимальная скоррелированность в первый год (+0,51) – плотность определяется предыдущим годом (рисунок 4б).

Видна асинхронность в динамике плотности грызунов (рисунок 2), однако значимой корреляции для рядов плотности рыжей полёвки и малой лесной мыши не установлено, что обусловлено сходством в экологии исследуемых видов.

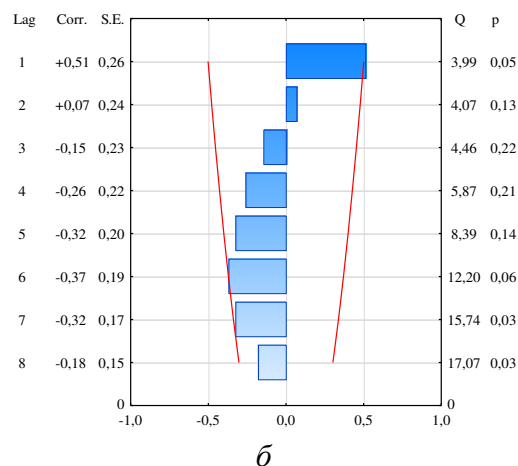
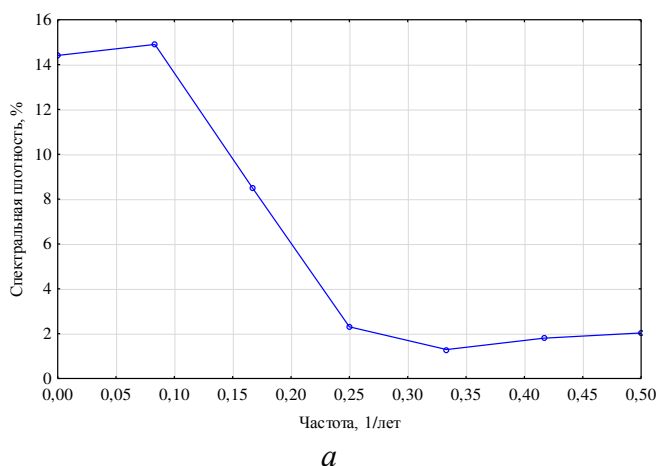


Рисунок 4. Спектральная плотность (а) и коррелограмма динамики плотности (б) малой лесной мыши на участке биосферного резервата: lag – вариант лага; Corr – коэффициент корреляции по Спирмену; S.E. – стандартная ошибка; Q – параметр скользящего среднего; p – параметр авторегрессии

Установлено влияние погодных условий на популяционную динамику малой лесной мыши, а именно большое количество осадков ($r_p = -0,65$, $p = 0,042$) может выступать в качестве лимитирующего фактора и приводить к снижению плотности популяции. Для рыжей полёвки установлена прямая корреляционная связь между долей особей I типа онтогенеза (половозрелые сеголетки) и плотностью популяции ($r_s = 0,79$, $p = 0,01$), что позволяет предположить рост плотности грызунов при увеличении доли особей I типа онтогенеза.

ГЛАВА 4. Сопряжённость размещения в пространстве мышевидных грызунов и растительных сообществ в условиях Костромской области

Диагностика экологических параметров микростаций по произрастающим на них видам растений показала, что грызуны на территории Костромской области приурочены к затемнённым участкам ($L = 4,23$ – определена методом фитоиндикации косвенно) с умеренной влажностью ($F = 5,25$). Установлены значимые прямые корреляции численности рыжей полёвки с подмаренником настоящим *Galium verum* L. ($r_s = 0,82$, $p = 0,002$) и золотарником обыкновенным *Solidago virgaurea* L. ($r_s = 0,67$, $p = 0,025$), малой лесной мыши – с седмичником европейским *Trientalis europaea* L. ($r_s = 0,67$, $p = 0,024$) и майником двулистным *Maianthemum bifolium* L. ($r_s = 0,90$, $p < 0,001$). Приведённые выше растения относятся преимущественно к бореальным видам и являются типичными представителями лесных биоценозов (Смирнова, 1987; Оценка и сохранение биоразнообразия..., 2000; Смирнов и др., 2008; База данных «Флора сосудистых растений Центральной России». URL: <https://www.impb.ru/eco/>). При этом снижение разнообразия растительных сообществ за счёт увеличения степени доминирования отдельных видов не влечёт за собой значимых негативных последствий для исследуемых популяций грызунов. Наблюдается высокая лабильность распределения грызунов в зависимости от проективного покрытия: они встречались как при относительно высоких (60 %), так и при низких (27 %) его значениях. Установлена значимая обратная корреляционная связь численности рыжей полёвки и освещённости микростаций, связанной с проективным покрытием растений ($r_s = -0,74$, $p = 0,028$).

Используя критерий «каменистой осыпи» метода главных компонент, было выявлено четыре фактора, объясняющих 71,82 % общей дисперсии. Почти половина всех изменений в рассматриваемой системе описывают первые два фактора, причём в равной степени (рисунок 5а). Третий и четвёртый факторы тоже равны, но их процент общей дисперсии почти в два раза меньше, чем у первых двух факторов (рисунок 5б). Фактор 1 положительно коррелирует с неморальными видами растений, которые встречались на слабо нарушенной территории: чистотел большой *Chelidonium majus* L. (0,69), сныть обыкновенная *Aegopodium podagraria* L. (0,41), крапива двудомная *Urtica dioica* L. (0,65), ландыш майский *Convallaria majalis* L. (0,52) и мята полевая *Mentha arvensis* L. (0,63). Отрицательно данный фактор связан с

типичными представителями лесных биоценозов, представляющих собой фоновые виды кологривского кластера: кислица обыкновенная *Oxalis acetosella* L. (–0,58), щитовник мужской *Dryopteris filix-mas* L. (–0,66), седмичник европейский *Trientalis europaea* L. (–0,78), костяника каменистая *Rubus saxatilis* L. (–0,67), ожика волосистая *Luzula pilosa* L. (–0,58), майник двулистный *Maianthemum bifolium* L. (–0,67) и подмаренник настоящий *Galium verum* L. (–0,61).

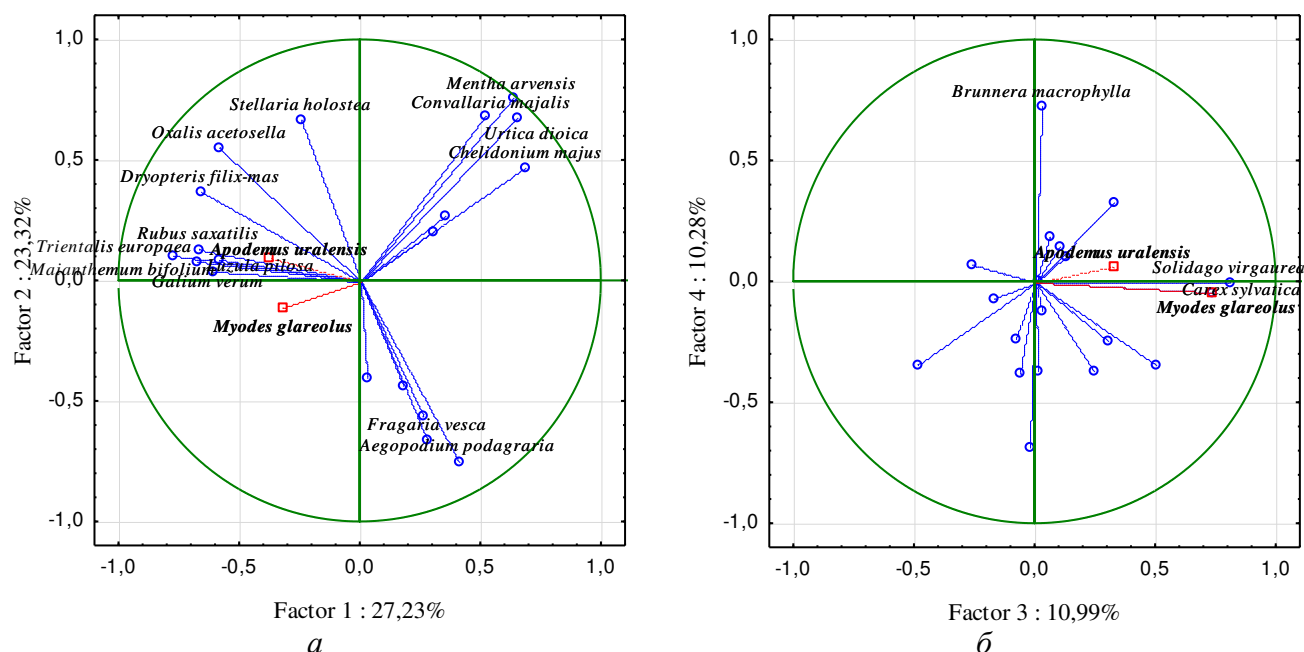


Рисунок 5. Проекция мышевидных грызунов на фитоценоз в зависимости от факторов 1 и 2 (а), в зависимости от факторов 3 и 4 (б): отражены только значимые факторные нагрузки; синим цветом выделены активные переменные; красным цветом выделены пассивные переменные

Фактор 2 связан с условиями произрастания растений (освещённость, кислотность почвы и её азотообеспеченность). Данный фактор положительно коррелирует с гелиофобами – звездчатка ланцетовидная *Stellaria holostea* L. (0,67), с ацидофилами – ландыш майский *Convallaria majalis* L. (0,68), мята полевая *Mentha arvensis* L. (0,76), с нитрофилами – крапива двудомная *Urtica dioica* L. (0,67), и отрицательно – с нейтробазифилами – сныть обыкновенная *Aegopodium podagraria* L. (–0,75), с гелиофилами – земляника лесная *Fragaria vesca* L. (–0,66).

Установлена значимая положительная нагрузка по третьей компоненте у переменных – осока лесная *Carex sylvatica* Huds. (0,74) и золотарник обыкновенный *Solidago virgaurea* L. (0,81), которые являются наиболее пластичными к условиям обитания слабо нарушенной территории, по четвёртой компоненте – у переменной бруннеры крупнолистной *Brunnera macrophylla* (Adams) I. M. Johnst (0,72), численность которой в рассматриваемых фитоценозах невелика, этот вид отличается требовательностью к кислотности почвы, наличию полутени и умеренной влажности микростадий.

У малой лесной мыши, более требовательной к условиям существования (Наумов, 1948; Борякова и др., 2010), наблюдается отрицательная корреляция с фактором 1 ($r_s = -0,58$, $p = 0,062$). Данный вид грызунов был отмечен только в 4 биотопах из 11 рассматриваемых: ельник липовый кисличный, ельник кислично-щитовниковый, ельник майниковый, ельник копытенево-кисличный, которые относятся к типичным лесным биоценозам, где представлены бореальные виды растений. Рыжая полёвка встречается на участках как лесных, так и слаборазрушенных биотопов, что указывает на её эврибионтный характер (Наумов, 1948; Борякова и др., 2010; Борякова, Тимофеев, 2012). Данный вид связан сильной значимой корреляционной связью с фактором 3 ($r_s = 0,81$, $p = 0,003$). Осока лесная и золотарник обыкновенный, которые с сильной положительной связью объединились по отношению к фактору 3, сопутствуют распределению рыжей полёвки, обеспечивая укрытие, микроклимат, а также могут встречаться в кормовых запасах и на их кормовых столиках.

ГЛАВА 5. Экстерьерные и интерьерные признаки мышевидных грызунов на территории Костромской области

На территории биосферного резервата у грызунов показатель массы тела значимо выше, чем на слабо нарушенной территории (для рыжей полёвки: $Z = 2,00$, $p = 0,046$; для малой лесной мыши: $Z = 3,12$, $p = 0,014$). При этом достоверных межпопуляционных различий в промерах тела особей не выявлено. Отмечено, что при снижении плотности рыжей полёвки, обитающей на территории биосферного резервата, показатели экстерьерных признаков увеличиваются, и, наоборот, при увеличении количества грызунов их значения уменьшаются (длина головы и туловища: $r_s = -0,97$ при $p < 0,001$; длина хвоста: $r_s = -0,63$ при $p = 0,053$; длина задней ступни: $r_s = -0,60$ при $p = 0,066$; высота уха: $r_s = -0,67$ при $p = 0,036$). Для малой лесной мыши статистически значимая зависимость экстерьерных признаков от плотности популяции не выявлена. Изменения показателей массы тела грызунов во времени связаны с опосредованным влиянием погодно-климатических условий (для рыжей полёвки: $F(2,7) = 2,82$ при $p = 0,13$; для малой лесной мыши: $F(2,5) = 1,70$ при $p = 0,27$). Установлена прямая корреляция показателей массы тела особей со средним количеством осадков (для рыжей полёвки: $r_s = 0,70$ при $p = 0,026$; для малой лесной мыши: $r_s = 0,57$ при $p = 0,139$) и обратная со средней температурой воздуха (для малой лесной мыши $r_s = -0,64$ при $p = 0,86$), что обусловлено влиянием данных факторов на кормовые условия грызунов. На территории ОПХ «Минское» у рыжей полёвки выявлены слабые корреляции показателей «длина хвоста» ($r_s = 0,23$ при $p = 0,009$) и «высота уха» ($r_s = -0,35$ при $p < 0,001$) с плотностью популяции. Изменчивость данных признаков также связана с опосредованным влиянием погодно-климатических условий: установлена прямая корреляционная связь со средним количеством осадков (для показателя «длина хвоста» $r_s = 0,39$ при $p < 0,001$) и средней температурой воздуха (для показателя «высота уха» $r_s = 0,36$ при $p < 0,001$). Полученный результат обусловлен влиянием погодно-климатических условий на плотность популяции грызунов, которая, в свою очередь, определяет размеры тела грызунов. Для популяции малой лесной мыши значимые корреляции экстерьерных признаков с внутривидовыми характеристиками и погодно-климатическими условиями не выявлены.

При оценке морфофизиологических признаков установлено, что индекс лёгких (для малой лесной мыши: $Z = 3,34$ при $p = 0,001$) и индекс селезёнки (для рыжей полёвки: $Z = 4,87$ при $p < 0,001$) значимо выше на территории ОПХ «Минское», что свидетельствует о высокой двигательной активности особей на слабо нарушенном участке в ответ на внешние и внутренние факторы (рисунок 6).

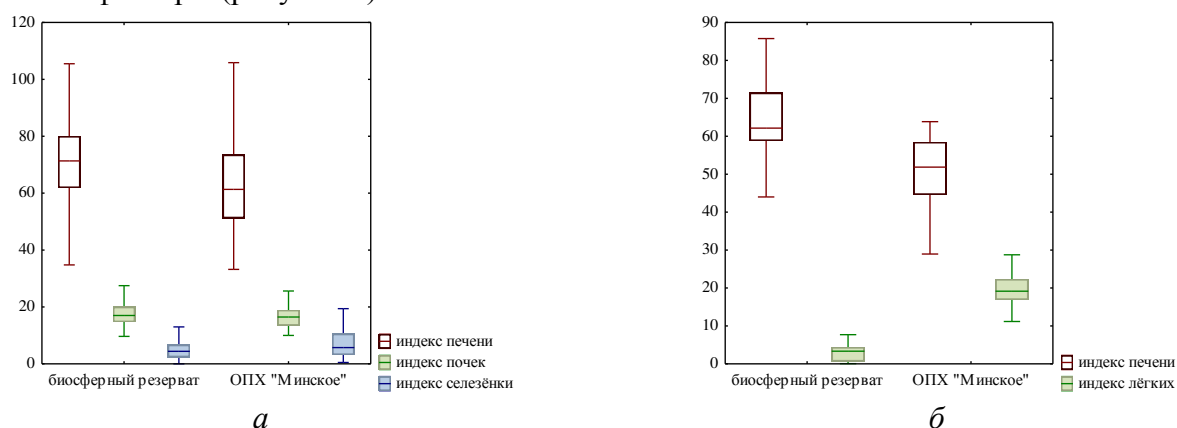


Рисунок 6. Значения морфофизиологических параметров рыжей полёвки (а) и малой лесной мыши (б) на территории Костромской области: горизонтальная линия – медиана; вертикальная черта – пределы колебаний; – 25–75 %; квантили; отражены только значимые различия ($p < 0,05$), критерий Манна–Уитни

Индекс почек (для рыжей полёвки: $Z = 3,31$ при $p = 0,001$) как индикатор уровня популяционной напряжённости метаболизма (Оленев, 1964; Шварц и др., 1968; Чернявский, Ткачев, 1982) и индекс печени, характеризующий способность депонировать запасные

питательные вещества (для рыжей полёвки: $Z = 4,09$ при $p < 0,001$; для малой лесной мыши: $Z = 2,30$ при $p = 0,002$), значимо выше на территории биосферного резервата «Кологривский лес», что свидетельствует о повышении уровня метаболизма в связи с большей плотностью популяций грызунов ($r_s = 0,48$ при $p < 0,001$) при хорошей доступности кормов в данных экологических условиях.

Относительно низкие значения индексов сердца, лёгких, почек, селезёнки у грызунов наблюдаются в период благоприятных климатических условий и оптимальной плотности популяций (рисунок 7) (Климова, Сиротина, 2021). Выявлены значимые отрицательные корреляционные связи индекса лёгких со средним количеством осадков (для рыжей полёвки: $r_s = -0,67$ при $p = 0,035$) и средней температурой воздуха (для малой лесной мыши: $r_s = -0,71$ при $p = 0,047$). Кроме того, у рыжей полёвки установлена значимая обратная корреляция индекса лёгких с длиной тела особей ($r_s = -0,76$ при $p = 0,011$). Полученный результат соответствует правилу обратной зависимости данного интерьерного показателя от величины животного (Welcker, Brandt, 1903; Rensh, 1948; Шварц, 1960; Башенина, 1969) и характеризует рассматриваемый вид как один из наиболее подвижных и отличающихся высокой интенсивностью обменных процессов.

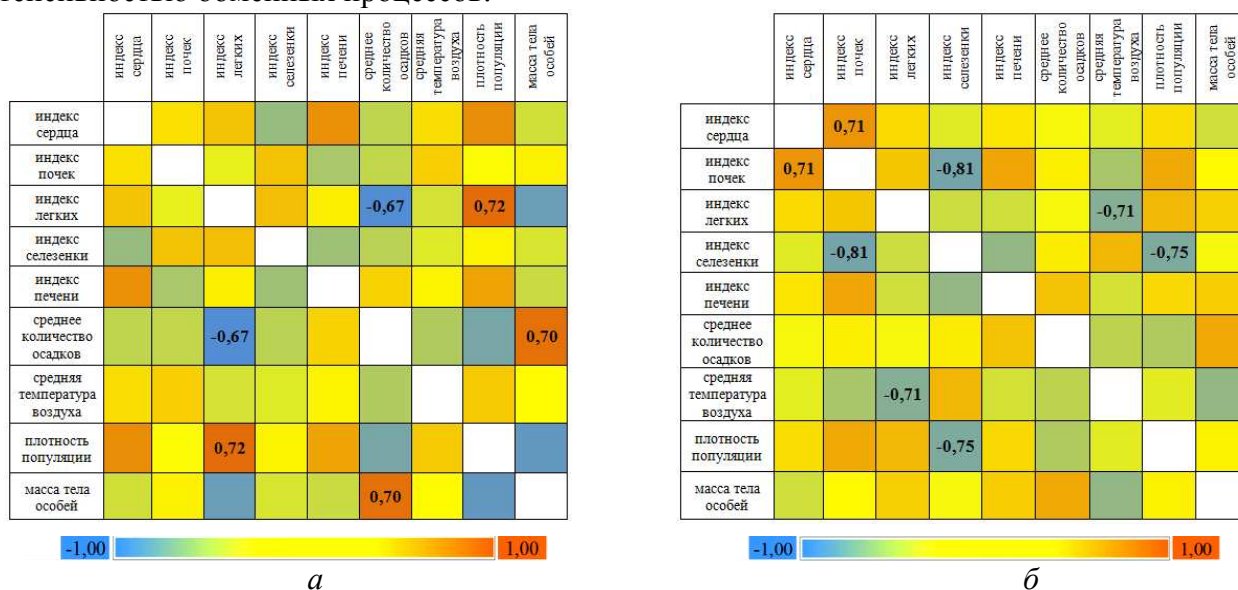


Рисунок 7. Корреляция индексов внутренних органов рыжей полёвки (а) и малой лесной мыши (б), плотности популяций грызунов и погодно-климатических факторов на территории биосферного резервата «Кологривский лес»: приведены только значимые корреляции ($p < 0,05$ с поправкой Бонферрони)

На территории ОПХ «Минское» выявлены значимые отрицательные корреляции индексов сердца и лёгких грызунов со средним количеством осадков ($r_s = -0,28$ при $p < 0,001$ и $r_s = -0,32$ при $p < 0,001$ соответственно), со средней температурой воздуха (для индекса лёгких: $r_s = -0,35$ при $p < 0,001$) и с массой тела особей ($r_s = -0,50$ при $p < 0,003$ и $r_s = -0,41$ при $p < 0,001$ соответственно), что соответствует полученным результатам на территории биосферного резервата. Индекс почек, наоборот, положительно коррелирует со средней температурой воздуха и средним количеством осадков ($r_s = 0,66$ при $p < 0,001$ и $r_s = 0,49$ при $p < 0,001$ соответственно), указывая на интенсификацию метаболизма у грызунов в условиях слабо нарушенных лесных экосистем при увеличении температуры воздуха и количества осадков.

ГЛАВА 6. Краниологические признаки мышевидных грызунов на территории Костромской области

Популяции рыжей полёвки биосферного резервата «Кологривский лес» и опытно-производственного хозяйства «Минское» с высоким уровнем значимости разделяются по 8 показателям линейных промеров черепа из 17 краниометрических признаков, по которым проводились замеры (таблица 1).

Таблица 1

Результаты дискриминантного анализа линейных промеров черепа у грызунов на территории биосферного резервата и ОПХ «Минское»

Признаки	рыжая полёвка			малая лесная мышь		
	Wλ	F	р-значение	Wλ	F	р-значение
Gls	0,058	0,09	0,762	0,096	0,11	0,744
Cbl	0,059	1,62	0,207	0,102	1,51	0,233
Fac	0,059	2,40	0,125	0,104	1,85	0,189
Br	0,059	1,11	0,295	0,096	0,09	0,772
Iob	0,119	77,21	0,001	0,127	6,64	0,018
D1	0,060	2,27	0,137	0,107	2,52	0,128
Lm ¹⁻³	0,061	3,78	0,056	0,095	0,04	0,836
Zyg	0,060	2,96	0,090	0,095	0,03	0,871
Bcra	0,061	3,97	0,050	0,099	0,86	0,365
Is	0,068	13,30	0,001	0,098	0,55	0,468
L	0,084	32,76	0,001	0,148	11,08	0,003
Lmd	0,062	5,53	0,021	0,095	0,02	0,900
D2	0,062	4,83	0,031	0,099	0,80	0,381
Hmd	0,058	0,01	0,930	0,099	0,73	0,403
Lm ₁₋₃	0,058	0,41	0,525	0,099	0,72	0,406
Bbull	0,064	7,40	0,008	0,097	0,42	0,527
Lbull	0,064	6,96	0,011	0,097	0,29	0,596
Дискриминантное уравнение, мм	биосферный резерват: $-387,663 + 8,046 \cdot \text{Iob} + 2,767 \cdot \text{Bcra} + 17,018 \cdot \text{Is} - 4,249 \cdot \text{L} + 16,226 \cdot \text{Lmd} + 9,011 \cdot \text{D2} + 13,891 \cdot \text{Bbull} + 5,750 \cdot \text{Lbull}$		ОПХ «Минское»: $-406,245 + 0,406 \cdot \text{Iob} + 1,111 \cdot \text{Bcra} + 25,399 \cdot \text{Is} + 3,859 \cdot \text{L} + 13,119 \cdot \text{Lmd} + 2,881 \cdot \text{D2} + 20,066 \cdot \text{Bbull} - 2,364 \cdot \text{Lbull}$	биосферный резерват: $-542,525 - 4,627 \cdot \text{Iob} + 28,605 \cdot \text{L}$	ОПХ «Минское»: $-595,184 - 9,059 \cdot \text{Iob} + 28,201 \cdot \text{L}$	

Примечание: Жирным шрифтом выделены значимые различия ($p < 0,05$).

Результаты дискриминантного анализа располагаются на одной канонической оси, $R_c = 0,97$ при $F = 69,918$ ($p < 0,001$). Собственное значение составляет 47,352, $W\lambda = 0,058$, $\chi^2 = 199,74$ ($df = 17$, $p < 0,001$).

Популяции малой лесной мыши разделяются по 2 показателям (таблица 1). Результаты анализа располагаются на одной канонической оси, $R_c = 0,95$ при $F = 11,195$ ($p < 0,001$). Собственное значение составляет 17,20, $W\lambda = 0,095$, $\chi^2 = 64,71$ ($df = 17$, $p < 0,001$).

Наибольший вклад в дифференциацию исследуемых популяций вносят признаки, характеризующие изменчивость длины лицевой и мозговой части черепа, межглазничного расстояния, ширины между надглазничными вырезками, длины лба, слуховых барабанов, а также размеров нижней челюсти (длина нижней диастемы, сочленовная длина нижней челюсти) и позволяют отдифференцировать 95,5 % объектов (рисунок 8). Морфологически это выражается в укреплении костей и усилении мускулатуры черепа, связанных с особенностями специализации питания.

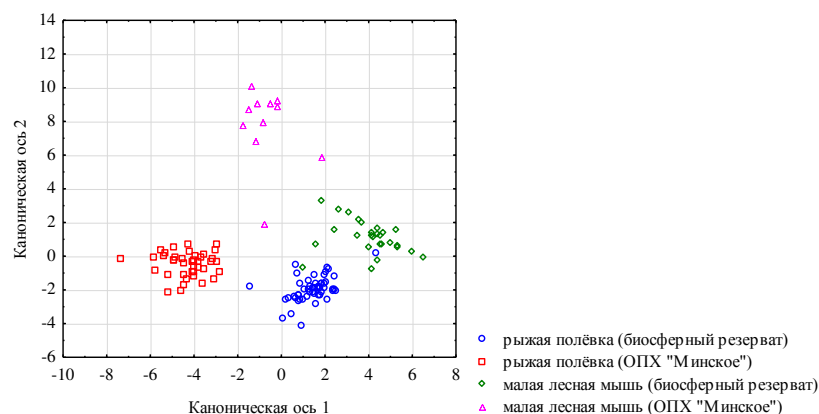


Рисунок 8. Распределение изученных грызунов в пространстве дискриминантных функций, вычисленных по результатам линейных промеров черепа

На территории биосферного резервата череп грызунов имеет тенденцию к сужению роstralной и расширению затылочной части, что характеризует зеленоядный тип питания, в то время как на слабо нарушенной территории (ОПХ «Минское») у грызунов затылочная часть уже, а роstralная часть шире, что более характерно для семеноядного типа питания (Окулова и др., 2018), и обусловлено наличием сельскохозяйственных полей с зерновыми культурами рядом с участками исследования.

Выявлены различия в степени равновесности окружающей экологической среды рассматриваемых территорий: на территории биосферного резервата у особей значимые корреляции преимущественно представлены положительными значениями, в то время как для популяций, обитающих на территории ОПХ «Минское», отмечено наличие значимых отрицательных коэффициентов корреляции (рисунок 9). Таким образом, у особей рыжей полёвки и малой лесной мыши, которые являются типичными лесными представителями, на слабо нарушенной территории возможно снижение стабильности индивидуального развития по сравнению с «оптимальным местообитанием» на территории биосферного резервата.

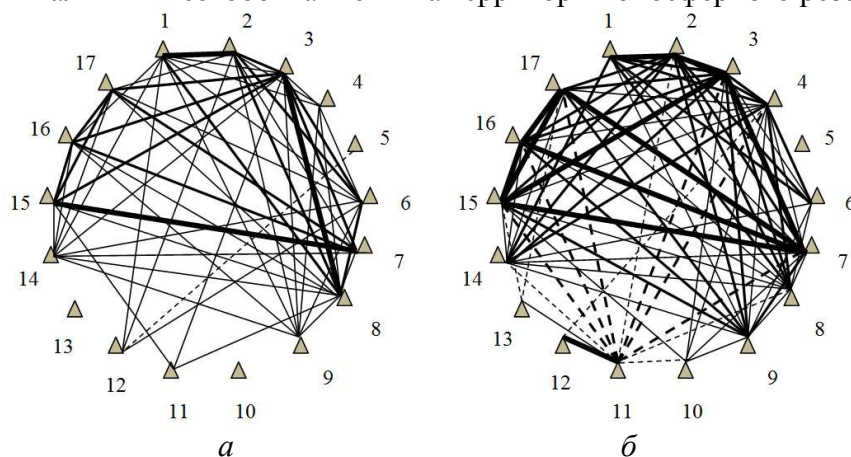


Рисунок 9. Матрицы коэффициентов корреляции между линейными признаками черепа грызунов на территории биосферного резервата «Кологривский лес» (а) и опытно-производственного хозяйства «Минское» (б): 1 – наибольшая длина черепа; 2 – кондилобазальная длина черепа; 3 – длина лицевой части черепа; 4 – длина мозговой части черепа; 5 – межглазничная ширина; 6 – длина верхней диастемы; 7 – альвеолярная длина верхних коренных зубов; 8 – скуловая ширина; 9 – затылочная ширина; 10 – ширина между надглазничными вырезками; 11 – длина лба; 12 – сочленовная длина нижней челюсти; 13 – длина нижней диастемы; 14 – максимальная высота нижней челюсти; 15 – альвеолярная длина нижних коренных зубов; 16 – ширина барабанной камеры; 17 – длина барабанной камеры. Отражены только значимые зависимости ($p < 0,05$ с поправкой Бонферрони). Сплошная линия – положительная корреляция; пунктирная линия – отрицательная корреляция. Толщина линии отражает силу связи: слабые ($r_p < |0,50|$), умеренные ($|0,50| < r_p < |0,75|$) и сильные ($r_p > |0,75|$)

Установлена значимая обратная корреляция параметров черепа «индекс Lmd/Cbl» и «индекс D1/Cbl», характеризующих специфичность питания, со средним количеством осадков ($r_p = -0,52$ при $p = 0,041$ и $r_p = -0,53$ при $p = 0,036$ соответственно), что связано с особенностями состава корма и возможности его добычи. Данная тенденция позволяет предположить рост «зеленоядности» и снижение «семеноядности» среди грызунов данных видов в период увеличения среднего количества осадков, и наоборот. Следует отметить, что можно говорить лишь о возможном опосредованном влиянии погодно-климатических факторов на условия существования популяции, которые создают благоприятные или неблагоприятные условия для роста численности популяции. Плотность популяции и наличие кормовых ресурсов, в свою очередь, влияют на размеры особей и, соответственно, на краниологические признаки.

Для диагностики степени оптимальности условий для существования популяций грызунов также проведён анализ флуктуирующей асимметрии признаков правой и левой сторон черепа у грызунов. Средняя частота асимметричного проявления признака соответствует 1 баллу по пятибалльной шкале стабильности развития для млекопитающих (Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ №460-р от 16.10.2003). Соответственно

рассматриваемые экосистемы биосферного резервата и опытно-производственного хозяйства в течение всего периода исследования являются «оптимальными» для процесса устойчивого онтогенетического развития особей рыжей полёвки и малой лесной мыши. Относительно невысокий уровень флуктуирующей асимметрии в популяциях, обитающих на территории опытно-производственного хозяйства «Минское», можно объяснить незначительным уровнем антропогенной трансформации окружающей среды и возможной популяционной адаптацией данных грызунов в связи с их длительным обитанием на данной территории.

ГЛАВА 7. Адаптивные особенности системы крови мышевидных грызунов на территории Костромской области

7.1 Лейкоциты крови грызунов на территории биосферного резервата «Кологривский лес» и опытно-производственного хозяйства «Минское»

Для оценки силы и значимости влияния различных факторов на показатели крови грызунов проведён многофакторный дисперсионный анализ (рисунок 10). По его результатам установлено, что такие факторы как пол, год исследований, локация отлова, стадия популяционного цикла, репродуктивный статус особей, масса тела особей, индекс селезёнки, а также взаимодействие данных факторов на 40–70 % объясняют дисперсию показателей крови грызунов.

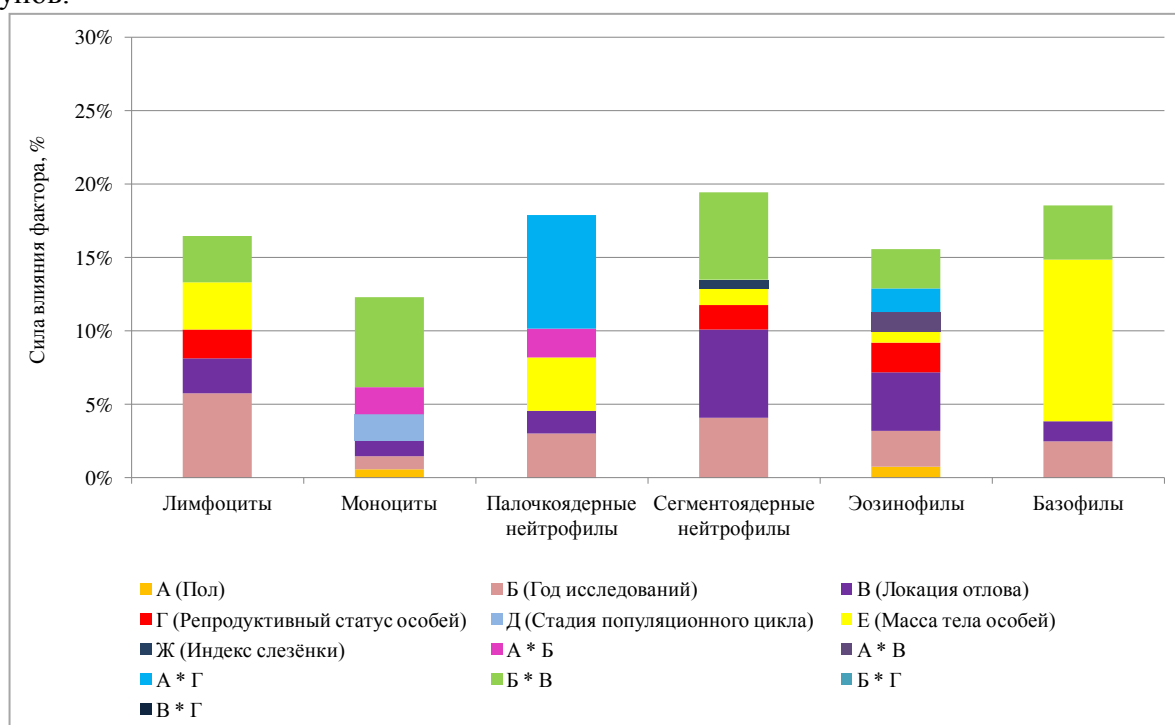


Рисунок 10. Влияние различных факторов на гематологические показатели грызунов на территории Костромской области (факторы Д, Е и Ж использовались как коварианты; представлены только значимые влияния факторов по данным дисперсионного анализа)

«Локация отлова» и «год исследований» оказывают существенное влияние на все показатели лейкоформулы: долю лимфоцитов, нейтрофилов, базофилов, моноцитов и уровень эозинофилов, что, очевидно, в последнем случае было связано с паразитарной нагрузкой. Стадия популяционного цикла оказывала значимое угнетающее влияние только на содержание моноцитов.

Установлены значимые корреляционные связи профиля лейкоцитов в крови грызунов с локацией отлова, стадией популяционного цикла, полом, особенностью репродуктивной стратегии, массой тела особей, относительной массой селезёнки (рисунок 11).

Для грызунов наблюдается значимая обратная корреляция доли лимфоцитов в крови с местом отлова – их количество больше на территории биосферного резервата (рыжая полёвка: $r_s = -0,30$, $p < 0,001$; малая лесная мышь: $r_s = -0,94$, $p < 0,001$). Прямая корреляция отмечена для

количества палочкоядерных, сегментоядерных нейтрофилов и показателя «отношение нейтрофилов к лимфоцитам» с местом отлова (r_s для малой лесной мыши равны 0,84, 0,85 и 0,85 соответственно, $p < 0,001$; для рыжей полёвки: $r_s < 0,75$ при $p = 0,047$). Так, содержание нейтрофилов в крови рыжей полёвки и малой лесной мыши в ОПХ «Минское» в 1,5 и 2,12 раза ($p < 0,001$) превышает соответствующие показатели на территории биосферного резервата. Увеличение отношения нейтрофилов к лимфоцитам в крови у грызунов на слабо нарушенной территории характеризует наличие хронического стресса (Christian, 1950; Davis et al., 2008) который обусловлен возможным увеличением частоты встреч особей друг с другом, усилением конкуренции за убежища и кормовые ресурсы, увеличением доли среди грызунов гельминтозов и инфекционных заболеваний. Данный процесс сопровождается интенсивной выработкой гормонов стресса, в частности глюкокортикоидов (Christian, 1961; Boonstra, Boag, 1992; Creel et al., 2012; Blondel et al., 2016), которые приводят к снижению количества лимфоцитов в крови (Feldman et al., 2000; Stockham, Scott, 2002). Содержание лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и базофилов в крови грызунов, наоборот, значимо выше в биосферном резервате ($p < 0,001$).

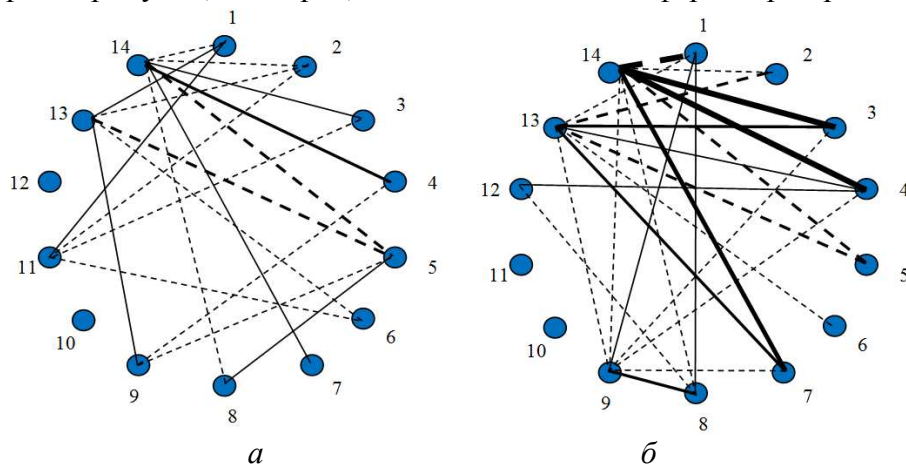


Рисунок 11. Корреляция гематологических показателей у рыжей полёвки (а) и малой лесной мыши (б) с различными факторами на территории Костромской области: 1 – лимфоциты; 2 – моноциты; 3 – нейтрофилы палочкоядерные; 4 – нейтрофилы сегментоядерные; 5 – эозинофилы; 6 – базофилы; 7 – соотношение нейтрофилов и лимфоцитов; 8 – абсолютная масса тела грызунов; 9 – относительная масса селезёнки; 10 – спленомегалия; 11 – пол; 12 – репродуктивная стратегия; 13 – стадия популяционного цикла; 14 – локация отлова. Отражены только значимые зависимости ($p < 0,05$ с поправкой Бонферрони). Сплошная линия – положительная корреляция; пунктирная линия – отрицательная корреляция. Толщина линии отражает силу связи: слабые ($r_p, r_s < |0,50|$), умеренные ($|0,50| < r_p, r_s < |0,75|$) и сильные ($r_p, r_s > |0,75|$)

Установлена прямая корреляция количества сегментоядерных и палочкоядерных нейтрофилов с плотностью популяции (для малой лесной мыши: $r_s = 0,51$ при $p < 0,001$ и $r_s = 0,49$ при $p < 0,001$ соответственно). В периоды пика плотности популяции грызунов количество нейтрофилов в крови особей повышается, что характеризует наличие воспалительных процессов. В популяции малой лесной мыши возможно повышение количества лимфоцитов ($r_s = 0,20$, $p = 0,046$) и уменьшение количества сегментоядерных нейтрофилов ($r_s = -0,23$, $p = 0,022$) в случае гипертрофии селезёнки. У рыжей полёвки установлена обратная корреляция относительной массы селезёнки и уровня эозинофилов в крови ($r_p = -0,23$, $p = 0,003$).

7.2. Характеристика системы «красной» крови грызунов на территории биосферного резервата «Кологривский лес» и опытно-производственного хозяйства «Минское»

Наибольшее влияние на дисперсию содержания эритроцитов и гемоглобина в крови исследуемых видов грызунов, а также диаметра эритроцитов, оказывают масса тела особей, уровень гематокрита и стадия популяционного цикла (рисунок 12). Данные факторы, а также локация отлова, пол, специфика репродуктивной стратегии грызунов, индекс селезёнки и их взаимодействие на 40–80 % объясняют дисперсию показателей системы «красной» крови.

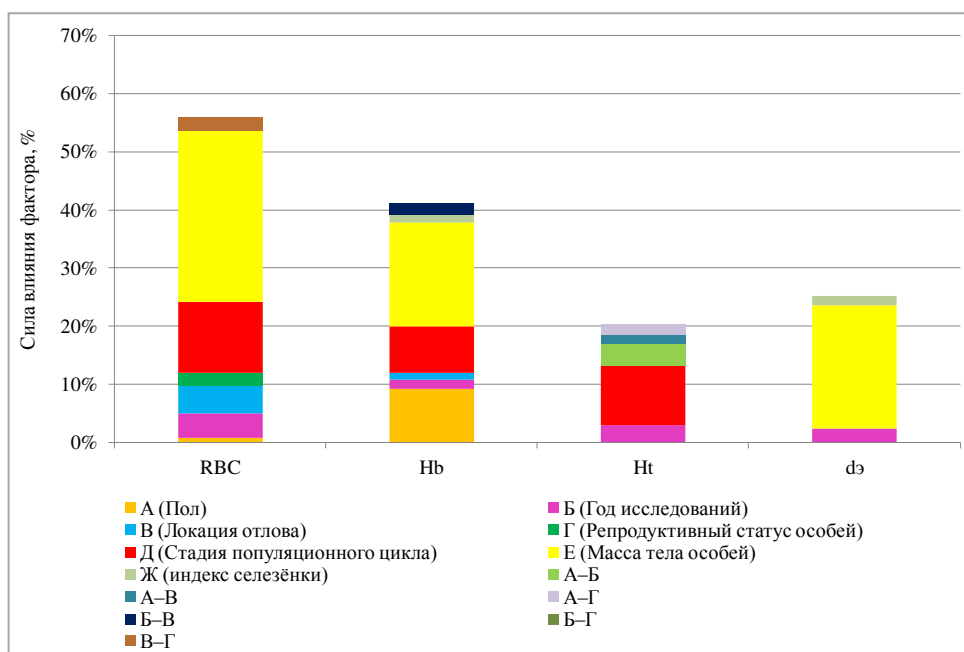


Рисунок 12. Влияние различных факторов на показатели «красной» крови грызунов на территории Костромской области (факторы Д, Е и Ж использовались как коварианты; представлены только значимые влияния факторов по данным дисперсионного анализа)

Установлены значимые корреляционные связи показателей системы «красной» крови (количество эритроцитов, содержание гемоглобина, уровень гематокрита, диаметр эритроцитов) грызунов с полом, годом исследований, локацией отлова, долей лимфоцитов и нейтрофилов в крови, массой тела особей, индексом селезенки, репродуктивной стратегией грызунов, плотностью популяции и стадией популяционного цикла (рисунок 13).

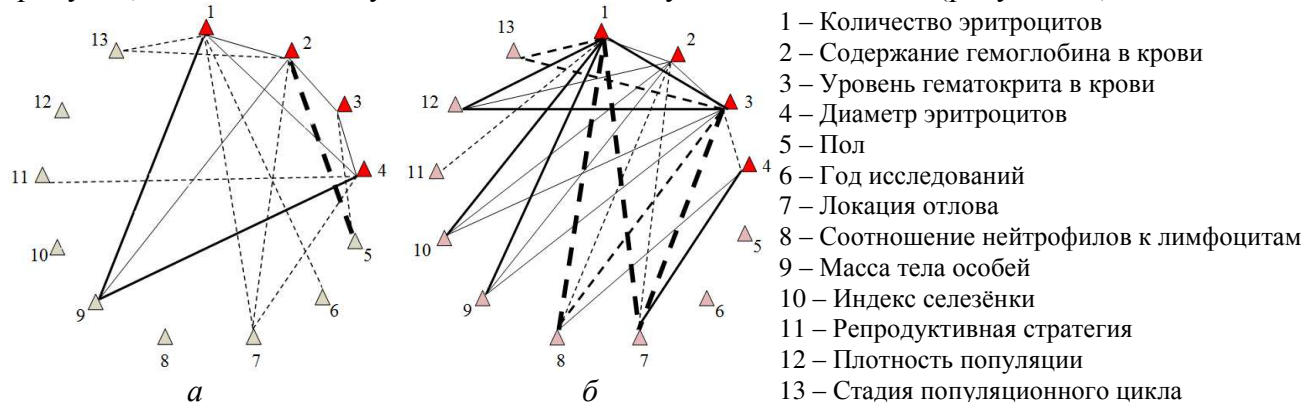


Рисунок 13. Корреляция параметров «красной» крови рыжей полёвки (а) и малой лесной мыши (б) на территории Костромской области. Отражены только значимые зависимости ($p < 0,05$ с поправкой Бонферрони). Красные треугольники – показатели «красной» крови. Серые треугольники – факторы. Сплошная линия – положительная корреляция; пунктирная линия – отрицательная корреляция. Толщина линии отражает силу связи – слабые ($r_s < |0,50|$), умеренные ($|0,50| < r_s < |0,75|$) и сильные ($r_s > |0,75|$)

Для микромаммалей исследуемых видов установлена обратная корреляция количества эритроцитов, содержания гемоглобина и уровня гематокрита в крови с местом отлова ($p < 0,001$), значения которых значимо выше на территории биосферного резервата. При этом диаметр эритроцитов в крови грызунов больше на территории ОПХ «Минское» (для рыжей полёвки: $Z = 3,64$, $p < 0,001$; для малой лесной мыши: $Z = 5,17$, $p < 0,001$).

При исследовании сопряженности показателей системы «красной крови» с полом установлено наличие полового диморфизма у рыжей полёвки по показателю содержания гемоглобина в крови ($r_s = -0,39$, $p < 0,001$), у малой лесной мыши – по среднему диаметру эритроцитов ($r_s = 0,27$, $p = 0,007$). При этом увеличение массы тела особей сопровождается

увеличением количества эритроцитов и концентрации гемоглобина в крови, а также увеличением диаметра эритроцитов ($p < 0,01$).

Для оценки наличия длительного стресса нами было рассмотрено отношение нейтрофилов к лимфоцитам, увеличение которого обусловлено возможным увеличением частоты встреч особей друг с другом, усилением конкуренции за убежища и кормовые ресурсы, увеличением доли среди грызунов гельминтозов и инфекционных заболеваний (Christian, 1950; Davis et al., 2008). В популяции малой лесной мыши установлены статистически значимые отрицательные корреляции содержания эритроцитов и уровня гематокрита в крови грызунов с показателем «отношение нейтрофилов к лимфоцитам» ($r_s = -0,71$ при $p < 0,001$ и $r_s = -0,68$ при $p < 0,001$ соответственно), в то время как для рыжей полёвки значимых корреляций не выявлено. Сокращение количества «красных» клеток в крови малой лесной мыши может быть обусловлено выбросом адреналина при наличии острых, хронических бактериальных и протозойных инфекций, вирусов и протеобактерий (Feldman et al., 2000; Stockham, Scott, 2002).

Выявлена преимущественно обратная корреляционная связь показателей системы «красной» крови со спецификой репродуктивной стратегии особей ($p < 0,01$). Так, высокие параметры эритроцитов у половозрелых сеголеток и перезимовавших особей обусловлены более высокими энергетическими потребностями для роста и размножения данных групп (Orekhova, 2022; Patel et al., 2024).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании слабых нарушений лесных экосистем, связанных с хозяйственной деятельностью человека, необходим многокомпонентный подход, включающий в себя, в частности, оценку состояния элементов зооценоза.

Исследования фоновых видов мышевидных грызунов в условиях заповедных и слабо нарушенных экосистем Костромской области позволили установить, что ряд показателей, характеризующих состояние популяций рыжей полёвки и малой лесной мыши в условиях слабых нарушений остаются практически неизменными, а некоторая динамика их диапазона связана с межгодовой погодной неоднородностью и особенностями популяционной динамики. Так, слабые нарушения природных экосистем не всегда могут найти свое отражение в количественных показателях сообщества мышевидных грызунов, во внешних промерах особей, в функциональной нагрузке на внутренние органы, в показателе уровня флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков черепа. Стоит отметить, что направление влияния погодных и внутривидовых факторов в условиях слабо нарушенных экосистем отлично от заповедных только по показателю «индекса почек», что указывает на их большую чувствительность по сравнению с остальными внутренними органами к изменению обмена веществ и обуславливает возможность использования данного показателя как своеобразного индикатора уровня популяционной напряженности метаболических процессов.

Сравнительный анализ краниологических и гематологических показателей в условиях естественных и слабо нарушенных экосистем показал возможность их использования в качестве индикаторов (маркеров) слабого нарушения окружающей среды. Отрицательные корреляции краниологических признаков у грызунов на территории с антропогенными нарушениями указывают на снижение стабильности их индивидуального развития. При этом низкий уровень коэффициента F_{Anm} правой и левой сторон черепа свидетельствует об устойчивом состоянии популяций в рассматриваемых экологических условиях окружающей среды, что можно рассматривать как результат продолжительных по времени адаптивных реакций грызунов на постоянно меняющиеся внешние биотические и абиотические условия окружающей среды. Данные адаптивные реакции могут найти свое отражение, в частности в переходе грызунов на зерновое питание, что влечёт за собой изменение пропорций черепа. Кроме того, на слабо нарушенной территории наблюдается тенденция на смещение профиля лейкоцитов в крови: доля лимфоцитов снижается и компенсируется повышением уровня нейтрофилов, что свидетельствует об адаптивном ответе, обусловленном наличием стрессоров. Также отмечается уменьшение количества эритроцитов, содержания гемоглобина и уровня

гематокрита в крови на фоне увеличения среднего диаметра эритроцитов, что можно рассматривать как одну из стратегий достижения насыщения крови кислородом в условиях нарушенных экосистем.

Используемый комплексный подход в исследовании состояния популяций мышевидных грызунов позволяет более полно охватить все аспекты жизни микромамманий и даёт возможность выявить скрытые от исследователя эффекты и ключевые механизмы поддержания их организации даже при слабых нарушениях в природных экосистемах. Установленные индикаторы (маркеры) могут служить первыми сигналами о более глобальных экологических проблемах и позволяют вовремя принять меры для предотвращения последствий нарушений биологических систем. Данные эколого-физиологические показатели («индекс почки», гематологические показатели и направление скоррелированности линейных признаков черепа) фоновых видов мышевидных грызунов можно рассматривать как перспективные критерии для оценки состояния экосистем, которые позволяют отнести территории к слабо нарушенным. Дальнейшее исследование адаптивной изменчивости мелких млекопитающих слабо нарушенных наземных экосистем приведёт к более глубокому пониманию механизмов поддержания гомеостаза популяций грызунов в условиях нарастающей антропогенной нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Среди мышевидных грызунов наибольшей встречаемостью на территории биосферного резервата и ОПХ «Минское» характеризуются виды рыжая полёвка и малая лесная мышь. Динамика плотности рыжей полёвки представлена четырёхлетними циклами, связанными с эндогенными регулирующими факторами. Изменения плотности малой лесной мыши в многолетнем периоде носят нециклический характер и преимущественно зависят от внешних условий окружающей среды.

2. Характер растительного покрова и его проективное покрытие в условиях биосферного резервата и слабо нарушенной территории оказывают опосредованное влияние на распределение грызунов в пространстве. Рыжая полёвка и малая лесная мышь на территории Костромской области приурочены преимущественно к затемнённым участкам с умеренной влажностью. Несмотря на то, что изученные микромамманий тяготеют к бореальным видам травянистых растений: *Galium verum* L., *Solidago virgaurea* L., *Trientalis europaea* L., *Maianthemum bifolium* L., они могут приспосабливаться к обитанию на территории со слабыми антропогенными нарушениями с преобладанием в фитоценозе неморальных видов, о чём свидетельствует их относительно большая встречаемость на участках, примыкающих к сельскохозяйственным полям (ОПХ «Минское»).

3. Существует зависимость экстерьерных и интерьерных признаков от половозрастной структуры, динамики плотности популяции и погодных условий. Значимые межпопуляционные различия в промерах тела грызунов в условиях биосферного резервата и слабо нарушенной территории отсутствуют. Изменения морфофизиологических показателей у рыжей полёвки и малой лесной мыши на участках исследования сходны – минимальные значения индексов сердца, лёгких, почек, селезёнки наблюдаются в период благоприятных климатических условий и оптимальной плотности популяции. Наибольшая чувствительность к изменению обмена веществ отмечена у показателя «индекс почек», который может служить индикатором (маркером) слабого нарушения окружающей среды.

4. Изменение краниологических признаков грызунов является чувствительным индикатором слабых антропогенных нарушений природных экосистем. Анализ их скоррелированности у рыжей полёвки и малой лесной мыши показал, что биосферный резерват является более оптимальным местообитанием по сравнению с территорией опытно-производственного хозяйства «Минское». Установлена значимая корреляция краниометрических признаков, характеризующих специфику питания, со средним количеством осадков. На территории с антропогенными нарушениями наблюдается тенденция к расширению роstralной части черепа и сужению затылочной части в связи с семеноядным типом питания.

При отсутствии антропогенных нарушений отмечены обратные пропорции черепа и зеленоядный тип питания. При этом слабые нарушения природных экосистем не нашли свое отражение в показателе уровня флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков черепа у грызунов, который указывает на стабильность онтогенетического развития в популяциях микромамманий на территории ОПХ «Минское».

5. Гематологические показатели грызунов являются наиболее чувствительным индикатором неблагоприятных воздействий. Они значимо отличаются у особей, обитающих на территории биосферного резервата «Кологривский лес» и на территории ОПХ «Минское»: количество лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов, базофилов, эритроцитов в крови, а также содержание гемоглобина и уровень гематокрита значимо выше у грызунов на территории биосферного резервата, в то время как количество нейтрофилов и диаметр эритроцитов больше на слабо нарушенной территории. Многофакторный дисперсионный анализ выявил также существенное влияние на показатели крови таких факторов как: «пол», «репродуктивный статус», «масса тела особей», «индекс селезёнки», «стадия популяционного цикла». Для малой лесной мыши установлена обратная корреляция содержания эритроцитов и уровня гематокрита в крови с индексом «стресса» (отношение нейтрофилов к лимфоцитам).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. **Klimova, A. S.** Leukocytes of the blood of rodents from the «Kologrivsky Forest» Nature Reserve and Kostroma Forestry Site / A. S. Klimova, M. V. Sirotina // *Ecosystem Transformation*. – 2024. – Vol. 7. – № 2. – P. 189–207 (авторский вклад 85 %).

2. **Klimova, A. S.** Characteristics of the «red» blood system in rodents in adjacent areas of the Kostroma region / A. S. Klimova, M. V. Sirotina // *Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. – 2024. – № 7. – P. 47–61 (авторский вклад 90 %).

Статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК

3. **Климова, А. С.** Сравнительная характеристика популяционной организации *Myodes glareolus* Schreber и *Apodemus uralensis* Pallas на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына / А. С. Климова, М. В. Сиротина // *Самарский научный вестник*. – 2022. – Т. 11. – № 3. – С. 69–78 (авторский вклад 75 %).

4. **Климова, А. С.** Особенности краниологических признаков *Myodes glareolus* Schreber на территории Костромской области / А. С. Климова, М. В. Сиротина // *Самарский научный вестник*. – 2023. – Т. 12. – № 1. – С. 48–56 (авторский вклад 80 %).

5. **Климова, А. С.** Сопряженность популяционной организации грызунов и растительных сообществ как фактор сохранения устойчивости биосистем в условиях Костромской области / А. С. Климова, М. В. Сиротина // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. – 2024. – Т. 9. – № 2. – С. 1–13 (авторский вклад 85 %).

Публикации в других изданиях

6. **Климова, А. С.** Экология популяции мыши лесной на территории Костромской области / А. С. Климова // *Ступени роста: сб. тезисов*. – Кострома: КГУ, 2017. – С. 130 (авторский вклад 100 %).

7. **Климова, А. С.** Экология мыши лесной на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына / А. С. Климова // *Сборник научно-исследовательских работ молодых ученых по программе «Шаг в будущее»*. – Кострома: ОГКУ ДО «КОЦНТТ «Истоки», 2017. – С. 3–7 (авторский вклад 100 %).

8. **Климова, А. С.** Экологические аспекты состояния популяции мыши лесной на территории заповедника «Кологривский лес» / А. С. Климова, М. В. Сиротина, О. Н. Ситникова // *Природа Костромского края: современное состояние и экомониторинг: мат-лы межрегион. науч.-практич. конф.* – Кострома, 2017. – С. 60–64 (авторский вклад 70 %).

9. Сиротина, М. В. Мониторинг популяций доминирующих видов мышевидных грызунов на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына / М. В. Сиротина, М. Ю. Маршева, А. П. Зорина, **А. С. Климова** // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». – 2017. – Вып. 1. – С. 74–86 (авторский вклад 70 %).
10. **Климова, А. С.** Экологические аспекты состояния популяции полевки рыжей на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2018. – С. 89 (авторский вклад 100 %).
11. Сиротина, М. В. Некоторые особенности популяций цикломорфных грызунов на территории Государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына / М. В. Сиротина, О. Н. Ситникова, **А. С. Климова** // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы: мат-лы всерос. (с междунар. участием) конф. (20–21 сентября 2018 г.). – Кологрив, 2018. – С. 177–182 (авторский вклад 70 %).
12. **Климова, А. С.** Экологические аспекты состояния популяций цикломорфных грызунов на территории государственного природного заповедника «Кологривский лес» им. М. Г. Сеницына / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2019 – С. 95–96 (авторский вклад 100 %).
13. **Климова, А. С.** Экология популяций *Myodes glareolus* на некоторых участках фитоценозов южной тайги / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2020 – С. 94 (авторский вклад 85 %).
14. Сиротина, М. В. Географические аспекты изменчивости популяционной организации и динамики цикломорфных грызунов, на примере полевки рыжей / М. В. Сиротина, **А. С. Климова** // Сборник I Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Белозеровские чтения» – 2020. – С. 92–97 (авторский вклад 70 %).
15. **Климова, А. С.** Анализ краниометрических признаков цикломорфных грызунов на участках биогеоценотических комплексов южной тайги / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2021 – С. 42–43 (авторский вклад 100 %).
16. **Климова, А. С.** Особенности экстерьерных признаков цикломорфных грызунов на участках биогеоценотических комплексов южной тайги / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: мат-лы XVI всерос. науч.-практич. с междунар. участием конф. (27–28 апреля 2021 г.) – Киров: ВятГУ, 2021. – Книга 2. – С. 314–319 (авторский вклад 80 %).
17. **Климова, А. С.** Некоторые особенности популяционной организации мышевидных грызунов на территории ООПТ «Кологривский лес» и Костромского лесничества ОПХ «Минское» / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы: мат-лы II всерос. (с междунар. участием) конф. (28–29 октября 2021 г.). – Кологрив, 2021. – С. 238–243 (авторский вклад 80 %).
18. **Климова, А. С.** Особенности интерьерных признаков *Myodes glareolus* на территории Кологривского заповедника и Костромского лесничества / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: мат-лы XIX всерос. науч.-практич. с междунар. участием конф. (25 ноября 2021 г.). – Киров: ВятГУ, 2021. – С. 358–362 (авторский вклад 80 %).
19. **Климова, А. С.** Некоторые механизмы динамики популяции мышевидных грызунов в Костромской области / А. С. Климова, М. В. Сиротина // XV Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых: мат-лы всерос. науч. конф. (23 ноября 2021 г.). – Вологда, 2021. – Т. 1. – С. 364–367 (авторский вклад 90 %).
20. **Климова, А. С.** Некоторые гематологические показатели рыжей полевки в условиях Кологривского заповедника / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Экология родного

края: проблемы и пути их решения: мат-лы XVII всерос. науч.-практич. с междунар. участием конф. (26–27 апреля 2022 г.). – Киров: ВятГУ, 2022. – С. 313–317 (авторский вклад 85 %).

21. **Климова, А. С.** Оценка состояния популяций доминирующих видов мышевидных грызунов на территории Кологривского и Костромского районов Костромской области / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2022. – С. 29 (авторский вклад 100 %).

22. **Климова, А. С.** Закономерности популяционной динамики рыжей полёвки в биосферном резервате «Кологривский лес» // Сборник тезисов 26-ой Пущинской школы-конференции молодых ученых с международным участием «Биология – наука XXI века». – Пущино: ФИЦ ПНЦБИ РАН, 2023. – С. 323–324 (авторский вклад 100 %).

23. **Климова, А. С.** Экологические особенности популяции полевой мыши (*Apodemus agrarius* (Pallas, 1771)) на территории Костромского лесничества / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: мат-лы XVIII всерос. науч.-практич. с междунар. участием конф. (24–25 апреля 2023 г.). – Киров: ВятГУ, 2023. – Книга 2. – С. 352–357 (авторский вклад 80 %).

24. Петрова, С. М. Морфометрические и морфофизиологические особенности популяций микромамманий кологривского кластера заповедника «Кологривский лес» имени М. Г. Сеницына / С. М. Петрова, М. В. Сиротина, **А. С. Климова** // Экология родного края: проблемы и пути их решения: мат-лы XVIII всерос. науч.-практич. с междунар. участием. конф. (24–25 апреля 2023 г.). – Киров: ВятГУ, 2023. – Книга 2. – С. 380–384 (авторский вклад 70 %).

25. **Климова, А. С.** Цикличность динамики численности малой лесной мыши в биосферном резервате «Кологривский лес» / А. С. Климова // Актуальные проблемы биологии, экологии и химии: тезисы докладов конференции (20 апреля 2023 г.). – Ярославль: ЯрГУ им. П. Г. Демидова, 2023. – С. 35 (авторский вклад 100 %).

26. **Климова, А. С.** Особенности морфологии черепа у малой лесной мыши на территории Костромской области / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Современные проблемы биологии, химии, экологии: мат-лы всерос. науч.-практич. конф. (17–21 октября 2023 г.). – Ярославль: ЯрГУ им. П. Г. Демидова, 2023. – С. 96–99 (авторский вклад 90 %).

27. Петрова, С. М. Оценка состояния популяций мышевидных грызунов на территории Кологривского заповедника / С. М. Петрова, М. В. Сиротина, **А. С. Климова**, Т. С. Татаринова // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». – 2023. – Вып. 2. – С. 114–124 (авторский вклад 70 %).

28. **Климова, А. С.** Закономерности изменчивости некоторых интегральных показателей популяции малой лесной мыши на территории биосферного резервата «Кологривский лес» / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2023. – С. 40 (авторский вклад 100 %).

29. **Климова, А. С.** Экологический мониторинг состояния популяций цикломорфных грызунов на территории Костромского лесничества / А. С. Климова // Инвентаризация биоты и изучение экологии природных сообществ и урбосреды Евразии: мат-лы I всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (1 ноября 2023 г.). – Самара: СГСПУ, 2023. – С. 109–115 (авторский вклад 100 %).

30. **Климова, А. С.** Особенности системы крови рыжей полёвки на сопредельных территориях Костромской области / А. С. Климова, М. В. Сиротина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: мат-лы XIX всерос. науч.-практ. с междунар. участием конф. (23–24 апреля 2024 г.). – Киров: ВятГУ, 2024. – Книга 2. – С. 283–288 (авторский вклад 85 %).

31. **Климова, А. С.** Сопряженность популяций мышевидных грызунов и растительных сообществ на сопредельных территориях Костромской области / А. С. Климова // Ступени роста: сб. тезисов. – Кострома: КГУ, 2024. – С. 28 (авторский вклад 100 %).

Учебные пособия

32. **Климова, А. С.** Алгоритм комплексных исследований цикломорфных грызунов : учебно-методическое пособие / А. С. Климова, М. В. Сиротина. – Кострома: Костромской государственный университет, 2023. – 80 с (авторский вклад 70 %).

Программы для ЭВМ

33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615253 Российская Федерация. Информационно-аналитическая программа графического представления статистических данных численности грызунов и погодных условий Mouse: № 2023612585: заявл. 09.02.2023: опубл. 13.03.2023 / **А. С. Климова**, А. Н. Петухов, В. В. Вильчик (авторский вклад 90 %).

34. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617138 Российская Федерация. Информационно-аналитическая программа представления статистических данных промеров черепа грызунов и погодных условий «Cranium»: № 2023616130: заявл. 29.03.2023: опубл. 05.04.2023 / **А. С. Климова**, А. Н. Петухов, В. В. Вильчик (авторский вклад 90 %).

35. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024665183 Российская Федерация. Программа обработки статистических данных, полученных при исследовании популяций видов малая лесная мышь и рыжая полёвка, обитающих на территории биосферного резервата «Кологривский лес» в летние периоды 2012–2023 гг. «StatM»: № 2024664370: заявл. 24.06.2024: опубл. 27.06.2024 / **А. С. Климова**, Ф. Д. Ушанов (авторский вклад 90 %).