



**ЭКОЛОГИЯ:
ФАКТЫ,
ГИПОТЕЗЫ,
МОДЕЛИ**

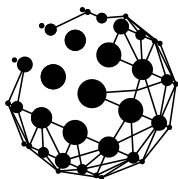
Материалы
Всероссийской конференции
молодых ученых, посвященной
80-летию ИЭРиЖ УрО РАН

Екатеринбург
2024

Институт экологии растений и животных УрО РАН

ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ

Материалы Всероссийской конференции молодых ученых,
посвященной 80-летию ИЭРиЖ УрО РАН
14–18 октября 2024 г.



Екатеринбург

2024

УДК 574 (061.3)

Э 40

ИЭРиЖ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ



**Совет молодых
учёных ИЭРиЖ**

Экология: факты, гипотезы, модели : материалы конф. молодых Э 40 ученых, 14–18 октября 2024 г. / Институт экологии растений и животных УрО РАН; редкол.: А.Н. Созонтов и др. — Екатеринбург: Альфа Принт, 2024. — 259 с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 80-летию ИЭРиЖ УрО РАН. Конференция проходила с 14 по 18 октября 2024 г. на базе Института экологии растений и животных УрО РАН. Организаторами мероприятия выступили ИЭРиЖ УрО РАН, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина и Информационный центр по атомной энергии.

Работы участников конференции молодых ученых были представлены в форме устных и постерных докладов в рамках традиционного конкурса научных работ. Представленные исследования были посвящены проблемам дендрохронологии и структуре сообществ в контексте климатогенной и антропогенной динамики, многоуровневому изучению биоразнообразия, анализу ископаемых остатков и экологических закономерностей эволюции, выявлению механизмов инвазии чужеродных видов, а также популяционным аспектам экотоксикологии.

В оформлении обложки использована фотография победителя фотоконкурса конференции Петренко Татьяны Яковлевны.

ISBN 978-5-907887-51-0



9 785907 887510

© Авторы, 2024
© ИЭРиЖ УрО РАН, 2024
© ООО Универсальная Типография
«Альфа Принт»

ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ

В историю Института экологии растений и животных УрО РАН 2024 год войдёт как год празднования знаменательной даты – 80-летнего юбилея – и проведения нескольких всероссийских и международных конференций, посвященных этому событию. Одной из них стала традиционная Всероссийская конференция молодых учёных «Экология: факты, гипотезы, модели», прошедшая в этом году, нетрадиционно, осенью (14–18 октября). Впрочем, именно с осени 1944 года можно отсчитывать начало полноценной работы нашего учреждения. Даже в почтенном 80-летнем возрасте Институт готов меняться и идти на эксперименты.

В 2024 году на конференции молодые специалисты представили 36 устных и 35 стендовых докладов. Для одних конференция стала первым опытом защиты доклада, для других – возможностью пообщаться с коллегами и представить новые способы обработки ранее собранных данных: среди участников были студенты бакалавриата и магистратуры (26), инженеры и лаборанты (10), аспиранты (23), научные сотрудники (11), преподаватели (1). Небольшая часть гостей принимала участие в конференции в качестве слушателя без доклада, оргкомитет выражает надежду услышать об их научных достижениях на следующий год. Докладчики достойно представили 26 учреждений, среди которых 14 вузов и 12 академических институтов и исследовательских организаций со всей России.

«Молодёжку» невозможно представить без пленарных докладов и мастер-классов. Выступить на конференции согласились специалисты мирового уровня. О реализации масштабного исследовательского проекта «Национальная генетическая инициатива “100 000 + Я”» слушателям рассказали д.б.н., профессор К.В. Северинов и к.б.н. Е.И. Климух. Доклад д.б.н. Соломиной О.Н., директора ИГ РАН, был посвящён изучению климата голоцена по данным моделей и палеоклиматических реконструкций. О биологии старения участникам конференции рассказал д.б.н., член-корреспондент РАН А.А. Москалев. Рассказ д.б.н. П.П. Скучасы был посвящён растущей роли палеогистологии в изучении ископаемых тетрапод. Пленарную лекцию о биологическом горении древесного дебриса и его климатических драйверах прочитал д.б.н. В.А. Мухин – сотрудник нашего Института. Целых два мастер-класса к.б.н. Л.Л. Войты были посвящены работе с микротомографом

и возможностям его применения в зоологии и палеонтологии. С поисковиком Cobalt и с платформой CoLab.ws познакомил её представитель С.В. Татарин. Про проблемы цифровизации литературы о биоразнообразии и про научное волонтерство аудитории поведал к.б.н. А.Н. Созонтов.

Экскурсию в этом году блистательно провёл к.б.н. А.А. Григорьев, подробно рассказавший посетителям своего музея об истории и подробностях формирования богатой дендрохронологической и минералогической коллекции лаборатории геоинформационных технологий.

В соцсетях конференции интересующиеся могли ознакомиться с работами участников фотоконкурса. Десять авторов поделились мгновениями своей исследовательской работы, запечатлёнными в 27 снимках. Организаторы фотоконкурса призывают участников следующих конференций активнее делиться фотографиями своих мест, объектов и методов изучения природы.

Мы благодарны всем участникам конференции и ждём их снова с новыми открытиями. Оргкомитет выражает благодарность партнерам конференции – Уральскому федеральному университету имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Информационному центру по атомной энергии, Общественному движению «Проекты Станислава Дробышевского», геопарку «Янган-Тау».

В настоящем сборнике представлены результаты работ студентов, аспирантов, молодых учёных в области эволюции и палеобиологии, изучения биологического разнообразия на разных уровнях организации живого, экологических циклов углерода, динамики наземных экосистем и их компонентов. Обсуждаются механизмы устойчивости биоты, проблемы факториальной и функциональной экологии, экологического прогнозирования и рационального природопользования, биологических инвазий. С электронными версиями материалов молодёжных конференций 1962–2023 гг. можно ознакомиться по ссылке: https://ipae.uran.ru/library/publications_pdf/proceedings/youth_conference_in_ipae

Редколлегия

Таксономический состав и ландшафтное распределение долгоносикообразных жуков (Curculionoidea) Северо-Восточного Алтая

Н.И. Агриколянская, А.А. Гурина, Р.Ю. Дудко,
С.В. Решетников, А.А. Легалов

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск

Ключевые слова: долгоносики, высотное распределение, трофические связи, биоразнообразие, Западная Сибирь

Горные регионы имеют огромное значение для поддержания высокого биологического разнообразия планеты, особенно регионов с умеренным климатом. Северо-Восточный Алтай, расположенный на периферии Алтае-Саянской горной системы, отличается высокой влажностью, мягкими зимами и не очень жарким летом. Высотная поясность региона относительно простая из-за отсутствия степного пояса, а таёжный пояс, напротив, широко распространён и характеризуется наличием неморальных элементов (Огуреева, 1980).

Долгоносикообразные жуки разнообразны в современной фауне Алтая (Legalov, 2020, 2022) и широко представлены в плейстоценовых отложениях исследуемого региона (Дудко и др., 2017; Gurina et al., 2024). Кроме того, эта группа фитофагов (многие из которых являются моно- или олигофагами), на всех этапах онтогенеза связана с определенными кормовыми растениями. Они являются важным звеном экосистем, а также удобной группой для реконструкций как ландшафтно-климатических условий прошлого, так и элементов растительности.

Проанализировано высотное и биотопическое распределение представителей долгоносикообразных жуков (Curculionoidea) Северо-Восточного Алтая, основанное на материалах коллекции ИСиЭЖ СО РАН (более 2200 экземпляров из 74 локалитетов, включая сборы авторов), также были использованы литературные данные. Регион исследований рассматривается в пределах Северо-Востоčno-Алтайской высокогорно-таёжной подпровинции (Огуреева, 1980).

Таксономический состав долгоносикообразных жуков Северо-Восточного Алтая представлен 225 видами из 114 родов, относящихся к следующим семействам: Anthribidae – 3 вида, Rhynchitidae – 10, Attelebidae – 2, Brentidae – 21, Curculionidae – 157 и Scolytidae – 32. Наиболее разнообразное семейство Curculionidae на территории Северо-Восточного Алтая с подсемействами Eirrhiniinae – 5 видов, Molytinae – 18, Lixinae – 8, Dryophthorinae – 1, Cossoninae – 5, Conoderinae – 31, Curculioninae – 33 и Entimninae – 56.

В изучаемом регионе 149 видов долгоносикообразных жуков отмечено только в низкогорьях, 15 – только в среднегорьях, высокогорный комплекс представлен лишь семью видами. Помимо выделенных групп есть виды, обитающие более чем в одном поясе. Например, в высокогорно-среднегорном поясе отмечается 2 вида, а в среднегорно-низкогорном – 27 видов. Кроме того, выделяются 15 видов, встречающихся во всех высотных поясах региона.

По биотопической приуроченности виды высокогорного комплекса представлены в основном луговыми (4 вида) и тундровыми (3) элементами. Трофически эти виды связаны с бобовыми Fabaceae (копеечник), некоторые развиваются на ивах *Salix*.

Основу среднегорного комплекса составляют виды, связанные с лесными биотопами (10 видов), являющиеся моно- и олигофагами хвойных пород деревьев (*Hylobius pinastri*, *Pissodes harcyniae*, *Phloeotribus spinulosus*, *Carphoborus cholodkovskyi*, *Dendroctonus micans*, *Pityophthorus micrographus*, *Pityogenes conjunctus*, *P. saalasi*) и некоторых розоцветных (*Anthonomus conspersus* и *Trichalophus quadriguttatus*). Кроме того, к среднегорному комплексу относятся виды луговых биотопов. В среднегорьях отмечается вид (*Notaris aethiops*), предпочитающий увлажненные холодные биотопы и развивающийся на злаках и осоках по берегам водоёмов.

Наибольшее разнообразие показывают виды низкогорного комплекса (149 видов). Его основу составляют луговые (42) и лесные (40) виды. Менее широко представлены степные (26) и околородные (15) виды. Лесные виды подразделяются на обитателей хвойных (17), лиственных (21) пород и полифагов хвойных и лиственных деревьев (2). Часть луговых видов связана с кустарниковой растительностью (18), из которых 7 развивается на розоцветных Rosaceae, 3 вида – монофаги ивы *Salix*, 8 видов олиго- и полифаги на ивах, ольхе *Alnus*, лещине *Corylus* и др. Остальные приурочены к травянистой растительности: моно- (7 видов) и олигофаги (27 видов) на бобовых Fabaceae, сложноцветных Asteraceae (10 видов) и гречишных Polygonaceae (6 видов). Единично представлены виды, развивающиеся на капустных Brassicaceae (3), амарантовых Chenopodioidae (3), бурачниковых Boraginaceae (3), зонтичных Apiaceae (2), подорожниковых Plantaginaceae (2), злаковых Poaceae (2), осоковых Cyperaceae (2), а также осоковых и злаковых (1).

Особый интерес представляют виды, встречающиеся на протяжении всего профиля от низкогорий к высокогорьям. Большая их часть сосредоточена в среднегорном поясе – это короеды, являющиеся олигофагами хвойных деревьев. Остальные виды, либо являются полифагами, что позволяет им занимать различные биотопы по всей высотной протяженности, либо это – монофаги на берёзах (*Trichapion simile*), ивах (*Lepyrus volgensis*) и осоках (*Notaris* sp.).

Таким образом, фауна долгоносикообразных жуков Северо-Восточного Алтая насчитывает 225 видов, при этом видовое богатство уменьшается с высотой. Наибольшим таксономическим разнообразием обладает низкогорный пояс, благодаря мозаичности лесных (мелколиственные и хвойные леса) и открытых (луговые, остепненные, околородные) биотопов. Среднегорный комплекс, в свою очередь, не так разнообразен и представлен в основном лесными видами – обитателями хвойных пород деревьев и несколькими луговыми видами. Наиболее бедным по таксономическому разнообразию долгоносикообразных жуков являются высокогорья.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-74-01024, <https://rscf.ru/project/23-74-01024/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дудко Р.Ю., Гурина А.А., Дудко Е.Р.* и др. Жесткокрылые (Coleoptera) в позднеплейстоценовых отложениях на реке Иша в предгорьях Северного Алтая // XV съезд Русского энтомол. об-ва. Новосибирск, 2017. С. 166–167.
- Огуреева Г.Н.* Ботаническая география Алтая. М.: Наука, 1980. 190 с.
- Gurina A.A., Dudko R.Y., Mikhailov Y.E.* et al. First record of insects from the oldest and older Dryas of Altai (Russia). Coleoptera assemblages from Lebed River // Palaeoentomology. 2024. Vol. 7. № 1. P. 112–131.
- Legalov A.A.* Revised checklist of weevils (Coleoptera: Curculionoidea excluding Scolytidae and Platypodidae) from Siberia and the Russian Far East // Acta Biologica Sibirica. 2020. Vol. 6. P. 437–549.
- Legalov A.A.* A checklist of bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae) from Siberia and the Russian Far East // Acta Biologica Sibirica. 2022. Vol. 8. P. 623–646.

DOI: [10.5281/zenodo.14754057](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754057)

Содержание доступных K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в почве под воздействием собственно-почвенных дождевых червей после 3 и 12 месяцев инкубации

К.А. Бабий, С.Ю. Князев, Е.В. Голованова

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Ключевые слова: полевой эксперимент, собственно-почвенные дождевые черви, чужеродные виды, водорастворимые формы катионов, Западная Сибирь

Вторжение экзотических видов является одной из основных причин изменения окружающей среды (Díaz et al., 2019). Инвазивные дождевые черви оказывают значительное влияние на местное биоразнообразие и экосистемы в различных регионах планеты (Hendrix et al., 2008). Один из ключевых механизмов воздействия червей на окружающую среду связан с изменением доступности и перераспределением питательных веществ (Zaller et al., 2013).

Внимание исследователей сосредоточено на изучении влияния местных и инвазивных видов на содержание азота, углерода и фосфора в почве (Eisenhauer et al., 2007; van Groenigen et al., 2014; Vos et al., 2019; Ferlian et al., 2020; Lang et al., 2023). При этом, рост и развитие растений и других организмов зависит не только от наличия углерода, азота и фосфора, но и от ионов калия (K^+), магния (Mg^{2+}) и кальция (Ca^{2+}). Эти компоненты необходимы для синтеза клеточных метаболитов и поддержания развития (Saadat et al., 2020; Hemkemeyer et al., 2021). В почве магний, кальций и калий хранятся в виде растворимых и обменных катионов (Ranger, Turpault, 1999). Исследования, посвященные влиянию инвазивных дождевых червей на доступность кальция, магния и калия в почве, встречаются редко (Resner et al., 2015; Richardson et al., 2022). Взаимодействие инвазивных дождевых червей с нативными видами также изучено недостаточно, что указывает на перспективное направление для исследований. Однако результаты таких взаимодействий могут изменить характер влияния дождевых червей на доступность катионов (Babiy et al., 2023).

Из найденных нами исследований большинство проводится в небольшом временном масштабе (менее 200 дней (Nguyen Tu et al., 2020)), хотя исходя из данных М.И. Зорна (Zorn et al., 2005) следует, что активные изменения в структуре почвы в результате деятельности дождевых червей наблюдаются через 175 дней, поэтому необходимо проводить длительные эксперименты.

В нашем исследовании изучается собственно-почвенный инвазивный *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) (Tiunov et al., 2006) и нативный собственно-почвенный *Eisenia nordenskioldi pallida* Malevic, 1956 (Vsevolodova-Perel, Leirikh, 2014). Наблюдаемое сокращение ареала *E. n. pallida* и одновременное расширение ареала *A. caliginosa* на север в южной части Западной Сибири приводит к замене доминирующего почвенного инженера в лесостепной и, особенно, в таежной зоне, что потенциально приведет к изменениям в минеральном питании почв.

Цель исследования: сравнить изменение содержания доступных K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} в почве под воздействием собственно-почвенных *A. caliginosa*, *E. n. pallida* и их ассоциации в полевом эксперименте в мезокосмах после двух периодов экспозиции: 3 и 12 месяцев.

Гипотеза: деятельность дождевых червей при годовой экспозиции приведет к более сильным различиям доступности элементов между видами и их ассоциации, чем за вегетационный период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первая серия полевого эксперимента в почвенных мезокосмах была проведена в вегетационный период 2022 года с июня по сентябрь, вторая – с июня 2022 года по июнь 2023.

Мезокосмы были изготовлены из ПВХ-труб длиной 50 см (для первой серии) и 100 см (для годовой серии), диаметром 15 см, с дном, закрытым тканью для сита № 76. Также были созданы съёмные крышки, пропускающие воздух и влагу и не создающие парникового эффекта. Чтобы удалить макрофауну, почву, предназначенную для заполнения мезокосмов, просеивали через сито с ячейками диаметром 4 мм, а затем вручную удаляли обнаруженные организмы и коконы. Готовые мезокосмы помещали в почву с учётом усадки и пространства для крышки.

В модельные установки помещали дождевых червей отдельно по видам и их комбинации. Всего закладывали по 6 половозрелых особей в каждый мезокосм. Контролем служили мезокосмы без червей. Каждый вариант эксперимента был воспроизведён в пяти повторностях – всего по 20 мезокосмов в каждой серии эксперимента. По окончании экспозиции каждой серии, установки выкапывали и разбирали послойно. Для анализа были отобраны образцы из верхних 40 см почвы с шагом 5 и 10 см.

В пробах почвы определяли содержание водорастворимых форм катионов (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}). Измерения проводили с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-104Т» (Lumex, Russia) в соответствии с методикой ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.74-2012. рН водных экстрактов почвы определяли на рН-метре Hanna Edge HI 2002-02 (Hanna Instruments, Woonsocket, RI USA) (1:5 соотношение, ГОСТ 26423-85).

Все данные проверяли на нормальность с помощью теста Шапиро-Уилка в программном пакете Statistica 13.0. Анализ методом главных компонент (PCA) был выполнен программном пакете Past 4.05 (Hammer et al., 2001). Статистические различия влияния вариантов эксперимента на катионный состав почвы провели с помощью двух- и однофакторного ANOVA, а также попарного критерия Тьюки (Tukey HSD test) при $P=0.05$ в программном пакете Statistica 13.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На факторных плоскостях PCA наблюдаются тенденции к разделению между годовой и вегетационной сериями во всех слоях почвы (рис. 1) по содержанию K^+ и pH. При этом в тенденции к разделению между вариантами влияние оказывали ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Варианты эксперимента не имели значимых различий по кислотности почвы независимо от времени экспозиции. При этом, по истечении 12 месяцев почва стала значимо более щелочной во всех вариантах в большинстве слоёв относительно вегетационной серии (Рис. 2).

Единственный вариант эксперимента, не имеющий значимых различий между сериями по содержанию доступного K^+ , это *E. n. pallida*. При этом в вариантах, где присутствовал вид *A. caliginosa*, в длительной серии содержание K^+ было выше, чем в вегетационной в диапазоне слоёв 5–30 см. В контрольном варианте аналогичные различия наблюдались в верхних 10 см. Такие отличия контроля от вариантов с *A. caliginosa* можно объяснить биотурбационной активностью этого вида в минеральном слое почвы. В целом, для этого вида характерно более сильное влияние на почву (Le Couteulx et al., 2015), по сравнению с другими собственно-почвенными видами (Babiy et al., 2022). Также, при годовой экспозиции эксперимента отмечено меньше значимых различий между вариантами, по сравнению экспозицией в три месяца.

Неожиданностью стало значимое увеличение содержания водорастворимого Ca^{2+} в контроле почти во всех слоях, при этом в вариантах с дождевыми червями такого почти не наблюдалось. Учитывая, что в других исследованиях *A. caliginosa* и другие виды червей приводили к увеличению Ca^{2+} в почве (Resner et al., 2015; Babiy et al., 2022; Richardson et al., 2022). Можно предположить, что выделение доступного кальция в данном случае могло происходить за счёт микроорганизмов и грибов из подстилки и вымываться вглубь почвы, а роющая деятельность дождевых червей способствовала перемешиванию слоёв. Причём, активность *A. caliginosa* в этом процессе, вероятно, выше. Также в годовой серии, значимые различия между вариантами обнаружены всего в одном слое 10–15 см, тогда как в вегетационной это наблюдалось в верхних 0–5 и 5–10 см.

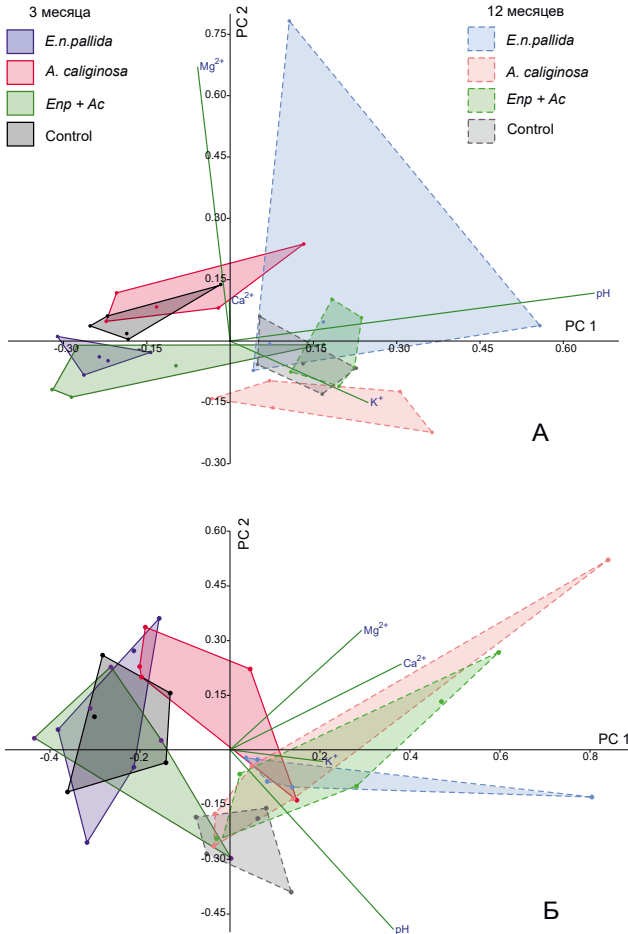


Рис. 1. Факторные плоскости и соответствующие корреляционные вектора (наложены на плоскость) оценки влияния двух видов дождевых червей и их ассоциации на изменение катионного состава почв с разным временем экспозиции эксперимента методом PCA на примере верхних слоёв исследуемой почвы. Слои: 0–5 (А), 5–10 см (Б).

Различие в характере изменения содержания доступного магния и кальция выглядит интересно, так как обычно эти элементы ассоциированы друг с другом в процессах их трансформации в почве, что можно наблюдать в исследованиях (Wu et al., 2020; Babiy et al., 2023). В нашем исследовании в варианте с *E. n. pallida* наблюдалось увеличение содержания доступного магния, в отличие от *A. caliginosa*, где отмечено только снижение в ряде слоёв. Вариант с двувидовой ассоциацией, в целом, подтверждает эту противоположность видов, усредняя результат.

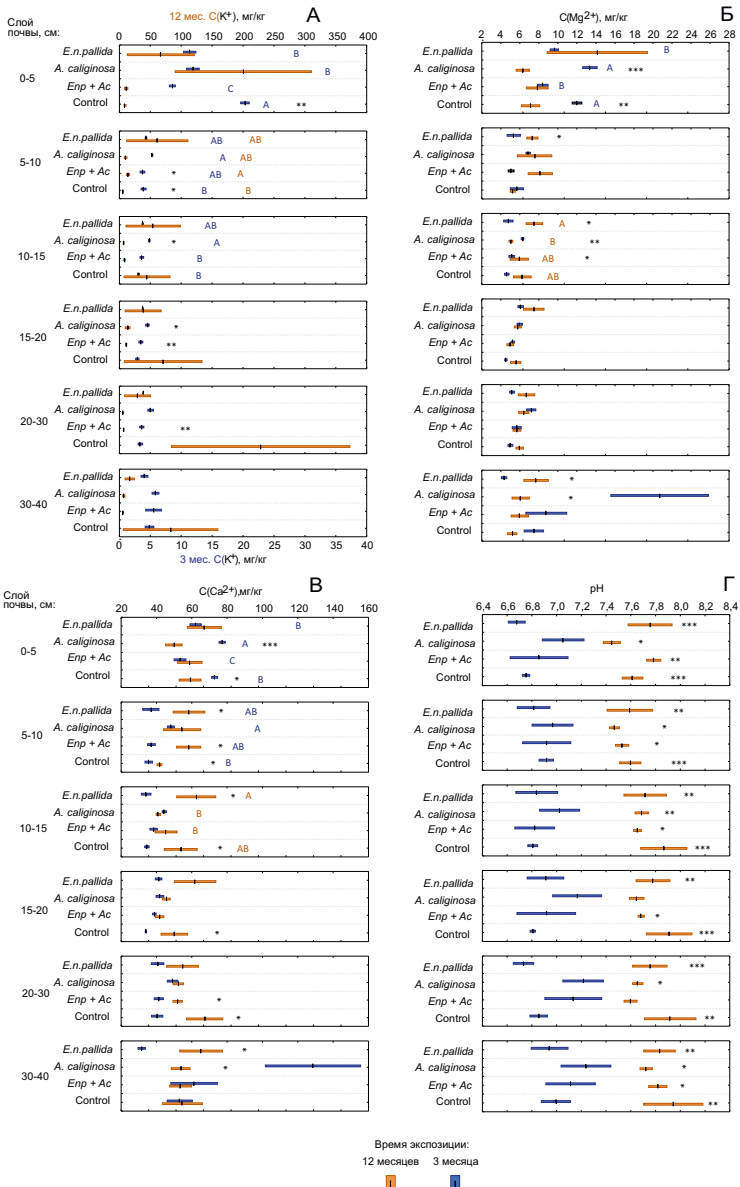


Рис. 2. Содержание ионов калия (А), магния (Б) и кальция (В), и также значение pH (Г) в разных слоях почвы в мезокосмах с *E. n. pallida*, *A. caliginosa* и при их совместном содержании с временем экспозиции 3 и 12 месяцев. Буквы показывают различия между видами, ассоциацией и контролем в разных слоях при $P < 0.05$. Звездочки показывают различие между сериями эксперимента (* – $P < 0.05$, ** – $P < 0.01$, *** – $P < 0.001$), горизонтальные планки обозначают $\pm SE$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования говорят о необходимости закладывать полевые эксперименты длительностью более 200 дней, так как короткие вегетационные эксперименты могут давать данные, которые не корректно масштабировать на более длительные сроки. В годовой серии нами ожидалось увидеть больше значимых различий между вариантами, по сравнению с трёхмесячным экспериментом, однако мы увидели обратный результат. Полученные данные свидетельствуют о необходимости увеличения длительности экспозиции эксперимента. Это нужно из тех соображений, что динамика процесса во времени может быть нелинейной и эффекты могут меняться со временем. Увеличение длительности экспозиции эксперимента позволит отследить продолжение тенденций или их смену. В дальнейшем, нами предполагается снятие ещё одной серии длительностью 24 месяца, что поможет понять характер изменений в динамике.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ (№ 22-14-20034) и Минпрома Омской области (грант № 13-С от 20.02.2024).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Babiy K.A., Kniazev S.Yu., Abramenko A.S., Golovanova E.V.* The first data regarding the effect of the exotic *Eisenia ventripapillata* (Oligochaeta, Lumbricidae) on the cation composition of soils in Western Siberia // Tomsk State University Journal of Biology. 2022. № 60. P. 6577.
- Babiy, K.A., Kniazev, S.Y., Solomatin, D.V., Golovanova E.V.* Influence of the Invasive Earthworm *Eisenia nana* (Lumbricidae) on the Content of Water-Soluble Forms of Cations (NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) in Soil // Russian Journal of Ecology. 2023. Vol. 54. № 4. P. 322–330.
- Díaz S., Settele J., Brondízio E.S.* et al. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change // Science. 2019. Vol. 366. № 6471. P. 1–10.
- Eisenhauer N., Partsch S., Parkinson D., Scheu S.* Invasion of a deciduous forest by earthworms: Changes in soil chemistry, microflora, microarthropods and vegetation // Soil Biology and Biochemistry. 2007. Vol. 39. P. 1099–1110.
- Ferlian O., Thakur M.P., Gonzalez A.* et al. Soil chemistry turned upside down: A meta-analysis of invasive earthworm effects on soil chemical properties // Ecology. 2020. Vol. 101(3). № e02936. P. 1–12.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.* PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia

- Electronica. 2001. Vol. 4. № 1. P. 1–9.
- Hemkemeyer M., Schwalb S.A., Heinze S.* et al. Functions of elements in soil microorganisms // *Microbiological Research*. 2021. Vol. 252. № 126832. P. 1–19.
- Hendrix P.F., Callaham M.A., Drake J.M.* et al. Pandora's box contained bait: the global problem of introduced earthworms // *Annual Reviews of Ecology Evolution and Systematics*. 2008. Vol. 39. P. 593–613.
- Lang B., Betancur-Corredor B., Russell D.J.* Earthworms increase mineral soil nitrogen content – a meta-analysis // *Soil organisms*. 2023. Vol. 95. № 1. P. 1–16.
- Le Couteulx A., Wolf C., Hallaire V., Peres G.* Burrowing and casting activities of three endogeic earthworm species affected by organic matter location // *Pedobiologia*. 2015. Vol. 58. № 2–3. P. 97–103.
- Nguyen Tu T.T., Vidal A., Quénea K.* et al. Influence of earthworms on apolar lipid features in soils after 1 year of incubation // *Biogeochemistry*. 2020. Vol. 147. P. 243–258.
- Ranger J., Turpault M.P.* Input–output nutrient budgets as a diagnostic tool for sustainable forest management // *Forest Ecology and Management*. 1999. Vol. 122. P. 139–154.
- Resner K., Yoo K., Sebestyen S.D.* et al. Invasive earthworms deplete key soil inorganic nutrients (Ca, Mg, K, and P) in a northern hardwood forest // *Ecosystems*. 2015. Vol. 18. № 1. P. 89–102.
- Richardson J.B., Johnston M.R., Herrick B.M.* Invasive earthworms *Amyntas tokioensis* and *Amyntas agrestis* alter macronutrients (Ca, Mg, K, P) in field and laboratory forest soils // *Pedobiologia*. 2022. Vol. 91–92. № 150804. P. 1–12.
- Saadat N.P., Nies T., Rousset Y., Ebenhöf O.* Thermodynamic Limits and Optimality of Microbial Growth // *Entropy*. 2020. Vol. 22(3). № 277. P. 1–19.
- Tiinov A.V., Hale C.M., Holdsworth H.M., Vsevolodova-Perel T.S.* Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America // *Biological Invasions*. 2006. Vol. 8. P. 1223–1234.
- Van Groenigen J., Lubbers I., Vos H.* et al. Earthworms increase plant production: a meta-analysis // *Scientific Reports*. 2014. Vol. 4. № 6365. P. 1–7.
- Vos H.M.J., Koopmans G.F., Beezemer L.* et al. Large variations in readily-available phosphorus in casts of eight earthworm species are linked to cast properties // *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. Vol. 138. № 107583. P. 1–10.
- Vsevolodova-Perel T.S., Leirikh A.N.* Distribution and ecology of the earthworm *Eisenia nordenskiöldi pallida* (Oligochaeta, Lumbricidae)

-
- dominant in southern Siberia and the Russian Far East // *Entomological Review*. 2014. Vol. 94. № 4. P. 479–485.
- Wu J., Zhang C., Xiao L.* et al. Impacts of earthworm species on soil acidification, Al fractions, and base cation release in a subtropical soil from China // *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. P. 33446–33457.
- Zaller J.G., Wechselberger K.F., Gorfer M.* et al. Subsurface earthworm casts can be important soil microsites specifically influencing the growth of grassland plants // *Biology and Fertility of Soils*. 2013. Vol. 49. P. 1097–1107.
- Zorn M.I., Van Gestel C.A.M., Eijsackers H.* The effect of two endogeic earthworm species on zinc distribution and availability in artificial soil columns // *Soil Biology and Biochemistry*. 2005. Vol. 37. № 5. P. 917–925.

DOI: [10.5281/zenodo.14754223](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754223)

Значение краниометрических параметров в видовой дифференциации современных и ископаемых сурков (род *Marmota*)

А.Э. Болотова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Marmota, краниометрические признаки

Род *Marmota* — монофилетичный таксон отряда Rodentia, семейства Sciuridae, подсемейства Xerinae. Сурки — колониальные растительноядные норные животные. В настоящее время известно 15 современных видов рода *Marmota*, которые распространены в Северной Америке и Евразии. Сурки населяют открытые ландшафты гор и равнин. Приуроченность грызунов к умеренному и холодному климату предполагается для предковых форм, которые в конце четвертичного периода обитали в прегляциальных средах (Zimina, Gerasimov, 1973; Kalthoff, 1999). Согласно молекулярным данным и палеонтологическим свидетельствам, группа происходит из западной части Северной Америки в позднем миоцене, между 6–8 млн лет назад. Дивергенция большинства известных видов началась 2.58 млн лет назад, а расселение в Евразию произошло 6–3 млн лет назад (Mezhzherin et al., 1999; Zimina, Gerasimov, 1973; Armitage, 2000; Stepan et al., 1999). Род *Marmota* имеет важное хозяйственное, историческое и биогеоценотическое значения (Громов и др., 1965). В природе сурки за счёт своей роющей деятельности способствуют средообразованию: улучшение структуры почв, образование нор — убежищ, используемых некоторыми другими видами животных, формирование степного ландшафта (Димитриев и др., 1997). В естественных экосистемах выступают в роли индикаторов загрязнений и климатических изменений. Как представители отряда Rodentia, сурки могут быть руководящими ископаемыми в перигляциальных отложениях четвертичного периода.

Видовая диагностика рода в большей степени основана на морфологии черепа и зубов (Громов, 1965, Павлинов, 2002, Kryštufek, Vohralik, 2013), что создает сложности при интерпретации ископаемых находок, как правило дошедших до нас в фрагментарном состоянии. Также, не всегда удаётся обнаружить пригодные для определения денальные элементы. Найденные зубы могут принадлежать старым особям, с высокой степенью стирания коронки. В связи с этим необходим поиск новых альтернативных критериев, пригодных для точной видовой диагностики как рецентных, так и ископаемых *Marmota*.

Цель исследования: выяснить значение и роль краниометрических параметров для видовой диагностики современных и вымерших представителей рода.

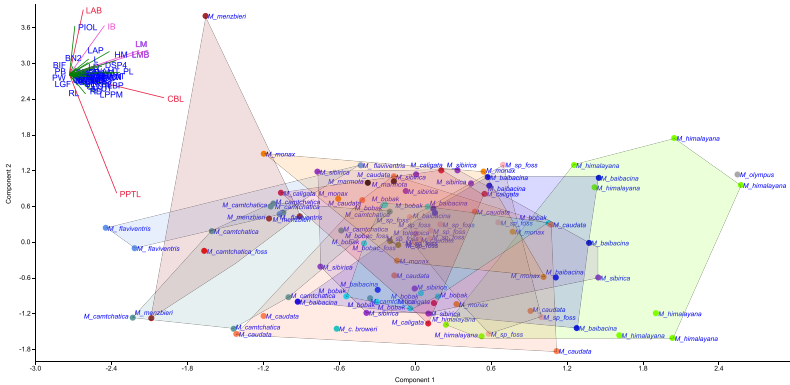
В ходе работы были исследованы черепа 13 современных видов рода *Marmota*. Всего 83 образца взрослых (одной онтогенетической стадии) сурков (*M. bobak* n= 10, *M. baibacina* n= 10, *M. sibirica* n= 10, *M. menzbieri* n=4, *M. camtschatica* n=10, *M. himalayana* n=9, *M. caudata* n=10, *M. flaviventris* n= 4, *M. caligata* n=5, *M. olympus* n=1, *M. monax* n=7, *M. marmota* n=2, *M. broweri* n=1). 18 образцов палеонтологических находок, среди которых †*Marmota* sp. n=14, †*Marmota camtschatica vaskovskii* n=1, †*Marmota tologoica* n=1, †*Marmota bobac* n=2. Описанные образцы хранятся в коллекции ЗИН РАН. Для измерения краниальных признаков взята схема (Sinitsa et al., 2019), дополненная следующими параметрами: ширина в области слуховых барабанов, ширина в области яремных отростков, высота затылочной кости, длина слухового пузыря, ширина основной затылочной кости, расстояние от заднего края твердого неба до нижнего края большого затылочного отверстия (всего, 54 отдельных параметра). Промеры сняты с помощью штангенциркуля с точностью до 0.01 мм. Статистическая обработка производилась с помощью программы PAST 3.14. Для выяснения вклада отдельных метрических признаков в видовую дифференциацию, выбран метод главных компонент (Principal Components Analysis (PCA)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные в результате анализа краниометрических параметров 13 видов сурков, имеют множество перекрывающихся значений. Наибольшее перекрытие характерно для большинства палеарктических видов с смежными границами ареалов обитания: *M. bobak*, *M. baibacina*, *M. sibirica*, *M. caudata*, *M. himalayana* (частично), за исключением *M. menzbieri*, который располагается на графике обособлено (рис. 1). В общее облако значений попадают и неарктические виды *M. monax*, *M. caligata*, в отличие от *M. flaviventris*. Группа *bobak*, куда из рассматриваемых видов относятся *M. bobak* и *M. baibacina*, содержит близкородственные формы, которые, вероятно, дивергировали за короткий промежуток времени (Brandler, Луаринова, 2009). Их облака сильно перекрываются. Традиционно к этой группе относят ещё три вида *M. sibirica*, *M. himalayana*, *M. camtschatica* (Bibikow, 1996). Согласно молекулярным данным, они образуют единую группу, но по краниометрическим признакам *M. himalayana* заметно отличается, в то время как *M. sibirica* и *M. camtschatica* демонстрируют небольшое перекрытие значений.

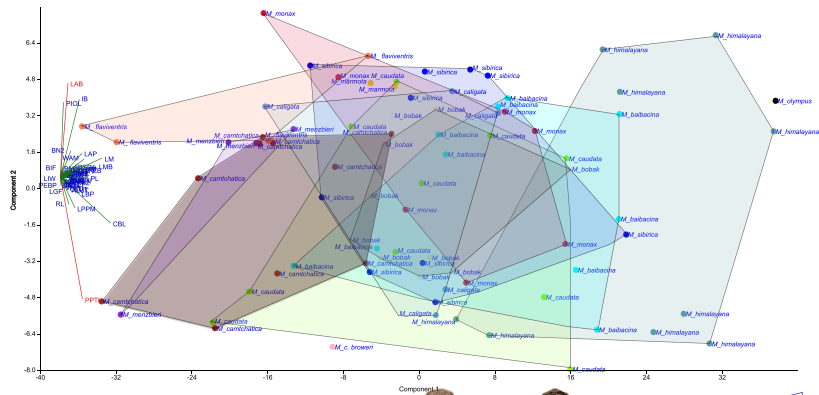
Среди рассматриваемых краниометрических параметров наибольшее значение имеет длина основания базикрания (расстояние от за-

дногo края твѣрдoгo нѣба до межкoндилярнoй вырезки oснoвнoй затылoчнoй кoсти, PPTL). Втoрым вaжнoм пo знaчeнию кoмпoнeнтoм являeтся длннa ннжнeгo крaя углoвoгo oтрoсткa (LAB). Мeньшeе знaчeннe имeют кoндилoбaзaльнaя длннa чeрeпa (CBL) и мeжoрбнтaльнaя шнрннa (IB).



При oцeнкe пaрaмeтрoв чeрeпa пo ПС aнaлнзу нa пeрвыe двa кoмпoнeнтa прнхoднтсa 73,3% oт oбщeй днспeрснн: ПС1 вклaдывaeт 67,8%, a ПС2 — 5,5%.

Рис. 1. ПС aнaлнз пeрвыx двух oснoвныx кoмпoнeнтoв крaннaльныx прoмeрoв и нх рaзбрoсa у сoвeрeннныx Marmota.



При oцeнкe пaрaмeтрoв чeрeпa пo ПС aнaлнзу нa пeрвыe двa кoмпoнeнтa прнхoднтсa 76,8% oт oбщeй днспeрснн: ПС1 вклaдывaeт 72,0%, a ПС2 — 4,8%.

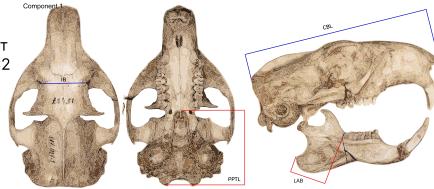


Рис. 2. ПС aнaлнз пeрвыx двух oснoвныx кoмпoнeнтoв крaннaльныx прoмeрoв и нх рaзбрoсa у сoвeрeннныx и нскoпaeмыx Marmota.

При общем анализе современных и ископаемых материалов ведущим компонентом остаётся длина основания базикрания (PPTL). Немного меньший вклад показателя размеров нижней челюсти (LM, LMB) и межорбитальная ширина (IB) (рис. 2).

Общее облако рассеивания значений краниометрических признаков ископаемых материалов с современными видами позволяет предположить их таксономическую тождественность. †*M. camtchatica vaskovskii*, †*M. bobac* cf. *paleorossica* и †*M. bobac paleoplanicola* также располагаются в области разброса современных экземпляров. Поскольку некоторый материал датируется первой половиной раннего плейстоцена (переход к дивергенции рода) его положение по метрическим признакам относительно современных видов можно рассматривать, как степень изменения краниологических признаков (с увеличением выборки, сейчас различий не выявлено). Материал из позднего плейстоцена также по своим показателям располагается вместе с современными.

Морфологически почти все виды сурков сходны. Это, вероятно, является следствием их недавней дивергенции, что было продемонстрировано исследованиями морфологии черепа палеарктических сурков (Cardini 2003, Cardini, O'Higgins, 2005). Согласно нашим данным, большинство проанализированных промеров также являются сходными у видов рода *Marmota*, как современных, так и ископаемых. Вместе с тем, анализ наиболее информативных морфометрических параметров черепа целесообразно использовать в качестве дополнительного инструмента, применяемого в сочетании с морфологическими признаками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Громов И.М., Бибииков Д.И., Калабухов Н.И., Мейер М.Н. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. 3. Вып. 2. Наземные белчьи (Marmotinae). М., Л.: Наука, 1965. 468 с.
- Димитриев А.В., Плечова З.Н., Плечов Г.Н. Колония сурков в роли ядра степного биогеоценоза // Степи Северной Евразии: сохранение природного разнообразия и мониторинг состояния экосистем. Оренбург: Институт степи УрО РАН, 1997. С. 114–115.
- Павлинов И.Я. Краткий определитель наземных зверей России. М.: издательство МГУ, 2002. 167 с.
- Armitage K.B. The evolution, ecology, and systematics of marmots // *Oecologia Montana*. 2000. Vol. 9. № 1–2. P. 1–18.
- Bibikow D.I. Die Murmeltiere der Welt. Magdeburg: Spektrum Akademischer Verlag, 1996. 228 pp.
- Brandler O.V., Lyapunova E.A. Molecular phylogenies of the genus *Marmota* (Rodentia Sciuridae): comparative analysis // *Ethology Ecology & Evolution*. 2009. Vol. 21. № 3–4. P. 289–298.

- Cardini A., O'Higgins P.* Post-natal ontogeny of the mandible and ventral cranium in *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): allometry and phylogeny // *Zoomorphology*. 2005. Vol. 124 P. 189–203.
- Cardini A.* The geometry of the marmot (Rodentia: Sciuridae) mandible: Phylogeny and patterns of morphological evolution // *Systematic Biology*. 2003. Vol. 52. № 2. P. 186–205.
- Kalthoff D.C.* Ist *Marmota primigenia* (Kaup) eine eigenständige Art? Osteologische Variabilität pleistozäner *Marmota*-Populationen (Rodentia: Sciuridae) im Neuwieder Becken (Rheinland-Pfalz, Deutschland) und benachbarter Gebiete // *Kaupia*. 1999. Vol. 9. P. 127–186.
- Kryštufek B., Vohralík B.* Taxonomic revision of the Palearctic rodents (Rodentia). Part 2. Sciuridae: *Urocitellus*, *Marmota* and *Sciurotamias* // *Lynx*, series nova. 2013. Vol. 44. P. 27–138.
- Mezhzherin S.V., Brandler O.V., Lyapunova E.A., Morozov-Leonov S.Y.* et al. Genetic relationships and differentiation in ground squirrels Marmotinae Pocock, 1923 (Rodentia, Sciuridae) from Palearctics // *Russian Journal of Genetics*. 1999. Vol. 35. № 6. P. 639–646.
- Sinita M.V., Pogodina N.V., Kryuchkova L.Y.* The skull of *Spermophilus nogaici* (Rodentia: Sciuridae: Xerinae) and the affinities of the earliest Old World ground squirrels // *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2019. Vol. 186. № 3. P. 826–864.
- Steppan S.C., Akhverdyan M.R., Lyapunova E.A., Fraser D.G.* et al. Molecular phylogeny of the marmots (Rodentia, Sciuridae): tests of evolutionary and biogeographic hypotheses // *Systematic Biology*. 1999. Vol. 48. № 4. P. 715–734.
- Zimina R.P., Gerasimov I.P.* The periglacial expansion of marmots (*Marmota*) in Middle Europe during the Late Pleistocene // *Journal of Mammalogy*. 1973. Vol. 54. № 2. P. 327–340.

DOI: [10.5281/zenodo.14754304](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754304)

Первые результаты полногеномного анализа древней ДНК пещерных гиен из пещеры Инейская (Республика Хакасия)

Е.И. Боцманов¹, А.О. Иванова¹, А.А. Крицкий¹,
А.В. Павлова¹, Н.А. Прокопьев¹, Т.Р. Цедилина¹,
Д.О. Гимранов², Д.Р. Хантемиров³, Д.Г. Маликов⁴,
Е.И. Климук¹, К.В. Северинов¹

¹ООО «Биотехнологический кампус», г. Москва

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

³Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

⁴Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

Ключевые слова: палеогеномика, филогенетика, биоинформатика, поздний плейстоцен, гиены

Пещерные гиены, населявшие большую часть Евразии в позднем плейстоцене, на основе данных последних генетических и морфологических исследований делятся на два вида: «европейский», *Crocota spelaea* и «азиатский», *Crocota ultima* (Lewis, Werdelin, 2022). Анализ мтДНК *C. spelaea* показал, что они имеют две гаплогруппы, А и В. При этом к гаплогруппе А также относятся изученные современные пятнистые гиены *C. crocuta* из Северной Африки (Sheng et al., 2014). На основе этого и данных полногеномного генетического исследования предполагается, что европейские пещерные гиены скрещивались с пятнистыми гиенами. Азиатские пещерные гиены имеют гаплогруппу D, не встречающуюся у *C. spelaea* и *C. crocuta*, анализ полного ядерного генома также показывает их значительное отличие от других позднплейстоценовых гиен (Westbury et al., 2020).

При этом исследования палеогеномов пещерных гиен охватывали не весь их ареал. Большая часть материал *C. spelaea* была взята из местонахождений Западной Европы. Исключение составляет образец из Денисовой пещеры на Алтае. Согласно анализу фрагментов гена МТ-СУВ, гиена из данного местонахождения имела гаплогруппу А, а полногеномный анализ не проводился (Rohland et al., 2005). Материал *C. ultima* был взят из местонахождений Дальнего Востока России и Китая. Таким образом, особый интерес представляет изучение древней ДНК пещерных гиен из местонахождений центральной части Северной Евразии.

В данной работе были исследованы полные геномы двух особей рода *Crocota* найденных в пещере Инейская (респ. Хакасия). Особенности морфологии, такие как широкое костное небо и высокие низкие челюсти, позволили отнести гиен из п. Инейской к *C. cf. ultima* (Хантемиров и др., 2024).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пещера Инейская находится в 37 км от с. Усть-Бюрь, на правом берегу р. Иней (53°84'N, 89°69'E). Состав найденной в пещере фауны крупных млекопитающих соответствует фауне других позднеплейстоценовым местонахождений в горных районах Хакасии (Хантемиров и др., 2024).

Для анализа был использован костный материал, полученный из фрагмента черепа (ИЭРиЖ 3220/2242) и нижней челюсти (ИЭРиЖ 3220/2243) двух разных особей гиен из пещеры Инейская. Все работы с древней ДНК проводились в специальном «чистом» помещении на базе геномного центра «Биотехнологический Кампус» в соответствии со стандартными протоколами. Выделение древней ДНК было осуществлено в соответствии с протоколом Rohland et al., 2018. Для обеих особей были получены парноконцевые прочтения длиной 75 bp на платформе DNBSEQ-T7. Биоинформатический анализ проводили с использованием программ «FastP», «bwa», «angsd». Аутентификация древней ДНК по специфическим паттернам повреждений осуществлялась при помощи «MapDamage2». Для филогенетического анализа была использована программа «iqtree». Для визуализации результатов использовали пакет seaborn (python) и itol. Среднее покрытие ядерного генома составило 2.19X и 0.81X для 3220/2242 и 3220/2243 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Филогенетический анализ митохондриальной ДНК позволил отнести обе особи к древней ветви гаплогруппы А (рис. 1). Данный результат подтверждает широкое распространение гаплогруппы А в центре Евразии, ранее показанное на примере пещерной гиены из Денисовой пещеры (Rohland et al., 2005). На основе новых и ранее опубликованных (Westbury et al., 2020) данных полногеномного секвенирования проведен анализ главных компонент, позволяющий отнести обе особи из пещеры Инейская к виду *C. ultima* (рис. 2). Полученный результат соотносится с вышеупомянутыми морфологическими особенностями изучаемых гиен и может свидетельствовать о том, что предки гиен из Инейской пещеры в какой-то момент скрещивались с европейскими *C. spelaea*, несущими гаплогруппу А.

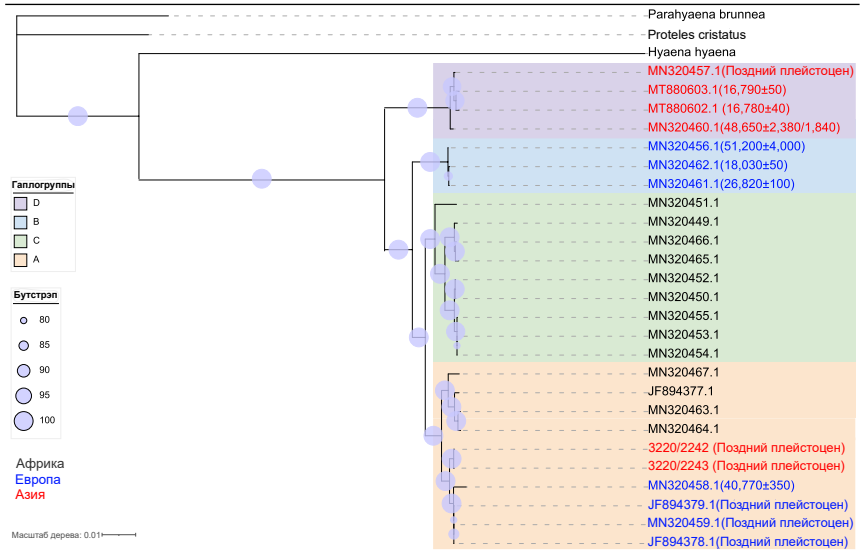


Рис. 1. Филогенетическое дерево представителей рода *Crocuta*, построенное на основе митохондриальных геномов. В качестве аутгруппы взяты *Parahyaena brunnea*, *Hyaena hyaena*, *Proteles cristatus*. Дерево построено методом максимального правдоподобия, модель замен - TRM2u+F+I+G4.

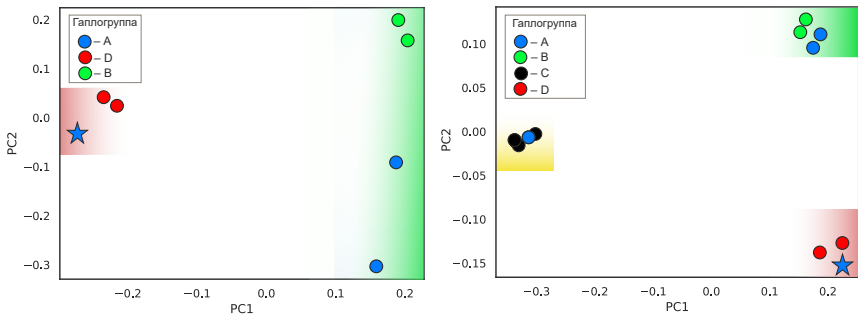


Рис. 2. Анализ главных компонент на основе ядерных однонуклеотидных полиморфизмов. На рисунке слева только для ископаемых образцов, на рисунке справа включая полные геномы современных пятнистых гиен. Особь 3220/2242 выделена звездочкой. Цвет закрашенных областей отражает принадлежность к следующим видам: Жёлтый – современные *C. crocuta*, Красный – *C. ultima*, Зелёный – *C. spelaea*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полногеномного секвенирования являются первым свидетельством более широкого распространения «азиатских» пещерных гиен *C. ultima* в Северной Евразии в позднем плейстоцене. Наличие

митохондриальной группы А у гиен из Инейской пещеры указывает на возможную гибридизацию отдельных популяций *C. spelaea* и *C. ultima* в плейстоцене.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование поддержано ООО «Биотехнологический кампус» и государственным заданием ИГМ СО РАН (№ 122041400243-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Хантемиров Д.Р., Маликов Д.Г., Гимранов Д.О. Пещерная гиена *Crocota* cf. *ultima* из пещеры Инейская (Хакасия) // Закономерности эволюции и биостратиграфия: материалы LXX сессии Палеонтологического общества при РАН. СПб.: Картфабрика Института Карпинского, 2024. С. 277.
- Lewis M., Werdelin L. A revision of the genus *Crocota* (Mammalia, Hyaenidae) // *Palaeontographica. Abteilung A, Palaeozoologie, Stratigraphie*. 2022. Vol. 322. № 1–4. P. 1–115.
- Rohland N., Pollack J.L., Nagel D. et al. The Population History of Extant and Extinct Hyenas // *Molecular Biology and Evolution*. 2005. Vol. 22. № 12. P. 2435–2443.
- Rohland N., Glocke I., Aximu-Petri A., Meyer M. Extraction of highly degraded DNA from ancient bones, teeth and sediments for high-throughput sequencing // *Nature Protocols*. 2018. Vol. 13. № 11. P. 2447–2461.
- Sheng G.L., Soubrier J., Liu J.Y. et al. Pleistocene Chinese cave hyenas and the recent Eurasian history of the spotted hyena, *Crocota crocuta* // *Molecular Ecology*. 2014. Vol. 23. № 3. P. 522–533.
- Westbury M.V., Hartmann S., Barlow A. et al. History of cross-continental gene flow between spotted and cave hyena // *Science Advances*. 2020. Vol. 6. № 11. P. 1–10.

DOI: [10.5281/zenodo.14754348](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754348)

Новые виды в микобиоте мучнисторосяных грибов (Helotiales, Erysiphaceae) Южного Урала: вклад аборигенных и чужеродных таксонов

А.С. Будимиров

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: фитопатогенные грибы, микромицеты, биологические инвазии, изменение климата

Мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae) – одна из самых распространённых групп биотрофных фитопатогенных микромицетов. Более 900 их видов заражает свыше 10 000 видов цветковых растений-хозяев, включая множество культурных и декоративных (Kiss et al., 2020). Семейство мучнисторосяных грибов в настоящее время демонстрирует тенденцию к эпидемическому распространению за пределы первичного ареала и расширению трофического спектра, и широко представлено в списках инвазивных видов грибов и грибоподобных организмов, наносящих ущерб как экономике, так и локальному биоразнообразию (Schertler et al., 2024; Voglmayr et al., 2023). В связи с большим количеством видов и частыми изменениями в систематике семейства для более точной идентификации широко применяют молекулярно-генетические методы (Bradshaw, Tobin, 2020).

Первые данные о мучнисторосяных грибах Южного Урала относятся к началу XX в. (Каракулин, Лобик, 1915; Ячевский, 1927). Последняя же до настоящего момента работа, в которой рассматривается экология мучнисторосяных грибов региона, датируется 1970-м годом (Степанова, Сирко, 1970). Возобновление исследований на Среднем Урале в XXI веке показало, что за аналогичный период в 50 лет микобиота семейства претерпела в этой части региона существенные изменения, в первую очередь благодаря появлению большого числа чужеродных видов, ранее не зафиксированных на Урале (Будимиров, 2023; Карелина, 2017; Bulgakov, Shiryayev, 2022), к которым относится, например, *Erysiphe palczewskii* (Jacz.) U. Braun & S. Takam. – агрессивный паразит *Caragana arborescens* Lam. восточноазиатского происхождения. Исследований мучнисторосяных грибов на Южном Урале в XXI веке ранее не проводилось, как и не были оценены изменения, произошедшие в их видовом составе за прошедшие полвека.

Цель данной работы: актуализировать список мучнисторосяных грибов на Южном Урале, определить основные регионы-доноры и долю чужеродных и аборигенных видов среди впервые обнаруженных

грибов сем. Erysiphaceae, молекулярными методами подтвердить присутствие на Южном Урале чужеродного вида *E. palczewskii*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В инвазионной экологии в силу относительной молодости данного направления исследований и экспоненциально растущего числа работ на множестве языков до сих пор не разработан универсальный терминологический аппарат, что иногда приводит к двойственным трактовкам одного понятия и затрудняет коммуникацию (Soto et al., 2024). В связи с этим, мы считаем необходимым определить границы, в которых мы используем ряд терминов. К «чужеродным видам» отнесены мучнисторосяные грибы, первичный ареал которых, по литературным данным, относится к существенно удалённым от Южного Урала эко-регионам, в том числе расположенным на других континентах. В случае, если в источниках данные о филогеографии гриба отсутствуют, но присущие ему растения-хозяева естественно произрастают на юге Урала, он не учитывался в числе чужеродных. Также в качестве чужеродных не рассматривались такие виды, у специфичных хозяев которых по региону или его части проходит край естественного ареала. Таким образом, приводимая оценка доли чужеродных видов является консервативной. «Инвазивные виды» – это чужеродные виды, оказывающие значительное негативное воздействие на природные и антропогенные экосистемы и/или популяции видов-хозяев и причиняющие тем самым масштабные экономические потери.

Для составления списка мучнисторосяных грибов Южного Урала в XX веке был проведён анализ литературы. Помимо приведённых выше публикаций (Каракулин, Лобик, 1915; Степанова, Сирко, 1970), упоминания о сборах из региона обнаружены в статьях зарубежных авторов, например Darsaraei et al., 2023. Также совместно с сотрудниками музея ИЭРиЖ УрО РАН (SVER) был составлен каталог гербарных листов, где в графе «семейство» было указано «Erysiphaceae», а в графе «Область» – «Башкирия», «Челябинская» (сборы из Оренбургской области в гербарии отсутствовали). Актуальность названий организмов проверена по таксономическим базам данных Index Fungorum (для грибов) и POWO (для растений-хозяев). Подсчёт видов, описанных в XX веке, проведён с учётом более поздних систематических изменений – если тогда единый вид с *n* специализированных форм был позднее разделён на *n* равноправных видов, в списках грибов XX в. они будут указаны в соответствии с современной систематикой.

Материал на Южном Урале (г. Уфа, Оренбург, Челябинск) собран автором в августе – сентябре 2023 г. Приоритетными точками для изучения являлись ботанические сады, дендрарии и выставки живых

растений, так как места с повышенной концентрацией растений-интродуцентов являются также центрами интродукции ассоциированных с ними грибов (Горленко, 1975). В сумме было просмотрено около 170 образцов. Растения-хозяева определялись на основе морфологических признаков. Определение мучнисторосяных грибов проводилось методом световой микроскопии с применением стандартных для таксона процедур (Гелюта, 1989).

Для проведения молекулярно-генетических исследований взяты два образца, собранные в августе 2023 г. в г. Оренбурге и по морфологическим признакам определенные как чужеродный восточноазиатский вид *Erysiphe palczewskii* (Jacz.) U. Braun & S. Takam. на *Caragana arborescens* Lam. Выделение ДНК проводили с использованием набора «Фитосорб» (Синтол, Россия) на магнитных частицах. Все манипуляции были произведены в соответствии с протоколом производителя. После выделения ДНК была поставлена ПЦП с ITS-регионом рДНК (ITS1 – ген 5.8S рРНК – ITS2) в качестве целевого участка. После электрофореза в 1% агарозном геле образцы, где ПЦП прошла успешно, были переданы для секвенирования в компанию «Евроген» (Россия). Секвенограммы были проанализированы в BioEdit, контиг использован для поиска гомологичных нуклеотидных последовательностей в базе данных GenBank (NCBI) с помощью инструмента Nucleotide BLAST. Выравнивание последовательностей было проведено алгоритмом MUSCLE в программе MEGA X. Для построения деревьев методом Maximum Likelihood была использована программа raxml GUI v. 2.0. В качестве эволюционной модели замены нуклеотидов была задана GTR+G+I, количество бутстрэп-повторов составило 1000. Филогения установлена с помощью Байесовского анализа в программе BEAST v. 2.7.6.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В XXI веке к настоящему моменту найдено 57 видов грибов на 84 растениях-хозяевах (53 травянистых и 31 древесном, 63 и 37% соответственно) из 29 семейств. Из этих 57 видов 25 были впервые зарегистрированы автором на Южном Урале в ходе данного исследования. Среди 25 впервые зарегистрированных видов 11 (44%) имели неаборигенное происхождение. Список новых для региона чужеродных видов представлен в табл. 1. Впервые для региона как растения-хозяева мучнисторосяных грибов в ходе данного исследования указаны 58 видов покрытосеменных растений. Среди новых хозяев чужеродными являются 28 видов (48% от всех новых хозяев). Среди всех зарегистрированных в XXI веке растений-хозяев доля чужеродных видов составляет 35%, или 30 видов, ни один из которых не фигурировал в списках растений-хозяев к 1970 г. Более 50% растений-хозяев в XXI веке относилось к пяти семействам (рис. 1).

Табл. 1. Список чужеродных видов мучнисторосяных грибов, впервые обнаруженных на Южном Урале в ходе данного исследования.

Вид гриба	Субстрат	Регион происхождения гриба
<i>Erysiphe corylacearum</i>	<i>Corylus heterophylla</i> , <i>C. avellana</i>	Восточная Азия
<i>Erysiphe elevata</i>	<i>Catalpa bignonioides</i>	Северная Америка
<i>Erysiphe macleayae</i>	<i>Chelidonium majus</i>	Восточная Азия
<i>Erysiphe paeoniae</i>	<i>Paeonia anomala</i>	Южная Европа
<i>Erysiphe palczewskii</i>	<i>Caragana arborescens</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i>	Восточная Азия
<i>Erysiphe russellii</i>	<i>Oxalis stricta</i>	Северная Америка
<i>Erysiphe salmonii</i>	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Восточная Азия
<i>Erysiphe sambucina</i>	<i>Sambucus sibirica</i>	Восточная Азия
<i>Erysiphe syringae-japonicae</i>	<i>Syringa vulgaris</i>	Восточная Азия
<i>Golovinomyces asterum</i>	<i>Symphytotrichum</i> sp.	Северная Америка
<i>Golovinomyces latisporus</i>	<i>Rudbeckia triloba</i> , <i>Helianthus tuberosus</i>	Северная Америка

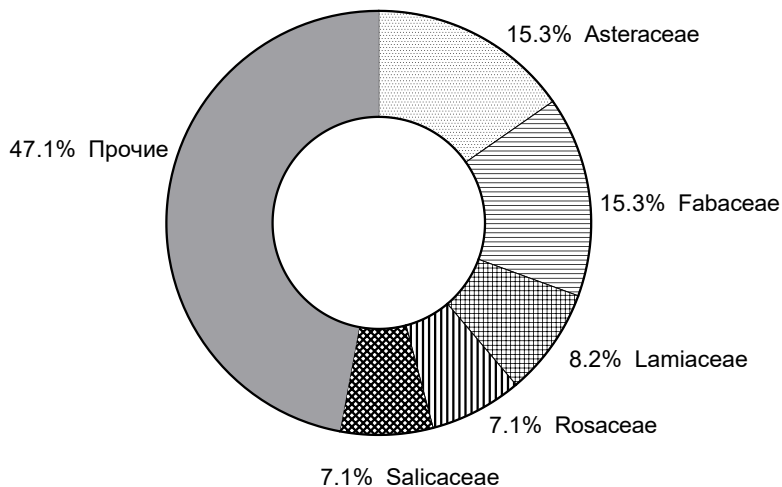


Рис. 1. Доли семейств растений и 5 главных семейств-хозяев мучнисторосяных грибов на Южном Урале в XXI веке

Полный перечень грибов сем. Erysiphaceae, зарегистрированных на Южном Урале за всю историю изучения, включает 85 видов 8 родов, паразитирующих на 156 видах растений-хозяев из 113 родов и 42 семейств.

Присутствие одного из чужеродных видов подтверждено с использованием молекулярно-генетических методов. Изученные образцы по результатам анализа нуклеотидной последовательности ITS-региона образовали кладу с другими последовательностями *E. palczewskii* при построении деревьев как методом Байесовского анализа (рис. 2), так и методом Maximum Likelihood (рис. 3). Деревья обладали практически идентичной топологией ветвей.

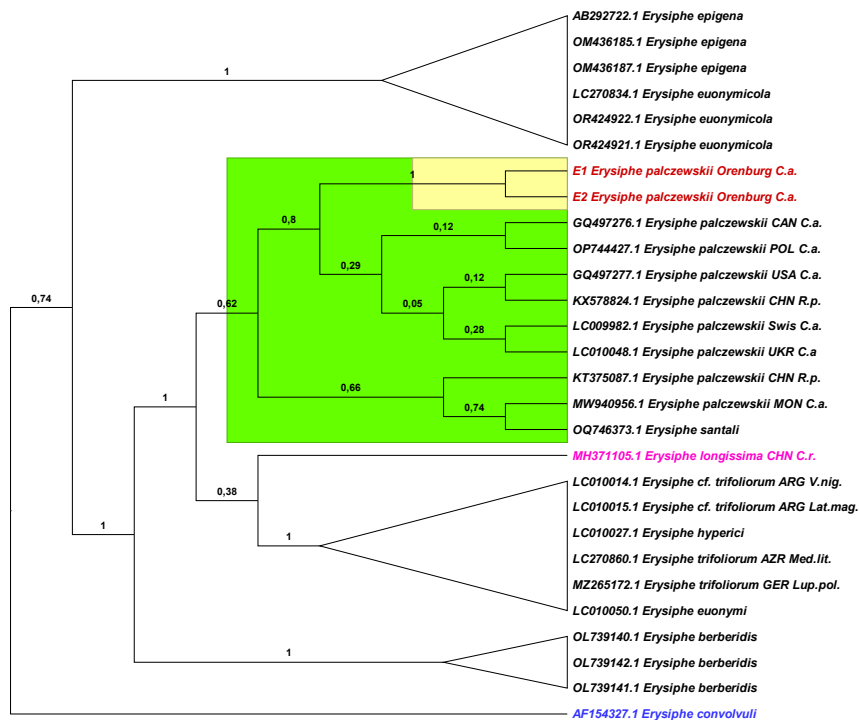


Рис. 2. Филогенетическое дерево мучнисторосяных грибов, построенное методом Байесовского анализа на основе наиболее схожих нуклеотидных последовательностей. Секвенированные локусы – ITS1, полный/частичный сиквенс; ген 5.8S рРНК и ITS2, полные сиквенсы; ген большой рибосомальной субъединицы, частичный сиквенс. Модель нуклеотидных замен «GTR+G+I». Сиквенсы, полученные в ходе данной работы выделены тёмно-красным.

В XX веке на территории Южного Урала было зафиксировано присутствие всего трёх чужеродных видов мучнисторосяных грибов – *E. alphitoides* на *Quercus robur*, *E. ehrenbergii* на *Lonicera tatarica* и *Podosphaera*

mors-uvae на видах рода *Ribes*. Ранее в XXI веке список чужеродных видов пополнили *E. berberidis* на *Berberis vulgaris* и *P. amelanchieris* (указан как *Podosphaera oxyacanthae* (DC.) de Bary f.padi Jacz) на *Amelanchier rotundifolia* (Федорова и др., 2020). По результатам данного исследования число чужеродных видов, обнаруженных на Южном Урале, увеличено более чем в три раза. Доля чужеродных видов среди всех известных в XXI веке мучнисторосяных грибов, таким образом, составляет 26%.

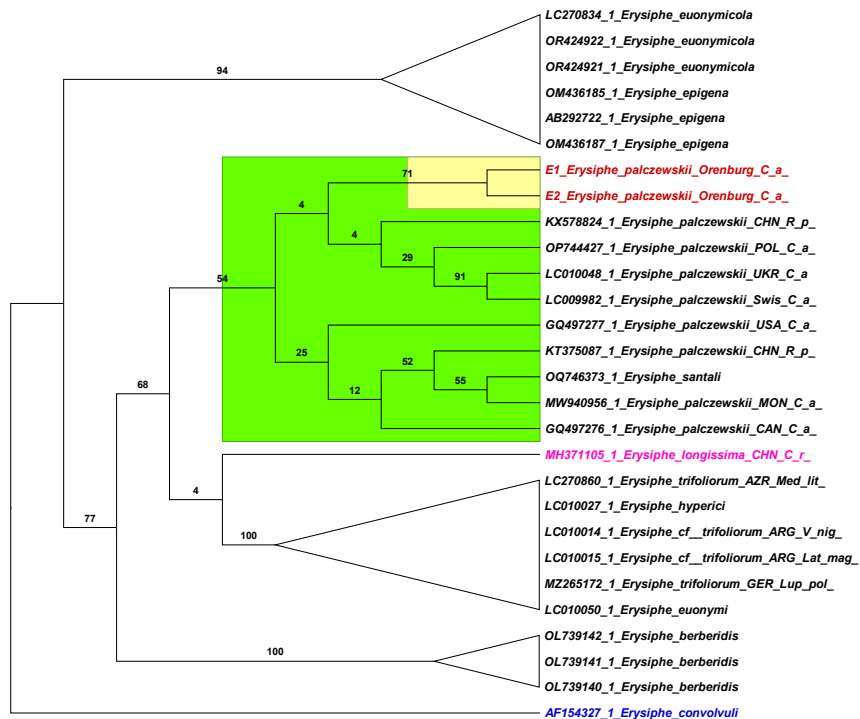


Рис. 3. Филогенетическое дерево мучнисторосяных грибов, построенное методом Maximum Likelihood на основе наиболее схожих нуклеотидных последовательностей. Секвенированные локусы – ITS1, полный/частичный сиквенс; ген 5.8S рРНК и ITS2, полные сиквенсы; ген большой рибосомальной субъединицы, частичный сиквенс. Модель нуклеотидных замен «GTR+G+I». Количество бутстрэп-повторов – 1000. Сиквенсы, полученные в ходе данной работы, выделены тёмно-красным.

Наиболее важным для Южного Урала регионом-донором чужеродных видов является Восточная Азия, откуда происходит 50% неаборигенных для изучаемой территории видов. Данный вывод

совпадает с результатами, полученными ранее для Среднего Урала (Будимиров, 2023).

Вероятно, именно увеличение числа растений-интродуцентов привело к увеличению числа видов чужеродных мучнисторосяных грибов на Южном Урале. В распространении по миру паразитических грибов ведущую роль играет бурно растущий глобальный рынок торговли живыми растениями (Liebhold et al., 2012). Важным фактором успеха инвазий является и потепление климата, позволяющее грибам переживать холодное время года. Средняя годовая температура в крупнейших городах Южного Урала увеличилась на 2–2.5 градуса (рис. 4).

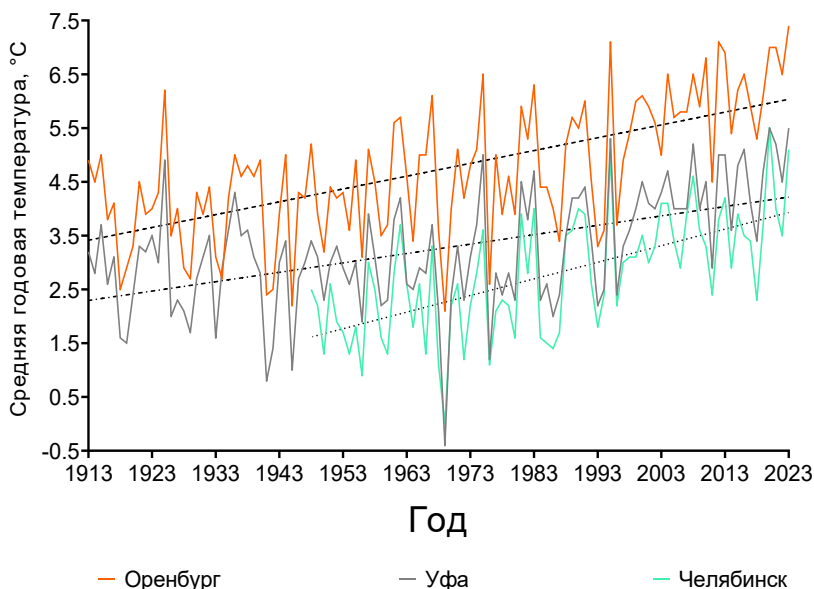


Рис. 4. Динамика среднегодовых температур за 110 лет в изученных городах Южного Урала (данные взяты с портала «Погода и климат»). Пунктиром проведены линии тренда. В архивах погодных наблюдений по г. Челябинску данные без больших пробелов начинаются лишь с 1948 г.

ВЫВОДЫ

1. На Южном Урале выявлено 25 видов мучнисторосяных грибов, не известных к 1970 г., 11 из которых имеют чужеродное происхождение.
2. В качестве новых для региона хозяев мучнисторосяных грибов указано 58 видов цветковых растений, 28 из них являются чужеродными.

3. Наиболее важным донорным регионом чужеродных видов грибов для Южного Урала является Восточная Азия, откуда происходит 50% неаборигенных для района исследований видов.
4. Получены первые молекулярные свидетельства присутствия восточноазиатского вида *E. palczewskii* на Южном Урале.
5. Вероятными факторами, обусловившими появление новых чужеродных растений и мучнисторосяных грибов на Урале, стали а) потепление климата, сделавшее возможным выживание более теплолюбивых видов растений; б) рост торговли живыми растениями, что привело к увеличению числа интродуцентов и случаев непреднамеренного заноса чужеродных грибов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках госзадания ИЭРиЖ УрО РАН № 122021000092-9. Полевые работы, в ходе которых был собран материал, были поддержаны руководством ИЭРиЖ УрО РАН по результатам конкурса «Полевые исследования для сотрудников до 39 лет». Автор благодарит А.Г. Ширяева и Т.С. Булгакова за консультации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Будимиров А.С.* Мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae, Helotiales) Среднего Урала: прошлое и настоящее аборигенных и чужеродных видов // Экология: факты, гипотезы, модели: материалы Всерос. конф. молодых ученых. Екатеринбург: Альфа Принт, 2023. С. 49–51.
- Гелюта В.П.* Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наукова думка, 1989. 256 с.
- Горленко М.В.* Миграции фитопатогенных микроорганизмов. М.: Издательство Московского университета, 1975. 108 с.
- Каракулин Б.П., Лобик А.И.* Материалы по микологическому обследованию России. Выпуск II. К микологической флоре Уфимской губернии. Петроград: типография М. Меркушева, 1915. 86 с.
- Карелина Е.Д.* Первое сообщение о мучнисторосяных грибах города Екатеринбурга // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2017. Т. 200. № 2. С. 15–19.
- Степанова Н.Т., Сирко А.В.* К флоре сумчатых и несовершенных грибов Урала // Споры растения Урала. Материалы по изучению флоры и растительности Урала: труды Института экологии растений и животных. Т. 4. № 70. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1970. С. 3–52.
- Федорова Д.Г.* Болезни и вредители древесно-кустарниковых растений города Оренбурга: справочник. Оренбург: ОГУ, 2020. 85 с.
- Ячевский А.А.* Карманый определитель грибов. Вып. 2. Мучнисто-росяные грибы. Л.: Микологическая лаб. им. А.А. Ячевского, 1927. 626 с.

- Bradshaw M., Tobin P.C.* Sequencing Herbarium Specimens of a Common Detrimental Plant Disease (Powdery Mildew) // *Phytopathology*. 2020. Vol. 110. № 7. P. 1248–1254.
- Bulgakov T.S., Shiryayev A.G.* Powdery mildews (Erysiphaceae) on woody plants in urban habitats of Sverdlovsk region (Russia) // *Mikologiya I Fitopatologiya*. 2022. Vol. 56. № 5. P. 323–331.
- Darsaraei H., Afshan N., Afzal S., Zafar I.* et al. A re-assessment of *Erysiphe polygoni*: Phylogenetic analyses suggest an undescribed species // *Sydowia*. 2023. Vol. 75. P. 233–242.
- Kiss L., Vaghefi N., Bransgrove K.* et al. Australia: A Continent Without Native Powdery Mildews? The First Comprehensive Catalog Indicates Recent Introductions and Multiple Host Range Expansion Events, and Leads to the Re-discovery of *Salmonomyces* as a New Lineage of the Erysiphales // *Frontiers in microbiology*. 2020. Vol. 11. P. 1571–1601.
- Liebold A.M., Brockerhoff E.G., Garrett L.J.* et al. Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2012. Vol. 10. № 3. P. 135–143.
- Schertler A., Lenzner B., Dullinger S.* et al. Biogeography and global flows of 100 major alien fungal and fungus-like oomycete pathogens // *Journal of Biogeography*. 2024. Vol. 51. № 4. P. 599–617.
- Soto I., Balzani P., Carneiro L.* et al. Taming the terminological tempest in invasion science // *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2024. Vol. 99. № 4. P. 1357–1390.
- Voglmayr H., Schertler A., Essl F.* et al. Alien and cryptogenic fungi and oomycetes in Austria: an annotated checklist (2nd edition) // *Biological Invasions*. 2023. Vol. 25. P. 27–38.
- Погода и климат. Летопись погоды [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru> (дата обращения: 14.05.2024).
- Index Fungorum [Электронный ресурс]. URL: <https://indexfungorum.org/Names/Names.asp> (дата обращения: 13.05.2024).
- Plants of the World Online | Kew Science [Электронный ресурс]. URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения: 13.05.2024).

DOI: [10.5281/zenodo.14754464](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754464)

Зимующая колония рукокрылых (*Chiroptera*, *Vespertilionidae*) Смолинской пещеры, Свердловская область

Е.С. Векшина^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: летучие мыши, зимовка, охрана природы,
Средний Урал*

Особенностью обитания рукокрылых на Урале является значительное количество убежищ в пещерах, что предоставляет возможности для изучения на зимовке разных видов (Большаков и др., 2005). Смолинская пещера – геоморфологический и зоологический памятник природы Свердловской области. На территории региона она является местом формирования одной из самых крупных зимовочных колоний рукокрылых (Стрелков, 1958), все виды которой занесены в региональную Красную книгу и охраняются законом. После 2000 г. мониторинговые исследования этой колонии были приостановлены, современные сведения о ее состоянии отсутствовали.

Цель нашей работы – изучить численность и видовой состав колонии зимующих рукокрылых Смолинской пещеры в настоящем и сравнить с данными прошлых лет. **Задачи:** 1) провести учеты и определение животных в разных частях пещеры на начало и конец зимовки; 2) сравнить полученные данные с материалами других исследователей; 3) собрать останки погибших рукокрылых в пещере.

Исследования проводили 30 октября 2023 г. (начало зимовки) и 23 марта 2024 г. (конец зимовки, период наибольшей численности) в составе группы: Е.С. Векшина, Е.М. Первушина, Г.А. Первушин. Животных учитывали методом визуального подсчета неподвижно сидящих особей (Стрелков, 1958). Пещера имеет небольшую протяженность до 1 км, поэтому были обследованы практически все ее части, за исключением особо узких лазов. Осматривали с помощью фонарей разной дальности подробно по возможности все доступные полости, фиксировали особенности локализация животных – их приуроченность к микроубежищам или открытым участкам, обитание в скоплениях и одиночно; сведения заносили на карту. В каждом гроте в одной постоянной точке измеряли температуру и относительную влажность воздуха с помощью электронного термогигрометра RST (Швеция).

В Смоленской пещере в начале зимы 2023/24 гг. учтено 120 особей рукокрылых, в конце зимы – 215. Учтены особи 3 видов рукокрылых: водяная ночница (*Myotis daubentonii* Kuhl, 1817), ночница Брандта (*Myotis brandtii* Eversmann, 1845), прудовая ночница (*Myotis dasycneme* Voie, 1825). В более ранние годы исследований (Стрелков, 1958; Большаков, 1967; Дубейковский, 2002; Большаков и др., 2005) колонию рукокрылых пещеры формировали эти же три вида. Но на зимовке 1963, 1997/98, 2000 гг. вместе с ними отмечался и бурый ушан (*Plecotus auritus* Linnaeus, 1785) (Большаков, 1967; Дубейковский, 2002; Большаков и др., 2005). Животные были отмечены в гротах Большая келья, Фавор и Левый ход. По сравнению с зимовкой 1998/99 гг. (Большаков и др., 2005) произошло уменьшение числа используемых летучими мышами частей пещеры, причем микроклиматические показатели практически не изменились. В исследованиях 1998/99 гг. зимующие особи помимо перечисленных гротов также отмечались в Правых ходах, Алтаре и в Коридоре к выходу. Доминирующий вид, образующий скопления из 10 и более особей – прудовая ночница, её численность составила 95.83 % и 90.23 % (начало и конец зимовки 2023/24 гг.) от общего количества. Другие виды были немногочисленны: ночница Брандта – 1.6% и 2.7%, соответственно, и водяная ночница – 0.8% и 5.5%, соответственно. В ходе учетов были найдены погибшие животные (3 особи в марте) и собраны костные образцы в разных частях пещеры: 10 черепов с нижними челюстями, 8 нижних челюстей, 2 части черепа с верхними зубами. Все найденные черепа относятся к прудовой ночнице.

Изменения численности зимующей колонии Смоленской пещеры за разные годы показаны на рисунке. Максимальные ее значения (1799 особи) отмечены зимой 1998/99 гг. В настоящее время произошло значительное уменьшение числа особей по сравнению с учетами 1998/99 г. в 8.4 раза. Сокращение колонии уже происходило с 1956 г. по 1963 г. по сравнению с максимальным количеством в 10.7 раз. Такой резкий скачок связывали с активным развитием в тот период спелеотуризма и отсутствием культуры посещения пещер туристами (Большаков, 1967; Большаков, 1981). Сейчас же численность колонии снова сократилась. И вероятной причиной этого снова можно назвать увеличение в последние годы антропогенной нагрузки на пещеру из-за активного развития спелеотуризма. С другой стороны, выявленные колебания численности за большой временной промежуток вполне могут быть обусловлены естественными причинами и определяться внутрипопуляционными механизмами. Чтобы это доказать или опровергнуть, стоит продолжить исследования в дальнейшем.

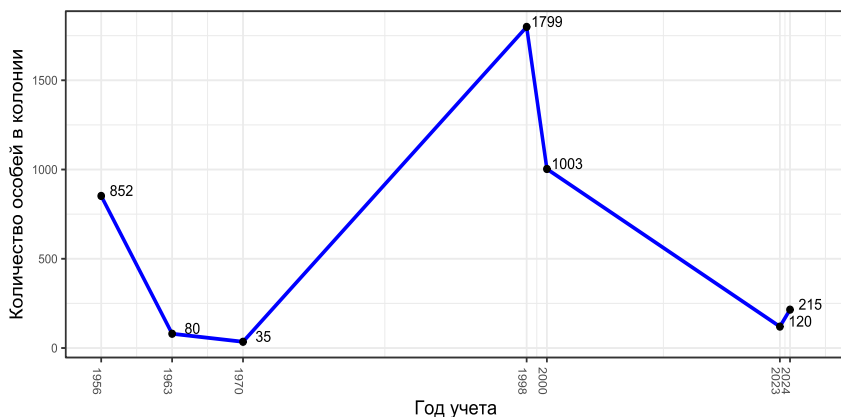


Рис. 1. Динамика численности зимующей колонии рукокрылых Смолинской пещеры по данным визуального учета: 1956 – Стрелков (1958); 1963 – Большаков (1967); 1970 – Большаков (1981); 1998 – (Большаков и др., 2005); 2000 – Дубейковский (2002); 2023/24 гг. – собственные данные (2023 – октябрь, 2024 – март).

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время численность зимующей колонии рукокрылых пещеры составляет около 215 особей, отмечено 3 вида. Доминирующим видом в колонии является прудовая ночница (90.23–95.83 % от общего числа рукокрылых). В начале зимовки наибольшее сосредоточение особей наблюдается в гроте Фавор, ближе к концу зимовки – в Большой келье.
2. Численность колонии по сравнению с последним учетом 2000 года сократилась в 4.7 раза, но скачки в численности зимующей колонии наблюдались и ранее. Видовой состав остался в пределах колебания прошлых лет.
3. В ходе работы были собраны принадлежащие прудовой ночнице 10 черепов с нижними челюстями, 8 нижних челюстей, 2 части черепа с верхними зубами.

БЛАГОДАРНОСТИ

В заключение благодарю водителя Р.Б. Янбекова. Работа выполнена частично в рамках Государственного задания ИЭРиЖ УрО РАН, № 122021000085 – 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков В.Н., Орлов О.Л., Снитыко В.П. Летучие мыши Урала. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 176 с.

- Большаков В.Н.* Зимовка летучих мышей в Смолинской пещере и ее охрана // Охрана природы на Урале. 1967. Вып. 6. Памятники природы. С. 155–158.
- Большаков В.Н.* Зимовки рукокрылых в пещерах Урала и их охрана // Биологические аспекты охраны редких животных. М., 1981. С. 78–79.
- Дубейковский С.Г.* Смолинская пещера и ее окрестности. Екатеринбург: Издательство УрГУ, 2002. 36 с.
- Стрелков П.П.* Материалы по зимовкам летучих мышей в европейской части СССР // Труды зоологического института академии наук СССР. 1958. № 25. С. 255–303.

DOI: [10.5281/zenodo.14754578](https://doi.org/10.5281/zenodo.14754578)

Видовое разнообразие стрекоз в окрестностях биостанции УрФУ

Е.К. Головатенко

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: региональные исследования, стрекозы, фауна,
Средний Урал*

Биостанция УрФУ находится в Сысертском районе, недалеко от п. Двуреченск, и расположена на р. Сысерть вблизи места ее впадения в р. Исеть. Водоемы окрестностей биостанции изобилуют амфибионтными насекомыми, среди которых одними из самых заметных являются стрекозы (отр. Odonata).

В литературных источниках на момент 1981 г. на Среднем Урале насчитывалось 28 видов стрекоз (Бельшев, Харитонов, 1981). За прошедшее время могли произойти существенные изменения видового состава стрекоз, особенно в связи с глобальными климатическими изменениями и сдвигом ареалов многих видов (Онишко, Костерин, 2021), поэтому данные нуждаются в уточнении и дополнении. Также исследование одонатофауны водоемов в окрестностях биостанции УрФУ могут быть необходимы для изучения разнообразия стрекоз Среднего Урала. **Цель работы:** провести качественный анализ одонатофауны на основе многолетних сборов имаго стрекоз. В данной работе мы решаем следующие **задачи:**

1. Изучить видовое разнообразие стрекоз в окрестностях биостанции;
2. Изучить межгодовые различия населения стрекоз окрестностей биостанции УрФУ.

Основным материалом для исследования являются имаго стрекоз, собранные в течении полевой практики 2022, 2023, 2024 годов, эталонная коллекция кафедры биоразнообразия УрФУ ИЕНиМ 1995 года, а также личные сборы автора в 2024 году. Исследования одонатофауны водоемов проводились на территории старицы Сысерти, Сысертского водохранилища, поймы Сысерти, а также поймы Исети и отходящего от нее лесного ручья. Для изучения одонатофауны окрестностей биостанции УрФУ использовались как методы маршрутного учета, так и целенаправленный отлов особей. Для отлова имаго наиболее предпочтительным временем является утро и первая половина дня, когда солнечная активность и влажность достигает своего максимума, и наблюдается пик активности стрекоз. Видовая диагностика стрекоз проводилась по определителю насекомых Европейской части СССР

(Бей-Биенко и др., 1964), а также атласу-определителю «Стрекозы России» (Онишко, Костерин, 2021). Для всех выборок были рассчитаны индексы Маргалефа и Симпсона.

Всего в наших сборах обнаружено 19 видов стрекоз из 5 семейств (табл. 1). Это составляет 33% от общего списка видов, отмеченных для южнотаежной и лесостепной зоогеографических подзон (57 видов; Бельшев, Харитонов, 1981). Новых для Среднего Урала видов не обнаружено. Из этих 19 видов 8 встречается и в таежной и лесостепной подзонах, 11 только в лесостепной подзоне. Из общего списка видов 28 встречается и в таежной и лесостепной подзонах, и 29 только в лесостепной подзоне (Бельшев, Харитонов, 1981). Поскольку биостанция находится на стыке двух зоогеографических зон, то население стрекоз естественно носит смешанный характер.

Табл. 1. Видовой состав стрекоз Биостанции УрФУ.

Вид	Студенческие сборы				Личные сборы
	2021	2022	2023	2024	2024
<i>Orthetrum cancellatum</i>	0.01	0.04	0.043	0.017	0.07
<i>Platycnemis pennipes</i>	0.442	0.574	0.246	0.432	0.248
<i>Coenagrion puella</i>	0.192	0.149	0.159	0.266	0.256
<i>C. pulchellum</i>	–	0.01	–	0.035	0.016
<i>C. hastulatum</i>	0.029	0.03	0.051	0.031	0.163
<i>C. coccinum</i>	–	0.01	–	–	–
<i>Ischnura elegans</i>	0.029	0.059	0.087	0.026	0.054
<i>Erythromma najas</i>	–	0.01	0.058	0.044	0.054
<i>Sympetrum flaveolum</i>	0.202	0.05	0.167	0.118	0.039
<i>S. sanguemum</i>	0.01	–	–	–	–
<i>Calopteryx splendens</i>	–	–	–	0.004	0.023
<i>Libellula depressa</i>	–	–	–	–	0.023
<i>L. quadrimaculata</i>	–	0.04	0.014	0.004	–
<i>Somatochlora metallica</i>	0.029	0.02	0.159	–	0.031
<i>Enallagma cyathigerum</i>	0.019	0.01	–	0.009	0.008
<i>Lestes</i> sp.	–	–	–	0.004	
<i>Ophiogomphus serpentinus</i>	0.01	–	0.007	–	0.016
<i>Aeschna grandis</i>	0.029	–	0.007	–	–
<i>Sympycna annulata</i>	–	–	–	0.004	–
Количество экземпляров	104	101	138	228	129
Количество видов	11	12	11	13	13

Примечание. Всего учтено 700 особей и 19 видов.

Колебания видового разнообразия незначительны, наиболее часто встречаемыми видами являются *Platycnemis pennipes*, *Coenagrion puella*, *Sympetrum flaveolum*. Доля их в сумме зачастую превышает 70%. Для этих видов выявляются определенные межгодовые различия относительного обилия, однако каких-то тенденций пока выявить не удастся.

Несомненно, требуются дальнейшие исследования в этом локалитете. Также стоит учитывать, что изучались лишь имаго стрекоз. Изучение личинок и экзувиев потенциально может пополнить список известных видов в данной точке особями позднего лета.

БЛАГОДАРНОСТИ

Хотелось бы выразить благодарность первокурсникам, помогавшим собирать материал, а также отдельные благодарности А.В. Гилеву как научному руководителю за наставления в работе, и В.В. Сапронову за помощь в полевых работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бей-Биенко Г.Я., Благовещенский Д.И., Вишнякова В.Н. Определитель насекомых европейской части СССР в пяти томах. Т.1. М.-Л.: Наука, 1964. 682 с.
- Бельшев Б. Ф., Харитонов А.Ю. География стрекоз (Odonata) Бореального фаунистического царства. Новосибирск: Наука, 1981. 280 с.
- Онишко В.В., Костерин О.Э. Стрекозы России. Иллюстрированный атлас-определитель. М.: Фитон XXI, 2021. 480 с.

DOI: [10.5281/zenodo.14773510](https://doi.org/10.5281/zenodo.14773510)

Первые данные по позднеплейстоценовым энтомокомплексам низкогорий Северо-Восточного Алтая

А.А. Гурина, Н.И. Агриколянская, Р.Ю. Дудко, А.А. Легалов

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск

Ключевые слова: поздний плейстоцен, МИС-2, Западная Сибирь, Северо-Восточный Алтай, жесткокрылые насекомые

Изучение позднечетвертичных энтомокомплексов является важным аспектом для понимания формирования современной фауны. За прошедшее десятилетие были получены данные об уникальности позднеплейстоценовой энтомофауны юга Западно-Сибирской равнины, не имеющей современных аналогов (Гурина и др., 2022). В связи с этим, изучение ископаемой энтомофауны Северо-Восточного Алтая – горного региона, прилегающего к Западно-Сибирской равнине, представляет большой интерес. В 2019 году были найдены два местонахождения ископаемых энтомокомплексов в низкогорьях Северо-Восточного Алтая.

Местонахождение Лебедь (52.25220°N; 87.15692°E; 320 м н.у.м.) расположено на левом берегу реки Лебедь в 10 км от устья (впадение в реку Бия). Из местонахождения взяты 4 пробы из двух слоев синих глин с сопутствующим растительным детритом. Калиброванные радиоуглеродные датировки растительных остатков из этих слоев составили 14.07–13.58 тыс. л.н. и 17.05–16.46 тыс. л.н.

Местонахождение Кебезень (51.93600°N; 87.09665°E; 452 м н.у.м.) расположено на левом берегу реки Турачак в 1.2 км от устья (впадение в реку Бия), сразу за пределами пос. Кебезень. Из местонахождения отобрано 12 проб с разным количеством выборок, в зависимости от насыщенности энтомологическим материалом. В результате датирования образцов было получено шесть последовательных дат, которые лежат в диапазоне от ~19.76 тыс. л.н. до ~19.44 тыс. л.н. Отбор проб на энтомологический анализ производился по методике, описанной в работе Р. Купа (Coore, 1959), с последующими уточнениями (Shotton, Osborne, 1965; Гурина и др., 2016; Gurina et al., 2019).

Из местонахождения Лебедь извлечено 409 фрагментов насекомых, преимущественно жесткокрылых (Coleoptera). Их обработка показала очень высокий уровень разнообразия этого отряда. Фрагменты отнесены не менее чем к 120 видам из 17 семейств. Наиболее многочисленны и разнообразны представители жуков-жужелиц (Carabidae), коротконадкрылых жуков (Staphylinidae) и жуков-долгоносиков (Curculionidae), обнаруженные во всех пробах местонахождения. Ви-

довой состав энтомокомплексов наиболее соответствует современной фауне среднегорий Северо-Восточного Алтая и Кузнецкого Алатау, и включает в себя несколько эндемичных и реликтовых видов. Сравнение видового состава жуков из местонахождения Лебедь с ранее изученной позднеплейстоценовой фауной насекомых Западно-Сибирской равнины показывает сходство, обусловленное наличием общих эвритопных видов с широкими ареалами и присутствием единичных степных элементов (*Ceutorhynchus erysimi* и *Phyllobius contemptus*). Исходя из известных экологических предпочтений выявленных видов в современных условиях, для исследуемой территории в период осадконакопления реконструировано чередование темнохвойных лесов и открытых высокотравных лугов. Предполагается, что климат был влажным и значительно более холодным, чем в настоящее время на исследуемой территории. Принимая во внимание экологические предпочтения видов жесткокрылых насекомых и радиоуглеродный возраст двух слоев, отложения соотносятся с ранним и средним дриасом.

Из местонахождения Кебезень получено 1567 фрагментов насекомых и 26 карапаксов пауков. Среди насекомых, 1405 фрагментов принадлежит жесткокрылым (Coleoptera), 10 фрагментов – полужесткокрылым (Hemiptera), 44 фрагмента – перепончатокрылым (Hymenoptera) и 72 пупария – двукрылым (Diptera). Фрагменты жесткокрылых отнесены, как минимум, к 772 особям, принадлежащим 87 видам из 21 семейства. Наиболее многочисленны представители семейств Carabidae (28 видов, $N_{min} = 290$) (N_{min} – минимальное число особей), Staphylinidae (24 вида, $N_{min} = 160$), Chrysomelidae (8 видов, $N_{min} = 101$) и Scolytidae (4 вида, $N_{min} = 53$). Видовой состав энтомокомплекса, большей частью, соответствует современной фауне, встречающейся в среднегорьях и высокогорьях Северо-Восточного Алтая, и включает в себя несколько видов, эндемичных для Алтае-Саянской горной системы. Также найден вид долготелов *Eutrichapion rhomboidale* (Brentidae), имеющий реликтовый дизъюнктивный ареал. Кроме того, в энтомокомплексе присутствуют виды, не приводившиеся для современной фауны региона исследований. Так, например, листоед *Sternoplatys fulvipes* и щелкун *Denticollis acuticollis* – виды, в настоящее время обитающие лишь на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири. Трутовиковый жук *Sulcaxis nitidus* широко распространен в Европе и приводится также для Дальнего Востока и Японии. Более редкий вид жук-водобродка *Ochthebius kaninensis* известен из Восточной Сибири, с севера европейской части России и из Финляндии.

Таким образом, в энтомокомплексе Кебезень присутствуют виды, современный ареал которых либо ограничивается Восточной Палеарктикой, либо имеет дизъюнкцию на территории Сибири. Присутствие

этих видов в энтомокомплексе свидетельствует о том, что в холодных условиях МИС-2 они имели широкое распространение. По характеру занимаемых экологических и трофических ниш, энтомокомплекс Кебезень соответствует растительным сообществам, характеризующимся широким распространением темнохвойных лесов, с присутствием лугов, аналогичных альпийским. Анализ высотного градиента распространения видов показал, что большая часть видов насекомых энтомокомплекса Кебезень в настоящее время обитает в среднегорьях. Меньшие доли относятся к низкогорьям и высокогорьям. Подобное распределение указывает на то, что в максимум последнего оледенения условия в низкогорьях Северо-Восточного Алтая были значительно холоднее современных и ближе к условиям современных среднегорий.

Сравнение видового состава энтомокомплексов Кебезень и Лебедь с другими позднелейстоценовыми энтомокомплексами Западной Сибири показало значительное отличие от равнинных энтомокомплексов и заметное сходство (36%) между собой. Количество общих видов с равнинными местонахождениями не превышает 10, в то время как в обоих горных местонахождениях встречено 24 вида из 10 семейств. В то же время, между ними заметны и различия. Энтомокомплекс Лебедь отличается заметно большим разнообразием жесткокрылых, кроме того, только здесь присутствуют, хоть и в небольшом количестве, степные элементы (*Ceutorhynchus erysimi* и *Phyllobius contemptus*), отсутствующие в Кебезени. Вероятно, что открытые биотопы в районе местонахождения Лебедь занимали значительно большие территории, чем в окрестностях Кебезени. Такие отличия могут быть связаны с разным возрастом местонахождений – более мягкими условиями периода дегляциации по сравнению с максимумом последнего оледенения. Возможно также, что отличия определяются географическим положением: местонахождение Лебедь расположено ближе к периферии горной системы и дальше от Телецкого озера, смягчающего микроклимат в близлежащих районах.

Таким образом, впервые для низкогорий Северо-Восточного Алтая были обнаружены и проанализированы два местонахождения позднелейстоценовых энтомокомплексов. В местонахождении Лебедь (16,8 тыс. л.н. и 13,9 тыс. л.н.) выявлено 120 видов из 17 семейств, наиболее соответствующих современной фауне, встречающейся в среднегорьях Северо-Восточного Алтая и Кузнецкого Алатау, и включающих в себя несколько эндемичных и реликтовых видов. На основании экологических предпочтений выявленных видов для исследуемой территории, в период осадконакопления, реконструировано чередование темнохвойных лесов и открытых высокотравных лугов. Предполагается, что климат был влажным и значительно более холодным, чем в настоящее время на исследуемой территории.

Для местонахождения Кебезень получено 6 последовательных дат, которые лежат в диапазоне от ~19.76 тыс. л.н. до ~19.44 тыс. л.н., что соответствует максимуму последнего оледенения плейстоцена. Позднеплейстоценовый энтомокомплекс представлен не менее чем 87 видами из 21 семейства. Видовой состав энтомокомплекса Кебезень хорошо соответствует современной фауне среднегорий с широким развитием хвойных, преимущественно еловых, лесов. Предполагается, что климат был значительно холоднее современного. Сравнение энтомокомплекса Кебезень с позднеплейстоценовой энтомофауной Западной Сибири показывает очень низкое сходство с равнинными местонахождениями, и довольно высокое сходство с территориально близким, но более молодым местонахождением Лебедь (период дегляциации).

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01024, <https://rscf.ru/project/23-74-01024/>.

Список литературы

- Гурина А.А., Дудко Р.Ю., Зиновьев Е.В.* и др. Насекомые в аллювиальных отложениях позднего голоцена на реке Алей, Алтайский край // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 15. Вып. 6. С. 555–562
- Гурина А.А., Дудко Р.Ю., Зиновьев Е.В., Легалов А.А.* Четвертичная палеоэнтомология: 10 лет на юге Западной Сибири // Природа. 2022. № 6. С. 3–11.
- Cooper G.R.* A late Pleistocene insect fauna from Chelford, Cheshire // Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences. 1959. Vol. 151. № 942. P. 70–86.
- Gurina A.A., Dudko R.Y., Tshernyshev S.E.* et al. Late Pleistocene insects from the Dubrovino site at Ob River (West Siberia, Russia) and their paleoenvironmental significance // Palaeontologia Electronica. 2019. Vol. 22. № 1.3A. P. 1–18.
- Shotton F. W., Osborne P.J.* The fauna of the Hoxnian interglacial deposits of Nechells, Birmingham // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 1965. Vol. 248. № 750. P. 353–378.

DOI: [10.5281/zenodo.14773637](https://doi.org/10.5281/zenodo.14773637)

Первые сведения о питании ночницы Брандта *Myotis brandtii* (Chiroptera, Vespertilionidae) на Среднем Урале

В.А. Дейнека^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: летучие мыши, рацион, анализ экскрементов

Рукокрылые играют важную роль в цепях питания, поедая в больших количествах сумеречных и ночных насекомых (Ботвинкин, 2002). Работ по изучению трофических связей этих животных на территории России крайне мало, а для Урала они единичны (Гизуллиная, 2016; Гизуллиная, Первушина, 2016). Поэтому нами были проведены такие исследования на Среднем Урале. В качестве объекта был выбран широко распространенный лесной вид – ночница Брандта (*Myotis brandtii* Eversmann, 1845). Это самая долгоживущая (до 40 лет) и мелкая по размерам ночница, способная осваивать сложные пространства в таежных лесах. Благодаря мелким размерам и маневренности, животное проникает вглубь леса, где кормовая база отличается от околородных биотопов (Крускоп, 1996). Поскольку вид занесен в региональную Красную книгу, то для работы с ним необходима методика, не требующая умерщвления животных. Таким методом, доступным и общепризнанным в мировой практике, является визуальный анализ экскрементов. **Цель работы:** изучить питание ночницы Брандта на Среднем Урале с помощью метода визуального анализа экскрементов. **Задачи:** 1) охарактеризовать фрагменты поедаемых членистоногих; 2) установить размерные характеристики фрагментов; 3) получить предварительные сведения о рационе вида.

Материал был предоставлен Е.М. Первушиной и собран на территории научно-просветительского центра «Скородум» (с. Скородумское, Ирбитский р-н Свердловской обл.) в 2011 г. – с 13 по 14 и с 25 по 29 июля, в 2018 г. – с 28 по 29 июня. Данная равнинная территория примыкает к восточному склону Среднего Урала и расположена в подзоне южной тайги (Среднее Зауралье). Места обитания расположены в темновойном лесу рядом с лесным озером и отдельными постройками человека. Методика проведения визуального анализа экскрементов подробно описана ранее (Гизуллиная, Первушина, 2016). Определение фрагментов членистоногих проводили до отряда, редко до семейства. Для этого делали фотографии с помощью стереомикроскопа «Olympus

SZ61», проводили сравнение с коллекционными материалами, использовали определитель (Shiel et al., 1997). Сохранные фрагменты измеряли с помощью миллиметровой бумаги и встроенной в стереомикроскоп линейки. Всего проанализировано 20 проб (экскрементов) от 10 животных. Использовали минимальное количество повторностей, которое допускает метод – 2 пробы от каждой особи.

Определение объектов питания летучих мышей можно провести по хорошо сохранившимся в экскрементах остаткам разных частей тела членистоногих: конечности, крылья, усы, голова, ротовой аппарат, которые различаются у разных отрядов. Большая часть остатков является неопределяемыми, т. е. фрагменты не имеют явных признаков отряда или семейства. Например, для определения конечностей важно учитывать сохранность когтей и «подушечек». При нахождении в пробах крыльев следует обращать внимание на наличие пятен, волосков, расположение и толщину жилок, внешний вид края крыла. Часто можно встретить фрагменты головы: усики, щупики, ротовой аппарат. В редких случаях встречается весь остаток головы со всеми вышеперечисленными фрагментами. Зачастую в пробах отмечаются чешуйки, волоски и щетинки. Однако, как правило, они отделяются от фрагментов во время прохождения по пищеварительной системе летучих мышей (Гизуллина, Первушина, 2016). В целом размеры остатков добычи у изучаемого вида варьируют от <0.1 до 3 мм. Для сравнения, у более крупного по размерам тела двухцветного кожана (*Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758), встречаемые в экскрементах остатки насекомых существенно крупнее и варьируют от <0.1 до 8 мм (Гизуллина, Первушина, 2016). Из этого следует, что размер фрагментов членистоногих в экскрементах, вероятно, определяется размером тела и соответственно, размером ротового аппарата того или иного вида летучих мышей.

В экскрементах были отмечены фрагменты девяти групп членистоногих: клопы (отр. Hemiptera); жесткокрылые (отр. Coleoptera); чешуекрылые (отр. Lepidoptera); двукрылые (отр. Diptera), в том числе п/отр. Nematocera сем. Culicidae и Chironomidae, п/отр. Brachycera; сетчатокрылые (отр. Neuroptera), в том числе сем. Nemerobiidae; сеноеды (отр. Psocodea); равнокрылые (отр. Homoptera); пауки (отр. Araneae), а также целые экземпляры клещей (п/кл Acari), которые, вероятно, попадают вместе со своими хозяевами – членистоногими. Полученные нами сведения согласуются с данными других авторов (Смирнов, Вехник, 2012; Vesterinen et al., 2018). В рационе вида на юге Финляндии, как и в нашем случае, отмечены сеноеды и паукообразные (Vesterinen et al., 2018), а вот в пойменных экосистемах р. Волги эти группы в его питании отсутствовали (Смирнов, Вехник, 2012). Поэтому можно предположить, что ночница Брандта охотится на пауков преимущественно в лесных биотопах.

В заключении хочется отметить, что полученные данные о рационе ночницы Брандта на Среднем Урале являются предварительными. В его составе отмечены клопы, сеноеды, жесткокрылые, чешуекрылые, двукрылые, сетчатокрылые, равнокрылые, пауки и клещи. Наиболее успешно определяются фрагменты членистоногих по конечностям, крыльям, усам, голове, ротовому аппарату. Как правило, фрагменты поедаемых членистоногих имеют мелкие размеры. Это связано с маленькими размерами тела, а соответственно и ротового аппарата изучаемого вида.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю благодарности к.б.н. Е.М. Первушиной за помощь и рекомендации в работе, к.б.н. А.Н. Созонтову за помощь в определении пауков и д.б.н. Е.В. Зиновьеву за определение жуков, а также сотрудникам лаборатории популяционной экологии и моделирования ИЭРиЖ УрО РАН. Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЭРиЖ УрО РАН номер 122021000085–1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ботвинкин А.Д.* Летучие мыши в Прибайкалье: (биология, методы наблюдения, охрана). Иркутск: Время странствий, 2002. 208 с.
- Гизулина О.Р.* Влияние экологических условий на рацион двухцветного кожана // Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы 31 конференции молодых ученых // Екатеринбург: Гощицкий, 2016. С. 25–28.
- Гизулина О.Р., Первушина Е.М.* Определение фрагментов насекомых в питании двухцветного кожана в Среднем Зауралье // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. №3(35). С. 92–106.
- Крусков С.В.* Эколого-морфологическое исследование сообщества рукокрылых (Chiroptera) Подмосковья // Состояние териофауны в России и ближнем зарубежье. М.: Териологическое общество, Институт проблем экологии и эволюции РАН, 1996. С. 169–173.
- Смирнов Д.Г., Вехник В. П.* Проблемы изучения краевых структур биоценозов // материалы 3-й Международной научной конференции, Саратов: Издательство Саратовского университета, 2012. С. 197–201.
- Vesterinen E.J., Puisto A.I.E., Blomberg A.S. et al.* Table for five, please: dietary partitioning in boreal bats // Ecology and Evolution. 2018. P. 1–25.
- Shiel C., McAney C., Sullivan C., Fairley J.* Identification of arthropod fragments in bat droppings. London: Mammal Society, 1997. 56 pp.

DOI: [10.5281/zenodo.14773963](https://doi.org/10.5281/zenodo.14773963)

Пространственно-временная динамика численности тополевой моли *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera: Gracillariidae) в г. Екатеринбурге

С.В. Дербышев^{1,2}, К.С. Доцанова^{1,2}, И.А. Солонкин^{1,2},
Е.Ю. Захарова^{1,2}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: филлофаг, вспышка массового размножения, минер, заселенность, *Populus*

Города – эволюционно новая среда обитания растений и животных, весьма специфическая по своим параметрам (Чернышенко, 2001). Одним из важнейших средообразующих факторов в городах являются зеленые насаждения (Якубов, 2005). Значительный ущерб зеленым насаждениям могут наносить насекомые-филлофаги, среди которых для тополей (*Populus* sp. L., Salicaceae) наиболее значимый вредитель – тополевая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera: Gracillariidae), синантропофильный лесной вид. В городах тополевая моль часто достигает высокой численности, формирует хронические очаги и дает фиксированные вспышки массового размножения (Ермолаев, 2019; Ермолаев и др., 2020; Кириченко и др., 2023).

Первое упоминание о тополевой моли г. Екатеринбурге относится к работе Ю.М. Колосова в 1918 году (Колосов, 1918). Состояние популяций тополевой моли с 1967 по 1984 г. было подробно изучено А.П. Даниловой (Данилова, 1974, 1981, 1983, 1984). На тот момент времени распространение тополевой моли было приурочено к старой, центральной части города, единичные находки были сделаны на Уралмаше, а в других районах она не была обнаружена. В центре г. Екатеринбурга с 2006 и 2018 гг. было отмечено две вспышки массового размножения тополевой моли (Богачева и др., 2018).

Наблюдения проводили в 2022–24 гг. Листья собирали с одних и тех же модельных деревьев трех видов тополей *Populus ×berolinensis* (K. Koch, 1865), *P. suaveolens* (Fisch. ex Loudon, 1874) и *P. ×sibirica* (G. Kryl. Et Grig. ex A. Skvorts.) в трех районах г. Екатеринбурга (Уралмаш, Центр, Юго-Западный). Количество модельных деревьев каждого вида тополя в каждом районе города варьировало от 9 до 13. С каждого дерева собирали по 10 листьев примерно раз в 10 дней с июня по ав-

густ или сентябрь. Всего за 3 года работы было собрано 17262 листа со 112 деревьев. Листья этикетировали и фотографировали с верхней или нижней стороны, в зависимости от расположения мин, затем измеряли площадь листьев и мин в программе ImageJ (Rasband, 2014).

Плотность популяции тополевой моли оценивали по трем параметрам. Заселенность рассчитывали как долю листьев, имеющих хотя бы одну мину, от общего числа листьев в выборке. Под интенсивностью заселения понимали суммарное количество мин на заселенном листе. Площадь выедания листа оценивали как отношение суммарной площади мин к площади листа. Листья без мин при расчете двух последних параметров не учитывали. Из анализа были исключены листья с крохотных деревьев и листья, собранные в ранние фенологические сроки, когда в популяции моли преобладали гусеницы младших возрастов.

Наиболее заселяемым видом тополя является *P. ×berolinensis*, в меньшей степени заселяются *P. suaveolens* и *P. ×sibirica*. Динамика плотности популяции тополевой моли синхронна на разных видах тополей в каждом районе, но между районами она существенно отличается. На Уралмаше в 2022–23 гг. популяция находилась в состоянии вспышки массового размножения, в 2024 г. заселенность листьев трёх видов тополей снизилась. В центре города в 2022–24 гг. происходило снижение плотности и разреживание популяции. В Юго-Западном районе заселенность листьев оставалась стабильно низкой, некоторое увеличение плотности популяции было отмечено в 2023 г.

Интенсивность заселения листьев во всех районах города, кроме Уралмаша, была очень низкой – на заселённых листьях встречались только единичные мины.

Наибольший процент относительной площади выедания листа наблюдается у *P. ×berolinensis*. При сравнительно низкой заселенности *P. suaveolens* на Уралмаше относительная площадь выедания его листьев сопоставима с *P. ×berolinensis*. Для *P. ×sibirica* во всех трех районах в течение трех лет площадь выедания оставалась низкой. В центре и в Юго-Западном районе города Екатеринбурга при снижении интенсивности заселения листьев с 2022 по 2024 г. площадь выедания листьев несколько увеличилась.

Таким образом, в центре города сохраняется хронический очаг массового размножения, на Уралмаше сформировался новый очаг, а на Юго-Западе г. Екатеринбурга популяция тополевой моли находится в стабильно-разреженном состоянии. При низкой плотности популяции максимально заселенным является *P. ×berolinensis*, при переходе в состояние вспышки массового размножения тополевая моль также успешно развивается на *P. suaveolens* и *P. ×sibirica*.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю признательность старшему научному сотруднику лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты ИЭРиЖ УрО РАН, к.б.н. Н.В. Золотаревой за помощь в определении видов рода *Populus*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богачева И.А., Замшина Г.А., Николаева Н.В. Массовые и многочисленные насекомые-филлофаги деревьев и кустарников Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1. С. 46–73.
- Данилова А.П. Динамика численности и смертность тополевой моли в двух очагах размножения // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1974. Т. 1. С. 11–15.
- Данилова А.П. Распространение тополевой моли в зеленых насаждениях Свердловска // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: УрГУ, 1981. № 9. С. 122–128.
- Данилова А.П. Факторы изменений численности тополевой моли на Среднем Урале // Динамика численности и роль насекомых в биогеоценозах Урала. Свердловск: Урал. науч. центр АН СССР, 1983. С. 18.
- Данилова А.П., Зыкова Л.С., Коржавина Н.А. Вредители зеленых насаждений парка Дворца Пионеров и школьников г. Свердловска // Фауна Урала и прилежащих территорий. Свердловск: УрГУ, 1984. С. 109–112.
- Ермолаев И.В. Экологические механизмы непериферической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80. № 6. С. 451–476.
- Ермолаев И.В., Рублева Е.А., Рысин С.Л., Коженкова А.А. и др. Трофическая специализация тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. Вып. 2. С. 271–288.
- Кириченко Н.И., Рязанов М.А., Ефременко А.А. Трофические связи и вредоносность местных и чужеродных видов минирующих молей-пестрянок в Сибири // Сибирский лесной журнал. 2023. № 1. С. 85–97.
- Колосов Ю.М. Тополевая моль // Зауральский край. 1918. № 50. С. 4.
- Чернышенко О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города. М.: МГУЛ, 2001. 120 с.
- Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве М.: Стагирит-Н, 2005. 264 с.
- Rasband W.S. ImageJ. 2014. URL: <http://imagej.nih.gov/ij/>

DOI: [10.5281/zenodo.14774180](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774180)

Популяция боярышницы в состоянии вспышки массового размножения: анализ на эмбриональной стадии развития

К.С. Дощанова^{1,2}, И.А. Солонкин^{1,2}, Е.Ю. Захарова^{1,2}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: кормовые растения, вспышка массового размножения, эруптивный вид, *Aporia crataegi*, кладки яиц*

Боярышница *Aporia crataegi* L. (Lepidoptera: Pieridae) – массовый, хозяйственно значимый вид насекомых, повреждающий древесные розоцветные. В годы массовых размножений гусеницы боярышницы могут полностью дефолировать подлесок и плодовые сады (Ильинский и др., 1965).

Динамика численности насекомых-фитофагов и их трофическая специализация остаются актуальными вопросами теоретической и прикладной экологии. Значительное число работ посвящено изучению популяций эруптивных видов в постэмбриональный период онтогенеза, в то время как успешность прохождения эмбриональной стадии на много реже попадает в поле зрения исследователей (Myers, Cory, 2013; Carrasco et al., 2015).

Предпочтение определённого кормового растения при высокой численности фитофага приводит к интенсивной дефолиации (Иерусалимов, 2004). Степень повреждённости кормового растения влияет на интенсивность откладки яиц, а также на развитие фитофага, в том числе на стадии яйца (Резник, 2005; Vertea et al., 2020).

Приспособленность фитофагов во многом зависит от успешного выбора самки при размещении потомства (Резник, 2005). Анализ избирательности откладки яиц и успешности прохождения эмбриональной стадии развития – важный шаг к пониманию механизмов реализации вспышек массового размножения.

С июня по июль 2023–2024 гг. проводили сбор кладок боярышницы в окрестностях д. Фомино Свердловской области (56°36' N.; 61°03' E). Кладки яиц собирали на пяти видах древесных розоцветных в подлеске сосняков и на открытых пространствах. Всего за 2 года работы собрано 1144 кладки с 420 деревьев. Каждую кладку фотографировали на листе кормового растения при увеличении 10×1. Полученные изображения использовали для подсчёта количества яиц в программе ImageJ (Rasband, 2014). Для оценки выживаемости боярышницы на эмбриональной

стадии кладки оставляли на ветвях кормового растения и ежедневно осматривали до момента отрождения гусениц. В каждой кладке подсчитывали количество вылупившихся гусениц и неразвившихся яиц.

Летом 2024 г. провели учёт кладок боярышницы на пяти пробных площадях, различавшихся по составу, обилию и степени повреждения кормовых растений фитофага. На каждом растении выше 0.6 м в пределах площадки подсчитывали количество листьев и число кладок боярышницы. С целью оценки плотности и характера размещения кладок использовали следующие параметры: заселённость кормовых растений (долю деревьев с кладками от общего числа обследованных деревьев), интенсивность заселения (среднее число кладок на лист только на заселённых деревьях), агрегированность (равномерность распределения кладок между отдельными деревьями).

Проанализирован характер размещения потомства самками боярышницы на пяти видах древесных розоцветных. Наиболее интенсивно боярышница заселяет черёмуху *Padus avium* Mill. Кладки на черёмухе включают стабильно большое количество яиц и обеспечивают высокую выживаемость. Наименьшая заселённость характерна для рябины *Sorbus aucuparia* L. Выявлено предпочтение отдельных растений рябины и скученное распределение кладок на данном кормовом растении.

Мы обнаружили модулирующее воздействие кормового растения и степени его дефолиации на поведение самок при яйцекладке, что согласуется с данными других авторов (Резник, 2005; Fordyce, 2005). Количество яиц в кладках боярышницы варьировало в широких пределах (от 11 до 190 яиц). Размер кладок боярышницы на рябине был значимо больше в 2024 году, когда существенная часть черёмух стала недоступна для заселения вследствие интенсивной дефолиации 2023 года. Выживаемость возросла вслед за увеличением количества яиц в кладке. В целом, отмечена высокая успешность прохождения эмбриональной стадии развития в течение двух лет вспышки массового размножения боярышницы. Таким образом, избирательность откладки яиц и высокая пластичность размера кладок позволяют быстро адаптироваться к изменению качества и доступности кормовых растений, обеспечивая высокий вспышечный потенциал боярышницы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны к.б.н. Золотарёвой Н.В. за выполнение геоботанических описаний площадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Иерусалимов Е.Н. Зоогенная дефолиация и лесное сообщество. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 263 с.

- Ильинский А.И., Евлахова А.А., Сиротина М.И.* и др. Надзор, учет и прогноз массовых размножений хвое- и листогрызущих насекомых в лесах СССР. М.: Лесная промышленность, 1965. 524 с.
- Резник С.Я.* Экологические, этологические и физиологические аспекты регуляции яйцекладки у насекомых. Дисс. ... д.б.н. СПб, 2005. 597 с.
- Bertea C.M., Casacci L.P.* Chemical, physiological and molecular responses of host plants to lepidopteran egg-laying // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 10. № 1768. P. 1–7.
- Carrasco D., Larsson M.C., Anderson P.* Insect host plant selection in complex environments // *Current Opinion in Insect Science*. 2015. Vol. 8. P. 1–7.
- Fordyce J.A.* Clutch size plasticity in the Lepidoptera // *Insect Phenotypic Plasticity*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2005. P. 133–152.
- Myers J.H., Cory J.S.* Population cycles in forest Lepidoptera revisited // *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2013. Vol. 44. P. 565–592.
- Rasband W.S.* Image J. 2014. URL: <http://imagej.nih.gov/ij/> (10.09.2024)

DOI: [10.5281/zenodo.14774240](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774240)

Состояние растительных сообществ с доминированием *Pinus sylvestris* в древесном ярусе в градиенте урбанизации в г. Екатеринбург

Д.П. Дубровина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: адвентизация, биологические инвазии, урбанизация, городские леса, фрагментация местообитаний

Урбанизация – процесс возрастания значения городов в жизни общества. Урбанизация сопровождается изменением – уничтожением, трансформацией – местообитаний и сообществ (Рысин, 2007). Для оценки скорости изменения урбанизированных сообществ и для разработки мер их сохранения и управления ими необходим мониторинг их состояния. **Цель работы:** оценить видовое богатство (число аборигенных и адвентивных видов) и долю адвентивных видов в растительных сообществах с доминированием сосны обыкновенной в пространственном градиенте возрастания степени урбанизации в городе Екатеринбурге. Проверяли **гипотезы**, что с ростом степени урбанизации (1) число аборигенных видов уменьшается; (2) число и доля адвентивных видов увеличиваются.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В июле 2024 г. в черте и окрестностях г. Екатеринбурга было описано 30 пробных площадей по 400 м², в растительных сообществах с доминированием *Pinus sylvestris* L. (рис. 1). Пробные площади были заложены в 2012–2013 гг. и располагались на территориях с разной плотностью жилой застройки в трех вариантах местообитаний: 10 – пригородные леса; 10 – городские лесопарки (Юго-Западный, Лесоводов России, Калининский, дендрарий Ботанического сада УрО РАН); 10 – фрагменты лесов в зоне городской застройки; это внутригородские насаждения, изолированные от основного лесопаркового кольца города в 1970–1980-х гг., т. е., 50–40 лет назад (Веселкин и др., 2015). На каждой пробной площади выявлен видовой состав сосудистых растений. По монографии (Третьякова, 2011) для каждого вида определен статус – аборигенный или адвентивный. Анализируемые параметры: число аборигенных и адвентивных видов в описании, доля адвентивных видов в описании. Для оценки влияния степени урбанизации (зона застройки – лесопарки – леса) использовали однофакторный ANOVA. Гомогенные группы выделяли с использованием критерия Тьюки.

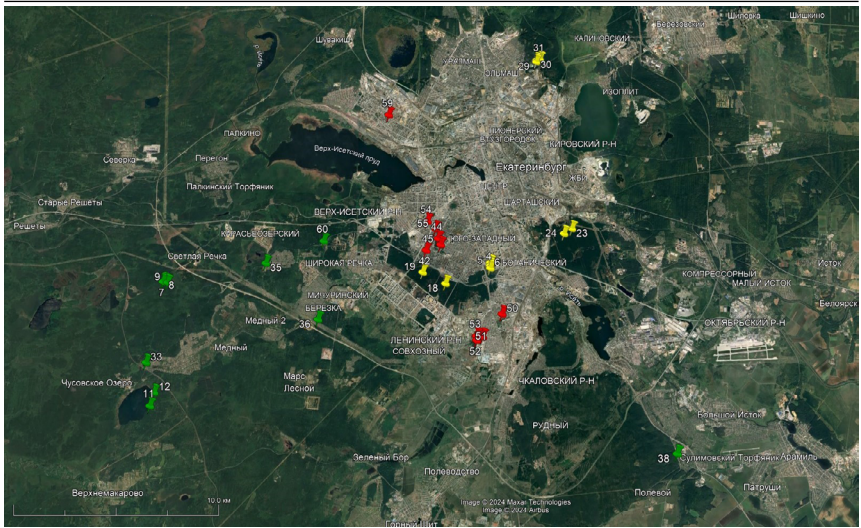


Рис. 1. Схема размещения пробных площадей. Красные метки – остатки сосновых древостоев в пределах городской застройки; желтые – городские лесопарки; зеленые – пригородные лесные сообщества.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в 30 описаниях выявлено 292 вида (54 древесных и 238 травянистых; 222 аборигенных и 70 адвентивных). Среднее число аборигенных видов на 400 м² значительно изменялось в связи со степенью урбанизации ($F_{(2, 27)} = 5.10$; $p = 0.0132$). Относительно мало аборигенных видов на пробной площади было в зоне застройки (18–72 вида); относительно много – в пригородных лесах (48–98, рис. 2А). Среднее число адвентивных видов в сообществе значительно изменялось в связи со степенью урбанизации ($F_{(2, 27)} = 7.62$; $P = 0.0023$). Мало адвентивных видов на пробной площади было в пригородных лесах (0–10); относительно много – видов на пробной площади в зоне застройки (3–26, рис. 2, Б). Средняя доля адвентивных видов также значительно изменялась в связи со степенью урбанизации ($F_{(2, 27)} = 16.13$; $p < 0.0001$). Низкая степень адвентизации (0–9%) была в лесах; высокая (4–39%) – в зоне застройки (рис. 2В).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гипотезы об уменьшении числа аборигенных видов и об увеличении присутствия адвентивных видов в сообществах по мере усиления степени урбанизации подтвердились. Свидетельства увеличения участия адвентивных видов в градиенте урбанизации многократно описаны для разных городов и типов сообществ (Hui et al., 2017), и ожидаемы, в том числе, для городских и пригородных лесов Среднего Урала (Веселкин и др. 2023).

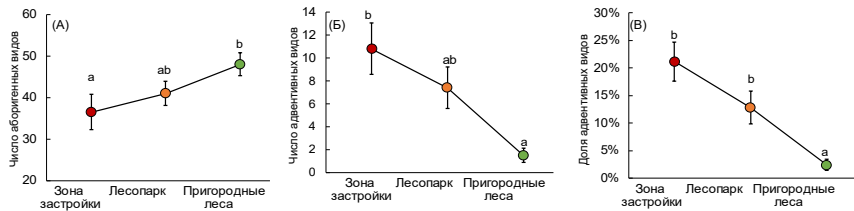


Рис. 2. Средние ($\pm SE$) числа на 400 м^2 аборигенных (А) и адвентивных видов (Б), доля адвентивных видов (В) в пределах остатков лесов в зоне городской застройки (красные круги), в городских лесопарках (оранжевые круги), в пригородных лесах (зеленые круги). Малыми латинскими буквами обозначены гомогенные группы по критерию Тьюки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Я благодарна к.б.н. Н.В. Золотарёвой за предоставленные координаты 30 пробных площадей и за помощь в определении гербария. Я также благодарна Д.И. Дубровину за помощь на всех этапах исследования. Работа выполнена в рамках темы госзадания №122021000092-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Веселкин Д.В., Галако В.А., Власенко В.Э. и др. Связь между характеристиками состояния деревьев и древостоев сосны обыкновенной в крупном промышленном городе // Сибирский экологический журнал. 2015. Т. 22, № 2. С. 301-309.
- Веселкин Д.В., Дубровин Д.И., Коржиневская А.А., Подгаевская Е.Н. и др. Уровни вторжения чужеродных растений в местообитаниях разных типов на Среднем Урале // Экология. 2023. № 4. С. 261–271.
- Рысин Л.П., Рысин С.Л. Перспективы развития урболесоведения в России // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2007. № 4. С. 45–49.
- Третьякова А.С. Флора Екатеринбурга. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2011. 200 с.
- Hui C., Richardson D.M., Visser V. Ranking of invasive spread through urban green areas in the world's 100 most populous cities // Biological Invasions. 2017. Vol. 19. № 12. P. 3527–3539.

DOI: [10.5281/zenodo.14774320](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774320)

***Pannonictis* (Mustelidae, Carnivora) из пещеры Таврида (Крым, ранний плейстоцен)**

Д.А. Захаров¹, Д.О. Гимранов², А.В. Лавров³, А.В. Лопатин³

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

³Палеонтологический институт РАН, г. Москва

Ключевые слова: Pannonictis, нижняя челюсть, ранний плейстоцен, пещера Таврида, Крым

Семейство куньих (Mustelidae) имеет наибольшее таксономическое разнообразие среди Carnivora. В нем выделено 10 подсемейств: Guloninae, Helictidinae, Ictonychinae, Lutrinae, Melinae, Mellivorinae, Mustelinae, Taxidiinae, Leptarctinae, Oligobuninae (Koenfli et al., 2008; Law et al., 2018; Sato et al., 2012).

Подсемейство Ictonychinae состоит из двух триб: Ictonychini и Lyncodontini (Sato et al., 2012). К современным Lyncodontini относятся гризон *Galictis* Bell, 1826 и патагонская ласка *Lyncodon* Gervais, 1844, населяющие Центральную и Южную Америку (Bornholdt et al., 2013; Prevosti et al., 2009). Более многочисленны ископаемые представители Lyncodontini, включающие роды *Pannonictis* Kormos, 1931 из Евразии и Северной Африки, *Martellictis* Bartolini Lucenti, 2018 и *Enhydrictis* Forsyth Major, 1901 из Европы, *Eirictis* Qiu et al., 2004, *Oriensictis* Ogino et Otsuka, 2008, *Shansictis* Jiangzuo et al., 2024 из Азии, *Lutravus* Furlong, 1932, *Trigonictis* Hibbard, 1941, *Sminthosinis* Bjork, 1970 из Северной Америки и *Stipanიცicia* Reig, 1956 из Южной Америки (Baskin, 2011; Bartolini Lucenti, 2018; Colombero et al., 2012; Fejfar et al., 2012; Ficarelli and Torre, 1967; García and Howell, 2008; García et al., 2008; Geraads, 2016; Jiangzuo et al., 2024; Jin and Liu, 2009; Ogino and Otsuka, 2008; Peters and de Vos, 2012; Rook, 1995; Ros-Montoya et al., 2021).

Из вышеперечисленных родов *Pannonictis* является наиболее распространенным представителем Lyncodontini в плио-плейстоцене Евразии, насчитывая пять видов: *P. pliocaenica* Kormos, 1931, *P. pilgrimi* Kormos, 1933, *P. nestii* (Martelli, 1906), *P. arzilla* (De Gregorio, 1886) и *P. baroniensis* Rook et al., 2018 (Colombero et al., 2012; García et al., 2008; Rook et al., 2018).

К другим ископаемым представителям Lyncodontini плио-плейстоцена Евразии относятся *Enhydrictis*, считающийся эндемиком о. Сардиния и включающий виды *E. galictoides* Forsyth Major, 1901 и *E. praegalictoides* Rook et al., 2018, а также *Martellictis ardea* (Gervais, 1848–

1852), известный главным образом из местонахождений Центральной и Западной Европы (Bartolini Lucenti, 2018; Ficarelli, Torre, 1967; Rook et al., 2018). Род *Eirictis* включает виды *E. robusta* Qiu et al., 2004, *E. variabilis* Jin et Liu, 2009, *E. zhangi* Farjand et al., 2023 и *E. pachygnatha* (Teilhard de Chardin et Piveteau, 1930) из местонахождений Китая и Монголии (Farjand et al., 2023; Jin and Liu, 2009; Qiu et al., 2004). Из Китая и Японии описаны соответственно *Oriensictis melina* (Pei, 1934) и *O. nipponica* (Naoga, 1968). Из верхнего миоцена Китая известны *Shansictis xinzhouensis* Jiangzuo et al., 2024 и *Lutravus dianensis* Jiangzuo et al., 2024.

В ходе раскопок в 2022 г. в пещере Таврида была найдена целая левая ветвь нижней челюсти *Pannonictis*. Находки Lyncodontini из Восточной Европы и Передней Азии крайне немногочисленны (Bartolini Lucenti, 2018; Colombero et al., 2012). В настоящее время ископаемые Lyncodontini из данных регионов известны только из местонахождений Ливенцовка (Россия; Сотникова и др., 2002) и Палан-Тюкан (Азербайджан; Саблин и Ильцевич, 2022). Новая находка *Pannonictis* существенно расширяет представление о распространении и биологии ископаемых Lyncodontini, что объясняет актуальность этой работы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Левая ветвь нижней челюсти (экз. ПИН, № 5644/350) с зубным рядом $s1-m1$ и альвеолой $m2$ обнаружена в пещере Таврида в 2022 г. при раскопках в Южном коридоре (Ванин грот). Пещера Таврида была открыта в 2018 г. (Лопатин и др., 2019). Она расположена в 15 км к востоку от г. Симферополь (пос. Зуя, Белогорский район). Описанный материал хранится в Палеонтологическом институте им. А.А. Борисяка РАН (ПИН), Москва.

Таксономический состав комплекса крупных позвоночных соответствует позднему виллафранку Западной Европы и псекупскому фаунистическому комплексу России и имеет возраст около 1.8–1.6 млн лет (Лопатин и др., 2019; Lopatin, Tesakov, 2024).

Измерения проводились штангенциркулем с точностью до 0.1 мм. Графические построения выполнялись в программном пакете R. Номенклатура морфологических элементов зуба по Ц. Цзянцзуо с соавторами (Jiangzuo et al., 2021). Для сравнения использовались коллекции *Eirictis* и *Enhydriactis*, хранящиеся в Институте палеонтологии позвоночных и палеоантропологии Китайской академии наук (IVPP), Пекин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нижнечелюстная кость экз. ПИН, № 5644/350 обладает рядом отличительных признаков, указывающих на ее принадлежность к *Pannonictis*. Массивность и удлиненность челюсти исключает ее при-

надлежность к европейскому роду *Martellictis*, для которого характерна менее массивная и более короткая челюсть (Bartolini Lucenti, 2018). Экземпляр из пещеры Таврида отличается от *Enhydrictis* строением зубов. От *E. praegalictoides* форма из Тавриды отличается отсутствием дополнительного дистального бугорка на р4, а от *E. galictoides* – смещенным назад положением метаконида m1 относительно протоконида (Ficcarelli and Torre, 1967; Rook et al., 2018).

Морфологические особенности позволяют отличить находку из Тавриды от азиатских форм *Lyncodontini*. От *Eirictis* она отличается меньшей массивностью горизонтальной ветви нижней челюсти, расположением основания премоляра р2 на одной линии с другими премолярами и значительно менее массивным талонидом m1. От *Oriensictis* форма из Тавриды отличается меньшей плотностью расположения премоляров и менее массивным метаконидом m1 (Ogino, Otsuka, 2008).

Массивность челюсти определяется по соотношению высоты (H) и ширины (W) горизонтальной ветви нижней челюсти на уровне m1. На рис. 1 приведено сравнение массивности челюсти некоторых ископаемых *Lyncodontini* Европы. По морфометрическим параметрам (H = 16.6 мм; W = 7.7 мм) описываемый экземпляр демонстрирует сходство с *P. baroniensis* и находится в пределах изменчивости *P. pliocaenica*.

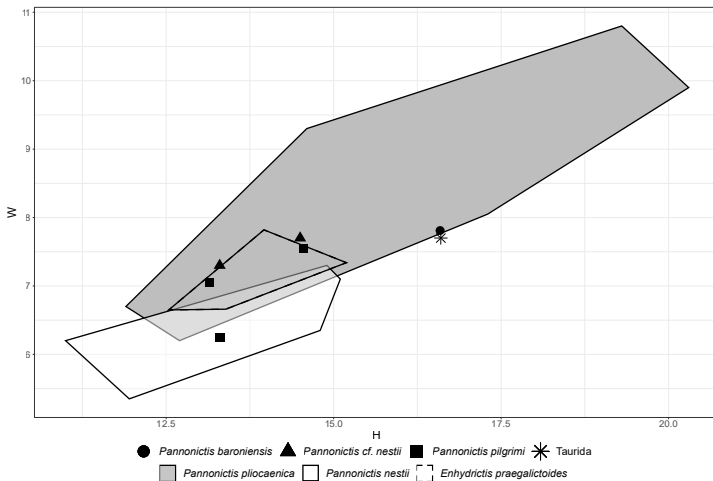


Рис. 1. Соотношение высоты (H) и ширины (W) горизонтальной ветви нижней челюсти на уровне m1 ископаемых *Lyncodontini* Европы, в мм. Значения промеров были взяты из опубликованных данных: *E. praegalictoides* (no Rook et al., 2018), *P. baroniensis* (no Rook et al., 2018), *P. pliocaenica* (no Garcia et al., 2008; Kormos, 1931; Rook, 1995), *P. pilgrimi* (no Kormos, 1933; Rook, 1995), *P. nestii* (no Colombero et al., 2012; Rook, 1995), *P. cf. nestii* (no Garcia and Howell, 2008).

Несмотря на сходство в пропорциях, челюсть из Тавриды отличается от *P. baroniensis* меньшей массивностью (S. Bartolini Lucenti, pers. comm.) и более выраженным гипоконулидом m1 (Rook et al., 2018). Распространение *P. baroniensis* ограничено Сардинией (вероятно, он эндемик этого острова). Принимая во внимание эти факты, принадлежность находки из Тавриды к *P. baroniensis* исключена.

Таким образом, наибольшее сходство в морфологических признаках экз. ПИН, № 5644/350 демонстрирует с *P. pliocaenica*. По размерам экземпляра из пещеры Таврида находится в пределах изменчивости *P. pliocaenica* из раннеплейстоценовых местонахождений Европы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфологический анализ показал, что экземпляр из пещеры Таврида значительно отличается от *Enhydricteis*, *Martellicteis*, *Eirictis* и *Oriensictis*. По результатам морфологического и морфометрического анализа можно заключить, что среди представителей *Pannonictis* крымская форма наиболее сходна с *P. pliocaenica* и может быть предварительно отнесена к последнему виду.

Находка *Pannonictis* дополняет представления о комплексе хищных млекопитающих пещеры Таврида, а также расширяет известные границы области распространения рода в позднем виллафранке. Представители рода *Pannonictis* зачастую ассоциируются с околородными местообитаниями (García and Howell, 2008). Эта информация обогащает представления о биотопических условиях обитания фауны крупных млекопитающих в окрестностях пещеры Таврида (Lopatina et al., 2024).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Б.А. Вахрушеву и Г.В. Самохину (Крымский федеральный университет) за помощь в проведении экспедиционных работ. Авторы признательны всем сотрудникам научного спелео-палеонтологического комплекса «Пещера Таврида» и участникам раскопок. Авторы выражают М.В. Сотниковой за обсуждение результатов и консультации.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 22-14-00214 («Наземные позвоночные Крыма в раннем плейстоцене»), <https://rscf.ru/project/22-14-00214/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Лопатин А.В., Вислобокова И.А., Лавров А.В. и др. Пещера Таврида – новое местонахождение раннеплейстоценовых позвоночных в Крыму // Доклады Академии наук. 2019. Т. 485. № 3. С. 381–385.
- Саблин М.В., Ильцевич К.Ю. Раннеплейстоценовые Caniformia из Палан-Тюкана (Азербайджан) // Труды Зоологического института РАН. 2022. Т. 326. № 2. С. 47–58.

- Сотникова М.В., Байгушева В.С., Тутов В.В. Хищные млекопитающие ханровского фаунистического комплекса и их стратиграфическое значение // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10. № 4. С. 62–78.
- Bartolini Lucenti S. Revising the species “*Mustela*” ardea Gervais, 1848–1852 (Mammalia, Mustelidae): *Martellictis* gen. nov. and the systematics of the fossil “Galictinae” of Eurasia // Comptes Rendus Palevol. 2018. Vol. 17. № 8. P. 522–535.
- Baskin J. A new species of *Cernictis* (Mammalia, Carnivora, Mustelidae) from the Late Miocene Bidahochi Formation of Arizona, USA // Palaeontologia Electronica. 2011. Vol. 14. № 3. P. 1–7.
- Bornholdt R., Helgen K., Koepfli K. et al. Taxonomic revision of the genus *Galictis* (Carnivora: Mustelidae): species delimitation, morphological diagnosis, and refined mapping of geographical distribution // Zoological Journal of the Linnean Society. 2013. Vol. 167. № 3. P. 449–472.
- Colombero S., Pavia M., Rook L. *Pannonictis nestii* (Galictinae, Mustelidae), a new element in the vertebrate association of the human site of Pirro Nord (Italy, Early Pleistocene) // Geodiversitas. 2012. Vol. 34. № 3. P. 665–681.
- Farjand A., Fu L.-Y., Jiangzuo Q.-G. et al. A new species of *Eirictis* (Mammalia, Carnivora, Mustelidae) from Lower Pleistocene of Yuanmou Basin, Yunnan, China // Palaeoworld. 2023. Vol. 33. № 4. P. 1139–1151.
- Fejfar O., Sabol M., Tóth C. Early Pliocene vertebrates from Ivanovce and Hajnáčka (Slovakia). VIII. Ursidae, Mustelidae, Tapiridae, Bovidae and Proboscidea from Ivanovce // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen. 2012. Vol. 264. № 2. P. 95–115.
- Ficcarelli G., Torre D. Il mustelide *Enhydrictis galictoides* del Pleistocene della Sardegna // Palaeontographia Italica. 1967. Vol. 63. № 33. P. 139–160.
- García N., Arsuaga J., Bermúdez de Castro J. et al. The Epivillafranchian carnivore *Pannonictis* (Mammalia, Mustelidae) from Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain) and a revision of the Eurasian occurrences from a taxonomic perspective // Quaternary International. 2008. Vol. 179. № 1. P. 42–52.
- García N., Howell C. New Discovery of a large Mustelid – *Pannonictis cf. nestii* – (Carnivora: Mammalia) from the early Pleistocene locality of Sima del Elefante (Sierra de Atapuerca, Spain) // Palaeontographica Abteilung A: Paläozoologie. 2008. Vol. 284. № 1. P. 1–16.
- Geraads D. Pleistocene Carnivora (Mammalia) from Tighennif (Ternifine), Algeria // Geobios. 2016. Vol. 49. № 6. P. 445–458.
- Jiangzuo Q., Gimranov D., Liu J. et al. A new fossil marten from Jinyuan Cave, northeastern China reveals the origin of the Holarctic marten group // Quaternary International. 2021. Vol. 591. P. 47–58.

- Jiangzuo Q., Wang X., Law C. et al. Presence of *Cernictis* and *Lutravus* (Ictonychinae, Mustelidae, Carnivora) in eastern Asia and the dispersal of Ictonychinae during the Late Miocene // Journal of Systematic Palaeontology. 2024. Vol. 22. № 1. P. 1–22.
- Jin C., Liu J. Paleolithic Site – The Renzidong Cave, Fanchang, Anhui Province. Beijing: Science Press, 2009. 439 pp.
- Koepfli K., Deere K., Slater G. et al. Multigene phylogeny of the Mustelidae: resolving relationships, tempo and biogeographic history of a mammalian adaptive radiation // BMC biology. 2008. Vol. 6. P. 1–22.
- Law C., Slater G., Mehta R. Lineage diversity and size disparity in Musteloidea: testing patterns of adaptive radiation using molecular and fossil-based methods // Systematic Biology. 2018. Vol. 67. № 1. P. 127–144.
- Lopatin A.V., Tesakov A.S. Small mammals from the Taurida locality (Crimea, Pleistocene): systematic composition and biochronology // Doklady Earth Sciences. 2024. Vol. 519. № 2. P. 2184–2189.
- Lopatina D.A., Zanina O.G., Lopatin A.V. Early Pleistocene vegetation and environments near Taurida cave (central Crimea) on the basis of microphytofossil data // Doklady Earth Sciences. 2024. Vol. 519. № 1. P. 1906–1911.
- Ogino S., Otsuka H. New middle Pleistocene Galictini (Mustelidae, Carnivora) from the Matsugae cave deposits, northern Kyushu, West Japan // Paleontological Research. 2008. Vol. 12. № 2. P. 159–166.
- Peters N., de Vos J. A Villafranchian mustelid, *Pannonictis ardea* (Gervais, 1859) (Carnivora, Mustelidae) from Langenboom (Noord-Brabant, The Netherlands) // Cainozoic Research. 2012. Vol. 9. № 1. P. 9–14.
- Prevosti F., Teta P., Pardiñas U. Distribution, natural history, and conservation of the Patagonian weasel *Lyncodon patagonicus* // Small Carnivore Conservation. 2009. Vol. 41. P. 29–34.
- Qiu Z., Deng T., Wang B. Early Pleistocene mammalian fauna from Longdan, Dongxiang, Gansu, China. Beijing: Science Press, 2004. 198 pp.
- Rook L. *Pannonictis nestii* (Carnivora, Mammalia) from the late Villafranchian of Pietrafitta (Umbria, Italy) // Eclogae Geologicae Helvetiae. 1995. Vol. 88. № 3. P. 853–864.
- Rook L., Bartolini Lucenti S., Tuveri C., Arca M. Mustelids (Carnivora, Mammalia) from Monte Tuttavista fissure fillings (Early and Middle Pleistocene; Orsei, Sardinia): taxonomy and evolution of the insular Sardinian Galictini // Quaternary Science Reviews. 2018. Vol. 197. P. 209–223.
- Ros-Montoya S., Bartolini Lucenti S., Patrocínio Espirares M. et al. First review of the Lyncodontini material (Mustelidae, Carnivora, Mammalia)

from the Lower Pleistocene archaeo-palaeontological sites of Orce (Southeastern Spain) // *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*. 2021. Vol. 127. №. 1. P. 33–47.

Sato J., Wolsan M., Prevosti F. et al. Evolutionary and biogeographic history of weasel-like carnivorans (Musteloidea) // *Molecular Phylogenetics and evolution*. 2012. Vol. 63. № 3. P. 745–757.

DOI: [10.5281/zenodo.14774387](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774387)

Пространственная ориентация шмелей *Bombus lucorum* complex в условиях наличия и отсутствия зрительных ориентиров

А.П. Ильина^{1,2}, А.И. Тимченко²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: *Bombus*, шмели, пространственная ориентация, поведение, этология

Важным условием ориентации дневных общественных насекомых, которые используют полет для передвижения в трехмерном пространстве, является присутствие развитого зрительного анализатора. **Цель работы:** изучение пространственной ориентации шмелей, входящих в комплекс видов *Bombus lucorum* s. l. (Hymenoptera: Apidae), в условиях наличия нормальных и ложных ориентиров, а также их отсутствия. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Исследовать пространственную ориентацию шмелей в присутствии нормальных визуальных ориентиров;
2. Проанализировать пространственную ориентацию шмелей при наличии ложных визуальных ориентиров;
3. Изучить пространственную ориентацию шмелей в отсутствие визуальных ориентиров.

В процессе работы были использованы 3 цилиндра, которые имеют высоту 24 см, диаметр 26 см. Всего выполнено 3 серии опытов – в условиях нормальных зрительных ориентиров (прозрачный цилиндр), ложных ориентиров (зеркальный цилиндр) и в отсутствии визуальных ориентиров (белый непрозрачный цилиндр). В каждом опыте рабочая особь, принадлежащая к *B. lucorum* complex, была накрыта цилиндром. Насекомое находилось на цветке, а окружающее его пространство было ограничено со всех сторон сбоку, сверху и свободно снизу. При помощи приложения «Компас» смартфона были зарегистрированы направления полета шмеля, при которых он сталкивался с поверхностью цилиндра. Характеристика включает в себя сторону света, азимут и направление движения (вверх или вниз) для выхода из цилиндра. В каждом из 3 опытов было исследовано поведение 35 особей. Эксперименты проводились 08.08.2024 и 11.08.2024 в окрестностях поселка Верх-Нейвинский Свердловской области. Результаты были обработаны статистически с использованием критерия χ^2 . Все расчеты выполнены в программе MS Excel 2010.

Находясь внутри прозрачного цилиндра, шмели могли видеть окружающее их пространство и, предположительно, выбирали то направление, которое было бы выбрано ими в отсутствие каких-либо препятствий. Более половины шмелей – 66%, выбрали одно направление, 20% насекомых – 2 направления, а 11% особей выбрали 3 направления. Большая часть шмелей предпочитали восточное и юго-восточное направления ($\chi^2=19.77$; $p = 0.006$). Также, в этом опыте шмель № 19 дважды выбрал в цилиндре один и тот же азимут – 94 градуса. Покинув цилиндр, он сел на цветок, расположенный по этому азимуту. Это согласуется с опытом (Lihoreau et al., 2012), в котором шмели продемонстрировали наличие у них маршрута между цветами.

В зеркальном цилиндре шмели были дезориентированы и летели вниз или вверх. Меньшая часть насекомых выбирали какое-либо направление прежде, чем покинуть цилиндр, всего 17%. Это не позволило проанализировать предпочтения в направлении полета. В опыте с белым цилиндром, в условиях отсутствия ориентиров шмели несколько чаще выбирали западное, юго-западное и юго-восточное направления, однако различия были недостоверны ($\chi^2=6.33$; $p > 0.05$). Они чаще выбирали направление по сравнению с насекомыми, находившимися в зеркальном цилиндре. Свой выбор сделали 71% шмелей.

Предпочтения шмелей в выборе направления полета внутри цилиндра отличаются в прозрачном, зеркальном и белом цилиндрах. Это связано как с отсутствием или присутствием визуальных ориентиров, так и с освещенностью внутри цилиндра. В условиях нормальной освещенности и наличия ориентиров шмели предпочитают восточное направление. В зеркальном цилиндре, в условиях ложных ориентиров шмели чаще не выбирают направление, а покидают цилиндр, вероятно, потому, что распознавали зеркальный цилиндр как темный из-за недостатка света или были дезориентированы ложными ориентирами, создаваемыми зеркальным цилиндром. В отсутствие визуальных ориентиров шмели несколько чаще выбирают западное, юго-западное и юго-восточное направления, однако в целом выбор направления был случайным. Также, при выборе направления полета вниз или вверх, шмели выбирают их в равной степени. Поведение комплекса видов *Bombus lucorum* (Hymenoptera: Apidae), в естественном местообитании было изучено впервые. Сведения об их этологии, как правило, получены в лабораторных условиях. Дальнейшие исследования предоставят больше информации о поведении шмелей в природе и обнаружить возможные различия в поведении видов из комплекса *Bombus lucorum*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Lihoreau M., Raine N.E., Reynolds A.M. et al. Radar Tracking and Motion-Sensitive Cameras on Flowers Reveal the Development of Pollinator Multi-Destination Routes over Large Spatial Scales // Plos Biology. 2012. Vol. 10(9). P. 1–13.

DOI: [10.5281/zenodo.14774859](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774859)

Изменчивость молочных зубов у большого (*Ursus kanivetz*) и малого (*Ursus rossicus*) пещерных медведей Урала

Д.Р. Камалова¹, Д.О. Гимранов²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Ursus kanivetz, Ursus rossicus, большой пещерный медведь, малый пещерный медведь, молочные зубы, изменчивость

Изучение молочных зубов хищных млекопитающих имеет продолжительную историю, которая начинается со второй половины 19 века. На сегодняшний день в отечественной литературе имеется большое количество публикаций, связанных с изменчивостью молочных зубов хищных млекопитающих (Барышников, Аверьянов, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996). Особое место в этих исследованиях занимают представители семейства Ursidae, по которым уже сделаны некоторые обобщения (Барышников, 2007; Барышников, Аверьянов, 1991).

В то же время, работы в которых рассматриваются изменчивость молочных зубов пещерных медведей немногочисленны. Имеются сведения о строении молочных зубов древних медведей населявших Западную Европу (Schlosser, 1909; Ehrenberg, 1923; Koby, 1952; Radulescu, Samson, 1959; Ehrenberg, 1964; Andrews, Turner, 1991; Debeljak, 1996).

В меньшей степени изучены молочные зубы пещерных медведей Урала. Единственные данные, характеризующие размеры и строение молочных зубов большого пещерного медведя *Ursus kanivetz* Verestchagin, 1973 с Урала (пещеры Игнатьевская и Аша 1), были опубликованы Н.Г. Смирновым с соавторами (Смирнов и др., 1990). Сборы и изучение молочных зубов были проведены П.А. Косинцевым, основные результаты этих работ представлены в его диссертации (Косинцев, 1991). Опубликованные данные по молочным зубам малого пещерного медведя *U. rossicus* Borissiak, 1930 в литературе отсутствуют.

Молочные зубы пещерных медведей характеризуются выраженной изменчивостью. Особый интерес для анализа представляет нижний молочный зуб dr_4 , как наиболее крупный и развитый, с четко выраженными структурами и многочисленными элементами (Pappa, Tsoukala, 2005). Изучение строения молочных зубов может дать важную эволюционную информацию, охарактеризовать биологию, физиологические и экологические особенности пещерных медведей (Pappa, 2014).

На сегодняшний день в музее Института экологии растений и животных УрО РАН накоплен обширный материал (более 3000 экз.) по молочным зубам большого (*U. kanivetz*) и малого (*U. rossicus*) пещерных медведей из разных местонахождений. **Цель работы:** изучение изменчивости молочных зубов *U. kanivetz* и *U. rossicus*. **Задачи:**

1. Провести измерение $dr4$ *U. kanivetz* и *U. rossicus*.
2. Описать морфологическую структуру $dr4$ пещерных медведей.
3. Найти и описать видодифференцирующие признаки на $dr4$.

Изучено 142 экземпляра молочных зубов $dr4$ *U. kanivetz* и *U. rossicus* из пещер Южного и Среднего Урала. Из пещеры Махневская ледяная (ИЭРиЖ №1629), которая расположена на Среднем Урале, изучено 10 зубов. Остальные пещеры расположены на Южном Урале. Из пещеры Иманай (ИЭРиЖ № 2284) было изучено 15 зубов, из пещеры Игнатъевская (ИЭРиЖ № 253) – 59 зубов, из пещеры Барсучий Дол (ИЭРиЖ № 1774) был изучен 21 зуб, из грота Жемчужный (ИЭРиЖ № 1100, № 543) было изучено 37 зубов. Все экземпляры зубов хранятся в музее Института экологии растений и животных УрО РАН.

Вышеперечисленные пещеры использовались пещерными медведями в качестве берлог в холодный период года. Эти местонахождения являются естественными кладбищами пещерных медведей и их отложения датируются поздним плейстоценом. Костные остатки малых пещерных медведей из пещер Махневская ледяная и Барсучий Дол датируются серединой позднего плейстоцена (МИС 5e) (Fadeeva et al., 2020; Kosintsev et al., 2022). Костные остатки пещерных медведей из пещер Иманай, Игнатъевская и грота Жемчужный датируются концом позднего плейстоцена (МИС 3) (Смирнов и др., 1990; Gimranov, Kosintsev, 2020).

Измерение коронок $dr4$ *U. kanivetz* и *U. rossicus* проводилось согласно предложенной схеме Г.Ф. Барышникова (Барышников, 2007). Изменялись общая длина зуба (L), длина талонида (Ltal), длина тригонида по буккальной стороне (Ltr), длина тригонида по лингвальной стороне (Ltr lin), ширина тригонида (Wm), ширина параконида (Wa), ширина талонида (Wp). Выполнено морфологическое описание коронки $dr4$ пещерных медведей с использованием названий элементов, предложенных Г.Ф. Барышниковым и А.О. Аверьяновым (1991), отмечены расположение каждого бугра, их количество, наличие или отсутствие гребней и цингулидов.

В результате проведенных исследований удалось установить, что $dr4$ *U. kanivetz* и *U. rossicus* различаются по длине и ширине параконида. На рисунке 1 показано, что *U. kanivetz* и *U. rossicus* образуют две области, имеющие зону перекрывания. Верхнюю часть рисунка занимает достаточно большая группа зубов, принадлежащая *U. kanivetz* (черный

цвет), в нижней правой части графика сгруппированы в одну область выборки зубов *U. rossicus* из разных местонахождений.

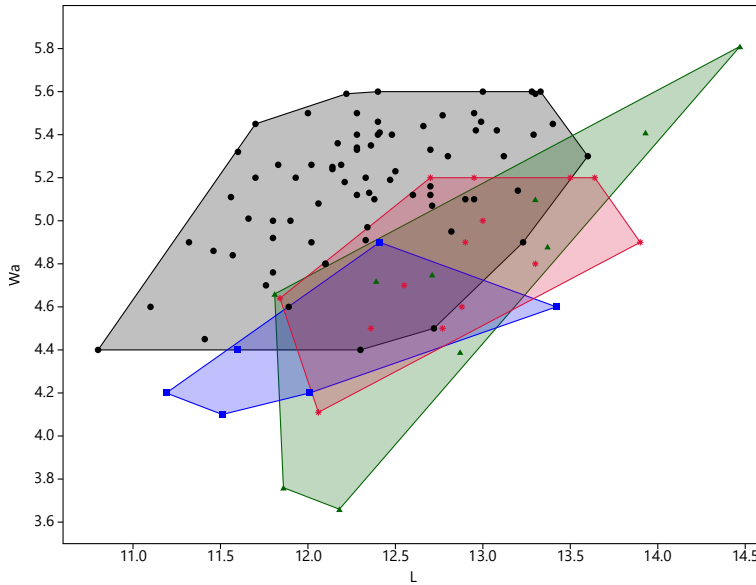


Рис. 1. Отношение длины (L) к ширине параконида (Wa) $dp4$ *U. rossicus* и *U. kanivetz* из разных местонахождений. *U. kanivetz* – выделен черным, *U. rossicus* – выделен красным, зеленым и синим.

Таким образом мы видим, что зубы *U. kanivetz* обладают более крупными размерами, в отличие от зубов *U. rossicus*, которые группируются близко друг к другу и имеют несколько меньшие размеры (рис. 1). Большинство средних значений размеров $dp4$ у *U. rossicus* меньше, в отличие от *U. kanivetz* (табл. 1).

На рисунке 2 показано, что *U. kanivetz* по длине и ширине тригонида имеет слабую изменчивость и этим отличается от *U. rossicus*, для которого характерна высокая степень варибельности длины и ширины тригонида $dp4$.

Также можно отметить, что *U. rossicus* из пещер Махневская ледяная и Барсучий Дол имеет наибольшие значения длины и ширины тригонида, самые низкие значения у *U. rossicus* из пещеры Иманай. Костные остатки *U. rossicus* из пещер Махневская ледяная и Барсучий Дол датируются началом позднего плейстоцена, а из пещеры Иманай концом позднего плейстоцена. Мы полагаем, что разница в размерах зубов связана с разным возрастом костных остатков. Все *U. rossicus* отличаются по длине и ширине тригонида от *U. kanivetz*, эти признаки могут быть диагностическими при разделении видов.

Табл. 1. Средние размеры др4 *U. kanivetz* и *U. rossicus* в изученных выборках

Таксон	Название местонахождения	N	Промеры						
			L	Ltr	Ltal	Ltr lin	Wa	Wm	Wp
<i>U. rossicus</i>	п. Иманай	15	12.02	8.06	4.21	7.84	4.46	4.45	6.22
<i>U. rossicus</i>	п. Махневская ледяная	10	12.89	8.40	4.49	8.33	4.71	4.60	6.40
<i>U. rossicus</i>	п. Барсучий Дол	21	12.88	8.22	4.66	8.00	4.83	4.49	6.42
<i>U. kanivetz</i>	грот Жемчужный	37	12.35	8.35	4.02	8.20	5.12	4.72	6.43
<i>U. kanivetz</i>	п. Игнатьевская	59	12.36	8.71	3.67	8.59	5.19	4.97	6.44
Общее по виду <i>U. rossicus</i>		46	12.56	8.24	4.37	8.15	4.59	4.52	6.30
Общее по виду <i>U. kanivetz</i>		96	12.43	8.55	3.89	8.41	5.11	4.82	6.43

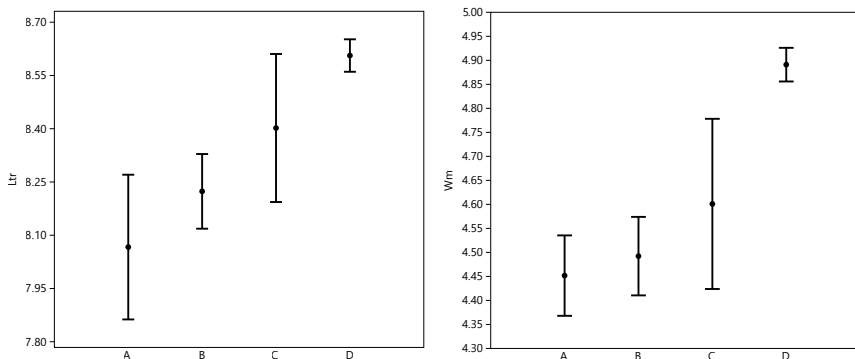


Рис. 2. Средние и лимиты значений длины (Ltr) и ширины (Wm) тригониды др4 *U. rossicus* и *U. kanivetz* из разных местонахождений. А – *U. rossicus* (пещера Иманай), В – *U. rossicus* (пещера Барсучий Дол), С – *U. rossicus* (пещера Махневская ледяная), D – *U. kanivetz* (пещера Игнатьевская и грот Жемчужный)

В результате проведенных исследований установлены и описаны морфологические признаки на др4. Отмечено, что параконид имеет два положения: первое – он отклоняется от центральной оси зуба, второе – он занимает центральную позицию. Установлено, что параконид и метаконид у пещерных медведей могут быть выраженными и крупными и, напротив, невыраженными, иметь небольшой размер. Также выявлена вариация переднего бугра гипокониды – он может присутствовать или отсутствовать. Установлено, что цингулид гипокониды имеет 4 степени выраженности: большой, маленький, представлен в виде стилида или отсутствует.

В результате анализа частоты встречаемости выделенных признаков установлено, что *U. rossicus* отличается от *U. kanivetz* расположением параконида. У первого он занимает центральное положение (55%), у второго он отклоняется от центральной оси зуба (98%). Параконид у *U. rossicus* крупный и выраженный (85%), в отличие от *U. kanivetz*, у которого он маленький и невыраженный (74%).

Цингулид гипоконида у *U. rossicus* короткий, небольшой (60%), в то время как у *U. kanivetz* он представлен в виде стилида (78%). У *U. kanivetz* имеется крупный метаконид (73%), у *U. rossicus* он небольшой (63%). Передний бугорок гипоконида отсутствует у *U. rossicus* (96%), в отличие от *U. kanivetz*, у которого этот признак встречается (42%).

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований установлено, что по размерам $dp4$ *U. rossicus* отличается от *U. kanivetz*, а именно по общей длине зуба и ширине параконида. Согласно полученным данным также $dp4$ *U. rossicus* имеет широкую изменчивость размеров длины и ширины тригонида, в отличие от *U. kanivetz*, у которого изменчивость этого признака крайне низкая. Это связано с тем, что выборки по малому пещерному медведю разновременные.

На основе морфологических данных установлены 5 видодифференцирующих признаков $dp4$. Данные признаки связаны с развитием параконида, метаконида и цингулидов. Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что у *U. kanivetz* молочные зубы в целом крупные и более усложнены дополнительными элементами, в отличие от *U. rossicus*.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность к.б.н. П.А. Косинцеву с.н.с. лаборатории палеоэкологии за предоставленный материал по большому пещерному медведю и обсуждение результатов, а также директору музея Н.Г. Ерохину за предоставленную возможность работы с палеозоологическими коллекциями.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00147 («Пещерные медведи: таксономия, биология и взаимоотношение с человеком»), <https://rscf.ru/project/24-24-00147/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О. Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть I. Семейство Mustelidae // Труды Зоологического института АН СССР. 1990. Т. 212. С. 73–119.

- Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О.* Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть II. Семейство Ursidae // Труды Зоологического института АН СССР. 1991 (1992). Т. 212. С. 68–99.
- Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О.* Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть III. Семейство Procyonidae // Труды Зоологического института РАН. 1992. Т. 246. С. 103–128.
- Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О.* Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть IV. Семейство Amphicyonidae и Canidae // Труды Зоологического института РАН. 1993 (1994). Т. 249. С. 158–197.
- Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О.* Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть V. Семейство Protelidae и Nyuonidae // Труды Зоологического института РАН. 1995. Т. 263. С. 46–84.
- Барышников Г.Ф., Аверьянов А.О.* Молочные зубы хищных млекопитающих (отряд Carnivora). Часть VI. Семейство Viverridae и Herpestidae // Труды Зоологического института РАН. 1996. Т. 270. С. 66–147.
- Барышников Г.Ф.* Семейство медвежьих (Carnivora, Ursidae). СПб.: Наука, 2007. 542 с.
- Смирнов Н.Г., Большаков В.Н., Косинцев П.А., Панова Н.К.* и др. Историческая экология животных Южного Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 217 с.
- Косинцев П.А.* Крупные млекопитающие Урала в позднем плейстоцене и голоцене. Дисс. ... к.б.н. Свердловск. 1991. 243 с.
- Andrews P., Turner A.* Life and death of the Westbury bears // *Annales Zoologici Fennici*. Finnish Zoological Publishing Board. 1991. P. 139–149.
- Debeljak I.* Ontogenetic development of dentition in the cave bear // *Geologija*. 1996. Vol. 39. № 1. P. 13–77.
- Ehrenberg K.* Über die ontogenetische Entwicklung des Höhlenbären: Die frühesten Entwicklungsstadien und Fortpflanzungs-verhältnisse // *Palaeontologische Zeitschrift*. 1923. Vol. 5. P. 239–245.
- Ehrenberg K.* Ein Jungbärenskelett und andere Höhlenbärenreste aus der Bärenhöhle im Hartlesgraben bei Hieflau (Steiermark) // *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*. 1964. Vol. 67. P. 189–252.
- Fadeeva T., Kosintsev P., Lapteva E.* et al. Makhnevskaya Ledyanaya cave (middle Urals, Russia): biostratigraphical reconstruction // *Quaternary International*. 2020. Vol. 546. P. 135–151.
- Gimranov D.O., Kosintsev P.A.* Quaternary large mammals from the Imanay Cave // *Quaternary International*. 2020. Vol. 546. P. 125–134.
- Koby F.E.* La dentition lactérale d' *Ursus spelaeus* // *Verlag nicht ermittelbar*. 1952. Vol. 59. № 27. P. 511–541.

- Kosintsev P., Yakovlev A., Plasteeva N., Gimranov D.* Mammalian fauna of the Late Pleistocene from the Barsuchiy Dol cave (Southern Urals) // Russian Journal of Theroilogy. 2022. Vol. 21. № 2. P. 180–191.
- Pappa S., Tsoukala E., Lazaridis G., Rabeder G.* Milk teeth of Quaternary carnivores from Northern Greek Caves // Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss. 2005. Vol. 45. P. 169–182.
- Pappa S.* The Study of Cave Bear Milk Teeth from Krizna Jama Cave, Slovenia // Mitt. Komm. Quartarforsch. Osterr. Akad. Wiss. 2014. Vol. 21. P. 65–74.
- Radulescu C., Samson P.* Contribution à la Connaissance de la Dentition lactéale d'*Ursus spelaeus* // E&G Quaternary Science Journal. 1959. Vol. 10(1). P. 205–216.
- Schlosser M., Birkner F., Obermaier H.* Die Bären-oder Tischoferhöhle im Kaisertal bei Kufstein // Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften. 1909. Vol. 24. P. 387–506.

DOI: [10.5281/zenodo.14774934](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774934)

Оценка состояния популяций рододендрона жёлтого (*Rhododendron luteum* Sweet), приуроченных к растительным сообществам субтропического пояса Кавказа

Г.А. Кащенко^{1,2}, В.Е. Василенкова¹

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА, г. Москва

²ФИЦ Почвенный институт РАН, г. Москва

Ключевые слова: широколиственные леса

На протяжении последних десятилетий, субтропический растительный пояс Кавказа, представленный более чем 1255 видами флоры (немалое их количество занесено в Красную Книгу Российской Федерации), подвергается значительному влиянию со стороны происходящих климатических изменений, что приводит к нарушению стабильности целых экосистем (Litvinskaya, Murtazaliev, 2015). Ежегодно среднегодовые температуры в субтропической зоне региона повышаются на ~0.6°C, количество осадков увеличивается на ~24 мм, что имеет негативные последствия для видов, обладающих низкой толерантностью к изменяющимся условиям (Яицкая и др., 2023).

Род *Rhododendron* L., представленный на Кавказе 4 видами как вечнозелёных, так и листопадных кустарников, играет немаловажную роль в формировании и составе целого ряда фитоценозов. Так, условия среды, возникающие под пологом рододендрона кавказского *Rhododendron caucasicum* Pall. (более низкие значения среднесуточных температур и поступающей инсоляции) в альпийском и субальпийском поясах, способствуют росту древесных форм растительности, что при иных обстоятельствах было бы крайне маловероятным процессом (Akhalkatsi, 2006). В отличие от вечнозелёных видов, страдающих ввиду зимней засухи и повышенного уровня инсоляции, листопадные виды, к числу которых относится рододендрон жёлтый *Rhododendron luteum* Sweet, обладают более широким диапазоном условий произрастания, испытывая меньшее давление со стороны климатических изменений. На сегодняшний день не существует полноценного описания экологии рододендрона жёлтого. Данный факт затрудняет дальнейшие исследования, связанные с прогнозированием конкурентных взаимоотношений уязвимых видов, играющих немаловажную функцию в структуре фитоценозов.

Обследование популяций производилось на территории Туапсинского и Лазаревского районов Краснодарского края (рис. 1). Фитоценозы, где был обнаружен рододендрон жёлтый, оценивались по двум основным параметрам, задетектированным при первостепенном обследовании участка, – количеству особей и их состоянию (наличие механических и немеханических повреждений, проявление заболеваний, связанных как с биогенными, так и абиогенными факторами). Таким образом, выделялись три состояния популяций – наиболее оптимальное, промежуточное и угнетённое. Описания древостоя и травяно-кустарничкового яруса производилось по методике, изложенной В.С. Ипатовым и Д.М. Мириным (2008). Всего, на 5 участках, описано 8 пробных площадок (160 учётных площадок). Описания производились попарно (за исключением двух участков, где, как предполагается, происходит лишь первичная сукцессия вида).

Почвенные разрезы закладывались в центре и, в отдельных случаях, на периферии пятен доминирования. Практически между всеми площадками наблюдались различия на уровне типов почв. Так, для площадок № 1, 2 и 3 характерны желтоземы, сменяемые на площадке № 4 буроземом. Пробные площади № 5, 6 представлены литоземом, № 7, 8 – аллювиальной почвой.

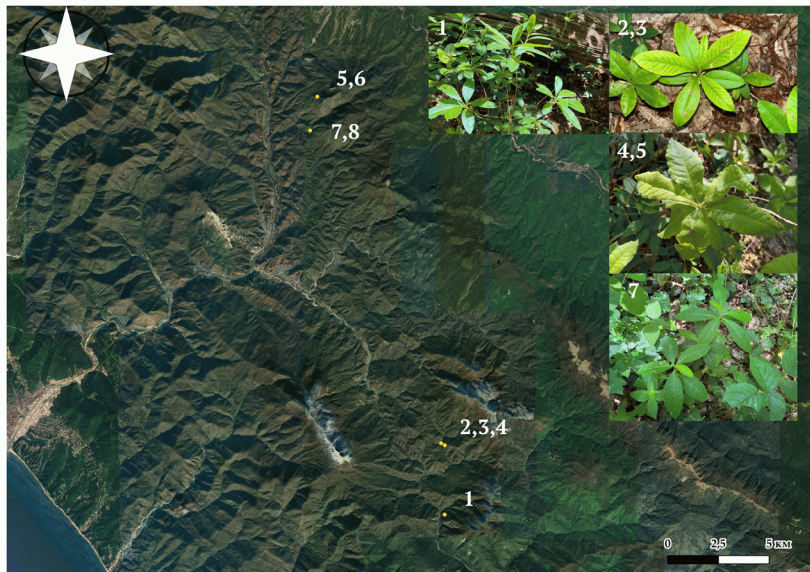


Рис. 1. География обследуемых фитоценозов и состояние рододендрона желтого по точкам. 1 – буковый лес; 2, 3 – грабовый лес; 4 – каштановый лес; 5, 6 – каштановый лес с примесью дуба; 7, 8 – кленовый лес.

Практически на всех площадках растения имели какие-либо проявления негативного воздействия как биотических, так и абиотических факторов, за исключением площадок № 1 и № 7, 8 (в случае последних нами было обнаружено лишь 5 особей, высота которых не превышала 20 см). Растения, обладая достаточно низкой плотностью произрастания, располагаясь на относительно освещённых площадях (в этих случаях наблюдается практически полная сомкнутость крон) с, вероятно, некоторым избытком почвенной влаги (на площадке №1 почва имела явные признаки оглеения, площадки № 7, 8 располагались в пределах р. Скакуха) не имели никаких признаков угнетённого состояния.

Примерно такая же картина наблюдалась на площадках № 2, 3. Однако здесь почвенный профиль содержал значительное количество включений обломочного материала почвообразующей породы (с большой вероятностью привнесённых с верхней части склона), что явно дает рододендрону конкурентное преимущество ввиду наличия поверхностной корневой системы и его способности произрастать на крутосклонных элементах рельефа (действительно, каких-либо иных представителей флоры здесь практически не наблюдалось). Кустарники здесь не имели внешних повреждений вегетативных органов, однако страдали от хлороза.

Достаточно интересная картина наблюдается на площадке № 5, 6 (г. Индюк), где было заметно разграничение между отдельными растениями разного возраста в высоте, поскольку взрослые кустарники формировали достаточно плотный полог над порослью. Существует некоторая вероятность эффекта, наблюдаемого в случае альпийских сообществ. Особи, находящиеся под пологом, имели целые листовые пластинки, однако были заметны признаки проявления хлороза (причиной этого может служить наличие профиля литозёма мощностью 12 см).

Обратная же картина наблюдалась у крупных кустарников, обладающих не только признаками проявления хлороза, но и деформированной вегетативной поверхностью. Данная особенность была отмечена и на других площадках для различных древесных форм. Также весьма примечательной оказалась площадка №4, расположенная в пределах каштанового леса с подлеском лещины обыкновенной *Corylus avellana* L., откуда, как предполагается, рододендрон мог быть вытеснен ежевикой ползучей *Rubus serpens* Weihe ex Lej. & Courtois, поскольку лишь на периферийной его части, при переходе на склон, были отмечены единичные особи рододендрона. В пределах данной площадки почвенный профиль достигал отметки в 67 см, что оказалось самым большим значением относительно всех других профилей.

Таким образом, основными лимитирующими факторами, как и в случае других представителей из вышеупомянутого таксона, выступают избыточное освещение и сезонная нехватка влаги, сопровождающаяся повреждением вегетативных органов ещё в процессе весеннего роста. Несмотря на плохое состояние отдельных популяций, рододендрон жёлтый способен формировать относительно устойчивые пятна доминирования, успешно возобновляясь за счет вегетативного размножения. Помимо этого, мы предполагаем, что рододендрон жёлтый так же способствует возобновлению и сохранению древостоя в условиях его разреженности – граба обыкновенного *Carpinus betulus* L., каштана посевного *Castanea sativa* Mill., дуба грузинского *Quercus imeretina* Steven ex Woronow и т.д., ввиду внушительного количества подлеска, встреченного под пологом кустарников на большинстве площадок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ипатов В.С., Мурип Д.М.* Описание фитоценоза: Методические рекомендации. СПб.: СПбГУ, 2008. С. 14–22.
- Яицкая Н.А., Дзаганя Л.М., Бризида В.С.* Геоэкологические опасности в условиях климатических изменений территорий субтропической зоны Кавказа // Геология и геофизика юга России: сборник научно-практических работ. 2023. Т. 13. № 2. С. 118–123.
- Akhalkatsi M., Abdaladze O., Nakhutsrishvili G., Smith W.K.* Facilitation of seedling microsites by *Rhododendron caucasicum* extends the *Betula litwinowii* alpine treeline, Caucasus Mountains, Republic of Georgia // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2006. Vol. 38. №. 4. P. 481–488.
- Litvinskaya S., Murtazaliev R.* Vegetation diversity of the Russian part of the Caucasus in the era of climate change // Climate change impacts on high-altitude ecosystems. Heidelberg: Springer, 2015. P. 523–544.

DOI: [10.5281/zenodo.14774997](https://doi.org/10.5281/zenodo.14774997)

Пещерный лев *Panthera spelaea* ex gr. *fossilis-spelaea* из позднплейстоценовых отложений пещеры Иманай (Южный Урал)

Ф.И. Климова¹, Д.О. Гимранов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: пещерный лев, поздний плейстоцен, Южный Урал

Пещерный лев *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) – один из самых широко распространённых хищников Европы и Сибири позднего плейстоцена (Верещагин, 1971). Одним из самых крупных представителей рода *Panthera* (Oken, 1816) является *P. s. fossilis* (Reichenau, 1906) или гигантский степной лев. *P. s. fossilis* был широко распространён на территории южной и центральной Европы. Однако в Азии *P. s. fossilis* встречался редко. Таким образом находки *P. s. fossilis* из Урала и Сибири представляют особый научный интерес для исследований. Многие авторы утверждают, что *P. s. fossilis* был широко распространён в период среднего плейстоцена (800–150 тысяч лет назад), где постепенно был вытеснен *P. s. spelaea* (Goldfuss, 1810), который обитал в основном в позднем плейстоцене (150–12 тысяч лет назад (Argant, 2010; Marciszak et al., 2014; Prat-Vericat et al., 2022). Филогенетическое положение и таксономия ископаемых львов зачастую основываются на результатах исследования морфологии зубов и черепа (Argant 1988, 1991; Sotnikova, Nikolskiy 2006; Marciszak, Stefaniak 2010, Sabol 2014; Sotnikova, Fagonova, 2014). Некоторые авторы для таксономического анализа используют посткраниальный скелет (Barycka, 2008; Prat-Vericat et al., 2022; Marciszak et al., 2019, 2021, 2023). Однако, в этих работах мало внимания уделяется изучению дистальных отделов конечностей.

Пещера Иманай, открытая в 2009 году, расположена на южном Урале в междуречье рек Белая и Нигуш (Котов и др., 2020). Это пещера туннельного типа, где ход длиной 70 метров заканчивается дальним залом, в котором обнаружены многочисленные фрагменты костных остатков позвоночных животных. Среди них обнаружено 715 костей пещерного льва, принадлежавших 11 особям (Гимранов и др., 2018). В том числе большое количество костей дистального отдела конечностей хорошей сохранности. Радиоуглеродное датирование костных остатков пещерного льва показало возраст 45–35 тысяч лет назад (Gimranov, Kosintsev, 2020).

Цель исследования: изучение размеров костей дистальных отделов конечностей пещерного льва из пещеры Иманай.

В связи с поставленной целью, были сформулированы следующие задачи:

1. Сбор и каталогизация костных остатков пещерных львов.
2. Измерение костей дистального отдела пещерных львов.
3. Проведение сравнительного анализа размеров костей пещерного льва из Иманая с другими подвидами пещерных львов.

Данное исследование включает 21 кость дистального отдела конечностей: пяточная кость (*calcaneus*) – 4 экз.; таранная кость (*talus*) – 2 экз.; пястные кости (*metacarpus*) – 9 экз.; плюсневые кости (*metatarsus*) – 6 экз. Измерение проводилось с помощью штангенциркуля (точность 0.01 мм), в соответствии со схемами промеров, предложенными ранее (Argant, 2010; Marciszak, 2019). Данные о размерах костей дистального отдела конечностей были взяты из опубликованной литературы (Baryshnikov, 2016; Prat-Vericat, 2022; Marciszak, 2021, 2023). В данной литературе представлен материал из 72 местонахождений Европы и 13 местонахождений Азии.

Несмотря на то, что посткраниальный скелет редко используется в таксономических исследованиях, межвидовые различия отмечались авторами в размерах ранее. *P. s. fossilis* отличается крупными размерами таранной, пяточной кости и крупными проксимальными эпифизами метаподиальных костей (Barycka, 2008; Marciszak et al, 2021). В результате проведенного сравнительного анализа костей пещерных львов из Иманая с другими подвидами пещерных львов мы установили, что пещерные львы из Иманая отличаются от *P. s. spelaea* и *P. s. fossilis* по средним размерам метаподиальных костей (см. табл. 1). Пещерный лев из Иманая значимо ($p = 0.002$) отличается от *P. s. spelaea* и *P. s. fossilis* в размерах длины пяточной и таранной кости. Средние размеры проксимального эпифиза метаподиальных костей пещерных львов из Иманая значимо отличаются от *P. s. spelaea* и *P. s. fossilis* по ширине (*metacarpus* 2: $p = 0.02$; *metatarsus* 3: $p = 0.0001$) и глубине (*metacarpus* 2: $p = 0.001$; *metatarsus* 3: $p = 0.002$).

Таким образом, мы установили, что пещерный лев из Иманая по размерам костей дистальных отделов конечностей значительно отличается от позднплейстоценового пещерного льва *P. s. spelaea*, во многом превосходя последнего. Также мы обнаружили, что пещерный лев из Иманая по некоторым размерам костей дистальных отделов конечностей превосходит крупного среднплейстоценового льва *P. s. fossilis*. На данный момент мы определяем костные останки пещерного льва из пещеры Иманай как *P. s. ex gr. fossilis-spelaea*.

Табл. 1. Средние размеры костей дистального отдела конечностей пещерных львов, мм

Наименование кости	Аббревиатура	Название подвида			Значимое отличие по критерию Краске-Уоллиса
		<i>P. s. fossilis</i>	<i>P. s. spelaea</i>	<i>P. s. ex gr. fossilis</i> из Иманая	
Metacarpus 2	pL	35.6	33.9	38.4	0.001*
	pB	26.8	25.9	34.4	0.02*
	n	8	64	5	
Metatarsus 3	pL	45.9	39.9	43.5	0.002*
	pB	34.4	30.4	32.0	0.0001*
	n	7	51	6	
Metacarpus 4	pL	31.9	28.6	35.3	0.8
	pB	26.7	26.0	28.6	0.5
	n	10	64	4	
Calcaneus	L	142.5	131.3	139.5	0.002*
	B	65.3	59.4	62.5	0.08
	n	18	75	4	
Talus	L	72.2	68.4	71.1	0.02*
	B	64.6	60.7	64.1	0.06
	n	27	55	2	

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность Н.Г. Ерохину и сотрудникам Музея ИЭРиЖ УрО РАН за предоставленные коллекции. П.А. Косинцеву и коллективу лаборатории палеоэкологии (ИЭРиЖ, г. Екатеринбург) за обсуждение, консультации и ценные советы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Верещагин Н.К.* Пещерный лев и его история в Голарктике и в пределах СССР // Труды Зоологического института АН СССР. 1971. Т. 69. С. 123–198.
- Гимранов Д.О., Котов В.Г., Румянцев М.М.* и др. Крупнейшее в Евразии захоронение ископаемых львов (Carnivora, Felidae, *Panthera (Leo) ex gr. fossilis-spelaea*) // Доклады Академии наук. 2018. Т. 482. № 2. С. 234–237.
- Котов В.Г., Румянцев М.М., Гимранов Д.О.* Стоянка среднего палеолита в пещере Иманай-1 на Южном Урале: предварительные итоги археологических исследований // Oriental Studies. 2020. Т. 13. № 5. С. 1271–1291.

- Argant A. Etude de l'exemplaire de *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) (Mammalia, Carnivora, Felidae) du gisement Pleistocene moyen recent de la grotte d'Aze (Saone et Loire) // Revue de Paléobiologie. 1988. Vol. 7. № 2. P. 449–466.
- Argant A. Carnivores quaternaires de Bourgogne // Travaux et Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon. 1991. Vol. 115. № 1. P. 3–301.
- Argant A. Carnivores (Canidae, Felidae et Ursidae) de Romain-la-Roche (Dobbs, France) // Revue de Paléobiologie. 2010. Vol. 29. № 2. P. 495–601.
- Barycka E. Middle and Late Pleistocene Felidae and Hyaenidae of Poland // Fauna Poloni. New Ser. 2008. Vol. 2. P. 1–228.
- Baryshnikov G.F. Late Pleistocene Felidae remains (Mammalia, Carnivora) from Geographical Society Cave in the Russian Far East // Proceedings Zoological Institute RAS. 2016. Vol. 320. № 1. P. 84–120.
- Gimranov D., Kosintsev P. Quaternary large mammals from the Imanay Cave // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 125–134.
- Marciszak A., Stefaniak F. Two forms of cave lion: Middle Pleistocene *Panthera spelaea fossilis* REICHENAU, 1906 and Upper Pleistocene *Panthera spelaea spelaea* GOLDFUSS, 1810 from the Bisnik Cave, Poland // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen. 2010. Vol. 258. № 3. P. 339–351.
- Marciszak A., Schouwenburg C., Darga R. Decreasing size process in the cave (Pleistocene) lion *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) evolution – A review // Quaternary International. 2014. Vol. 339. P. 245–257.
- Marciszak A., Schouwenburg C., Gornig W. et al. Morphometric comparison of *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) from Poland with the lion remains from Eurasia over the last 700 ka // Quaternary Science Reviews. 2019. Vol. 223. № 105950. P. 1–17.
- Marciszak A., Lipecki G., Pawłowska K. et al. The Pleistocene lion *Panthera spelaea* (Goldfuss, 1810) from Poland—a review // Quaternary International. 2021. Vol. 605. P. 213–240.
- Marciszak A., Kropczyk A., Gornig W. et al. History of Polish Canidae (Carnivora, Mammalia) and their biochronological implications on the Eurasian background // Genes. 2023. Vol. 14(3). № 539. P. 1–27.
- Prat-Vericat M., Marcişzak A., Rufi I. et al. Middle Pleistocene steppe lion remains from grotte de la Carrière (Têt Valley, Eastern Pyrenees) // Journal of Mammalian Evolution. 2022. Vol. 29. № 3. P. 547–569.
- Sabol M. *Panthera fossilis* (REICHENAU, 1906) (Felidae, Carnivora) from Za H jovnou Cave (Moravia, the Czech Republic): a fossil record from 1987–2007 // Acta Musei Nationalis Pragae, Series B-Historia Naturalis. 2014. Vol. 70. P. 59–70.
- Sotnikova M., Nikolsiy P. Systematic position of the cave lion *Panthera spelaea* (Goldfuss) based on cranial and dental characters // Quaternary International. 2006. Vol. 142. P. 218–228.

Sotnikova M. V., Foronova I. V. First Asian record of *Panthera (Leo) fossilis* (Mammalia, Carnivora, Felidae) in the early Pleistocene of western Siberia, Russia // Integrative Zoology. 2014. Vol. 9. № 4. P. 517–530.

DOI: [10.5281/zenodo.14775030](https://doi.org/10.5281/zenodo.14775030)

Морфологические адаптации к водной среде в эволюции исполинских саламандр (Cryptobranchidae)

В.В. Колчанов

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: морфология, эволюция, саламандры, криптобранхиды

Исполинские саламандры или криптобранхиды (Cryptobranchidae) – это группа примитивных водных неотенических саламандр крупных размеров. Представители данной группы известны, как минимум, с конца мелового периода (Jones et al., 2022). Наиболее древним, известным на данный момент, представителем криптобранхид является *Eoscapherpeton* из позднего мела Узбекистана. Род *Eoscapherpeton* является наиболее многочисленным по числу находок, его представители доминировали в фаунах позвоночных сеномана-кампака Средней Азии и Казахстана (Skutschas, 2013). Большое количество материала, в том числе и нескольких фрагментарных черепов, относимого к представителям данного рода позволило, с использованием микротомографических методов, реконструировать череп типового вида *Eoscapherpeton asiaticum* Nesov, 1981 и сравнить его строение с более продвинутыми представителями криптобранхид: *Aviturus exsecratus* Gubin, 1991 из позднего палеоцена Монголии и современными исполинскими саламандрами родов *Andrias* и *Cryptobranchus*. Кроме того, было проведено сравнение морфологии черепа *E. asiaticum* с более примитивными базальными саламандрами (*Marmorerpeton*, *Chunerpeton*), а также с современными представителями сестринской для криптобранхид группы углозубовых (Hynobiidae).

В результате сравнения морфологии черепов ископаемых и современных представителей криптобранхид, современных углозубовых и базальных саламандр был выявлен ряд отличий, вероятнее всего связанных с приобретением криптобранхидами в эволюции крупных размеров тела с одновременным сохранением неотенического состояния. В частности, в строении черепа *E. asiaticum* присутствуют признаки, характерные для базальных саламандр или же встречающиеся у личиночных стадий углозубовых (сходные общие пропорции черепа, наличие слезной кости и крупного переднего короноида). В то же время, у продвинутых представителей криптобранхид (включая *A. exsecratus* и современных представителей), в сравнении с примитивным *Eoscapherpeton*, череп значительно уплощен, изменено положение и строение челюстного сустава, а также развиваются дополнительные

боковые отростки на орбитосфеноиде, защищающие крупные нервы данной области от воздействия увеличенной мускулатуры челюстей. Кроме того, у более продвинутых представителей появилась способность к характерному для современных криптобранхид асимметричному захвату добычи.

Таким образом, эволюция криптобранхид вероятнее всего была связана с приобретением крупных размеров тела при сохранении неотенического состояния, что привело к развитию адаптаций (таких как уплощение черепа и появление сложного механизма всасывающего питания), позволяющих поддерживать менее энергоемкий образ жизни крупного водного засадного хищника, характерный для современных представителей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 23-24-00098; <https://rscf.ru/project/23-24-00098/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Jones M., Benson R., Skutschas P.P.* et al. Middle Jurassic fossils document an early stage in salamander evolution // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2022. Vol. 119(30). № e2114100119. P. 1–12.
- Skutschas P.P.* Mesozoic salamanders and albanerpetontids of Middle Asia, Kazakhstan, and Siberia // *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. 2013. Vol. 93. № 4. P. 441–457.

DOI: [10.5281/zenodo.14775088](https://doi.org/10.5281/zenodo.14775088)

Особенности фауны жуков-долгоносиков (Coleoptera: Curculionoidea) г. Каменск-Уральский (Свердловская область)

Е.В. Комиссаров, С.В. Дедюхин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

Ключевые слова: долгоносики, Curculionoidea, Каменск-Уральский

Долгоносикообразные жуки (Curculionoidea) – самая разнообразная группа растительноядных жуков. Благодаря этому они могут служить одной из модельных групп при оценке уровня биоразнообразия и трансформации среды (Дедюхин, 2012).

Город Каменск-Уральский (56.42 с. ш.; 61.92 в. д.) расположен на севере лесостепи Зауралья. Гидрологическая сеть представлена реками Исеть и Каменка. Их каньонообразные долины пересекают известняковые скальные массивы («камни») с реликтовыми сообществами петрофитностепной и скальной растительности (Капустин, Корнев, 2006).

Состав фауны долгоносиков Свердловской области выявлен фрагментарно (Ермаков, 2002; Богачева и др., 2009; Сапронов, 2009; Легалов, Пархачев, 2012, Legalov, 2020). До наших работ изучение этой группы в г. Каменске-Уральском не проводилось. Первые сведения о долгоносиках этой территории содержатся в статье Дедюхина (2023), в которой освещены интересные находки здесь нескольких видов.

Цель работы: установить состав и выявить особенности фауны надсемейства Curculionoidea г. Каменска-Уральского (далее ЛФ «Каменск-Уральский»).

Исследования проводили маршрутным методом в июне 2022 и 2023 годов на трансектах, включающих ряд памятников природы (Три Пещеры, Мартюшева гряда, скалы Богатырёк, Филин, Раструс, Семь Братьев), Разгуляевский лесопарк, а также улицы города. Методами сбора были энтомологическое кошение и стряхивание жуков в сачок с растений. Всего собрано 1700 экземпляров долгоносиков.

Анализ проводился в сравнении со структурой фауны природного парка «Бажовские места» (Комиссаров, 2022), расположенного в 70 км западнее на той же широте в лесных ландшафтах восточного макросклона Среднего Урала.

В ходе работы был зарегистрирован 141 вид из 4 семейств: 107 видов Curculionidae, 28 видов Brentidae, 5 видов Attelabidae и 1 вид Anthribidae. 70 видов впервые отмечены в Свердловской области. В зоогеографическом плане специфические черты фауны проявляются

в присутствии здесь вблизи восточных границ ареалов 7 западнопалеарктических видов. Значительное число таких видов (10) отмечено и в ЛФ «Бажовские места». Это согласуется с взглядами, что Средний Урал не является первостепенным зоогеографическим барьером для видов европейской фауны.

В зонально-ландшафтном отношении фауна носит выраженные лесостепные черты, обусловленные в первую очередь спецификой рельефа и почвообразующих пород данной местности (ближайший ее аналог – фауна Кунгурской островной лесостепи в Предуралье (Дедюхин, 2011)), что отражается, в высокой концентрации здесь на северных границах ареалов южнотемператных (33 вида, 23%) и степных видов (23, 16%). Показательно, что в лесной ЛФ «Бажовские места» степные виды практически отсутствуют.

По широте трофического спектра в фауне ЛФ преобладают узкоспециализированные виды – узкие олигофаги (38%) и монофаги (21%). К широким олигофагам относится 24% видов, полифагов – 18%. Долгоносики здесь связаны с растениями из 33 семейств. Наиболее богатые группы присутствуют на Fabaceae (44 вида), Asteraceae (11) и Brassicaceae (11), что также характерно для лесостепных фаун (Дедюхин, 2016).

По биотопической преферендуму в ЛФ лидирующее положение занимают пионерная (29%) (что отражает повышенную степень трансформации фауны в городской среде) и луговая (28%) группы. Главная особенность этой ЛФ – наличие большого числа видов, связанных с разнотравными и петрофитными степями (20%). Напротив группа лесных видов здесь значительно обеднена (14%), особенно в сравнении с ЛФ «Бажовские места» (30%). Хортобионты занимают почти 4/5 фауны (79%), при незначительном участии дендробионтов (11%), что также резко отличает эту фауну от ЛФ «Бажовские места», где на хортобионтов приходится лишь 54%. О кардинальных различиях между ЛФ «Каменск-Уральский» и «Бажовские места» свидетельствует и очень низкий коэффициент Жаккара между ними (0.36), что соответствует разнице между разными зональными фаунами.

Таким образом, ЛФ «Каменск-Уральский» характеризуется высоким уровнем видового богатства долгоносиков (141 вид из 4 семейств) и значительным своеобразием. Важнейшие ее особенности: большая доля степных видов и резкое превалирование хортобионтов (почти 80%) над обитателями древесного яруса. В целом фауна относится к лесостепному типу с большим числом редких и реликтовых видов. Наши данные подчеркивают важное природоохранное значение ООПТ, расположенных в черте г. Каменск-Уральский, для сохранения эталонных природных комплексов региона.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Д.В. Батуеву (УдГУ, Ижевск) за участие в сборе материала. Работа выполнена в рамках Госзадания Министерства науки и высшего образования РФ № FEWS-2024-0011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богачева И.А., Замшина Г.А., Сапронов В.В.* Долгоносикообразные жесткокрылые (Coleoptera, Curculionoidea) на лиственных деревьях и кустарниках в г. Екатеринбурге // Вестник ЧГПУ. 2009. № 9. С. 309–322.
- Дедюхин С.В.* Особенности фауны жуков-фитофагов (Coleoptera, Chrysomeloidea, Curculionoidea) северной части островной Кунгурской лесостепи // Бюллетень МОИП. 2011. Вып. 2. С. 20–28.
- Дедюхин С.В.* Долгоносикообразные жесткокрылые (Coleoptera, Curculionoidea) Вятско-Камского междуречья: фауна, распространение, экология. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 340 с.
- Дедюхин С.В.* Зональная дифференциация фауны растительноядных жуков (Coleoptera: Chrysomeloidea, Curculionoidea) на востоке Русской равнины // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 15. № 2. С. 164–182.
- Дедюхин С.В.* Интересные находки долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionoidea) на Среднем Урале и в Западной Сибири // Евразийский энтомологический журнал. 2023. Т. 22. № 6. С. 304–308.
- Ермаков А.И.* Эколого-фаунистический обзор долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionoidea) североуральского горного массива Денежкин Камень // Евразийский энтомологический журнал. 2002. Т. 1. № 2. С. 229–234.
- Капустин В.Г., Корнев И.Н.* География Свердловской области. Учебное пособие. Екатеринбург: СОКРАТ, 2006. 400 с.
- Комиссаров Е.В.* Особенности фауны жуков-долгоносиков природного парка «Бажовские места» (Свердловская область) // Материалы I Всерос. итоговой студ. науч. конф. Ижевск: Удмуртский университет, 2022. С. 44–45.
- Легалов А.А., Пархачёв А.А.* Первые находки двух азиатских долгоносиков (Coleoptera, Curculionidae) на Среднем Урале // Евразийский энтомологический журнал. 2012. Т. 11. № 5. С. 410–411.
- Сапронов В.В.* Дендробионтные долгоносики (Coleoptera, Curculionidae) Среднего Урала // Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической Академии. 2009. № 187. С. 278–285.
- Legalov A.A.* Revised checklist of weevils (Coleoptera: Curculionoidea excluding Scolytidae and Platypodidae) from Siberia and the Russian Far East // Acta Biologica Sibirica. 2020. Vol. 6. P. 437–549.

Анализ морфологической изменчивости обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа методами геометрической морфометрии

А.А. Коноплина^{1,2}, Ю.В. Городилова¹

¹Институт экологии растений и животных УРО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Восточно-Уральский радиоактивный след, бурозубка
обыкновенная, геометрическая морфометрия

Актуальность изучения землероек на Урале определяется тем, что в пределах Уральского региона они остаются одной из недостаточно изученных групп млекопитающих (Большаков, Васильев, Шарова, 1996). Кроме того, работ по влиянию радиационного загрязнения на эту группу мелких млекопитающих не так много. Интересным аспектом экологических исследований является изучение морфологической изменчивости животных при воздействии на них различных антропогенных факторов среды. Объектом исследования является обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus* Linnaeus, 1758), обитающая в зоне воздействия Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) в Челябинской области. ВУРС образовался в результате аварии на ПО «Маяк» в 1957 г., и его территория – это уникальный полигон для биологических и экологических исследований при изучении состояния и путей адаптации живых организмов к воздействию радиации (Позолотина и др., 2008).

Цель работы: изучение и выявление закономерностей морфологической изменчивости формы нижней челюсти обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*), обитающей на радиационно-загрязненной территории и контрольной площадке, с помощью методов геометрической морфометрии.

Импактный участок «Лежневка» расположен в головной части следа в 6 км от эпицентра аварии. Основным загрязнителем почвы на этой территории является ⁹⁰Sr (остеотропный элемент, замещающий кальций в костной ткани). Контрольный участок находится в 10 км от центральной оси следа, в 2 км к северо-востоку от поселка «Метлино».

Для изучения морфологической изменчивости *Sorex araneus* применен современный высокоточный метод геометрической морфометрии, позволяющий описать размеры и форму объектов независимо (Павли-

нов, Микешина, 2002; Zelditch, 2004; Васильев, Васильева, Шкурихин, 2018). В исследовании использованы нижние челюсти, имеющие прямое отношение к пицедобыванию, и подходящие для 2D-морфометрии. Всего изучено 250 экземпляров за 2003, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010 года. Выборки сформированы из животных, отловленных в период их наибольшей (2003–2006) и средней (2008–2010) численности. Данные о динамике численности обыкновенной бурозубки опубликованы ранее (Коноплина, Городилова, 2023). Правые половинки нижней челюсти в лингвальной проекции оцифровывали через планшетный сканер Epson Perfection V37 с разрешением 2400 dpi. На изображениях размещали 22 метки (рис. 2Б), описывающие форму челюсти, с помощью экранного дигитайзера TPSDig2 (Rohlf, 2001). Вся обработка данных (определение центроидного размера, обобщенный Прокрустов анализ, канонический и дисперсионный анализ прокрустовых координат) произведена в программах MS Excel 2003, Past 2.17c, MorphoJ и Statistica 8.0.

В первую очередь были рассмотрены размеры челюстей обыкновенных бурозубок с импактной и контрольной территории, а именно сравнение центроидного размера, который косвенно отражает общий размер животных. По результатам t-теста Сьюдента для каждого года выявлено, что фактор пола не влияет на размер челюсти. Объединив весь материал в 4 выборки: самцы и самки на ВУРСе и контроле, провели тест Тьюки и двухфакторный дисперсионный анализ с учетом факторов «Локалитет», «Пол» и их взаимодействия. Достоверных различий между группами не обнаружено.

Изменения формы нижней челюсти оценивали с помощью многомерных статистических методов. Дискриминантный анализ показал различия по форме нижней челюсти у самцов и самок, но с низким уровнем различий (расстояния Махаланобиса – 1.2024, $p=0.0026$).

По результатам канонического анализа прокрустовых координат для выборок с учетом года (рис. 1) видно, что в пространстве первых двух канонических осей в период высокой численности 2003–2006 гг. размах изменчивости значительно больше, чем период умеренной численности бурозубок. Выборки 2008–2010 гг. компактно расположены в верхнем левом углу пространства канонических переменных. Также достаточно четко различаются выборки по локалитету, однако в разные годы наблюдаются разнонаправленные сдвиги изменений от контроля к импактному участку. В пространстве 2 и 3 осей также наблюдается расхождение периодов численности, и еще видна некоторая хронологическая закономерность вдоль CV2. Корреляционный ранговый анализ Спирмена достоверно подтверждает высокую связь координат вдоль первых трех переменных с факторами территории (контроль, импакт), года и фазы численности.

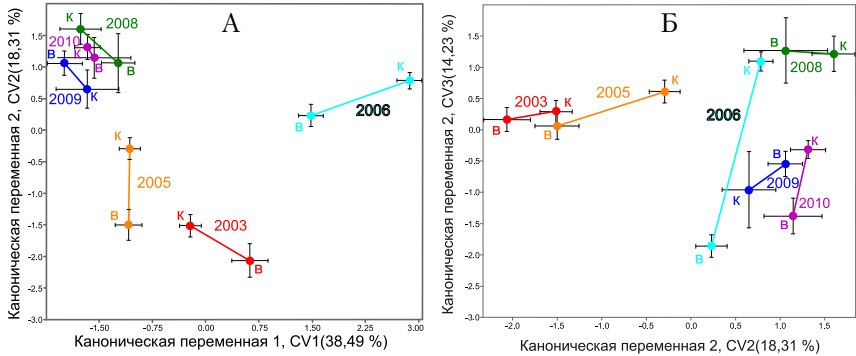


Рис. 1. Результаты канонического анализа прокрустовых координат по каждому году в пространстве CV1-CV2 (А) и CV2-CV3 (Б).

На рисунке 2А представлены результаты анализа с импактного и контрольного участков, объединенным по годам, но с учетом пола. На первую каноническую ось приходится 54.52% дисперсии и вдоль нее прослеживается явное различие выборок ВУРСа и контроля, а вдоль 2 оси (28.97 %) видно расхождение выборок самцов и самок. Все эти различия достоверно подтверждаются непараметрическим двухфакторным дисперсионным анализом с учетом факторов «Локалитет», «Пол» и их взаимодействия. Термокарты на графике интенсивным синим цветом маркируют сжатие участка изображения, а красным – расширение. Основные изменения формы касаются отростков челюсти (венечного, сочленовного и углового) и формы резца. Также визуально хорошо заметно изменение угла между венечным отростком и зубной костью.

В итоге при описании морфологической изменчивости нижней челюсти обыкновенной бурозубки не выявлены размерные различия, но показаны различия по форме между контрольной и импактной площадками. Отмечен половой диморфизм по форме нижней челюсти. Большой вклад в морфологическую изменчивость вносит период отлова, точнее уровень численности. Различия формы нижней челюсти между выборками с ВУРСа и контрольного участка в большей степени проявляются на отростках восходящей ветви и на резце, а также в изменении угла между венечным отростком и зубной костью. Вероятно, это связано с особенностями диеты на загрязненной территории. Однако отделить фактор воздействия радиации от биотопических условий на данный момент затруднительно. Требуются дальнейшие исследования с применением дополнительных данных и методов.

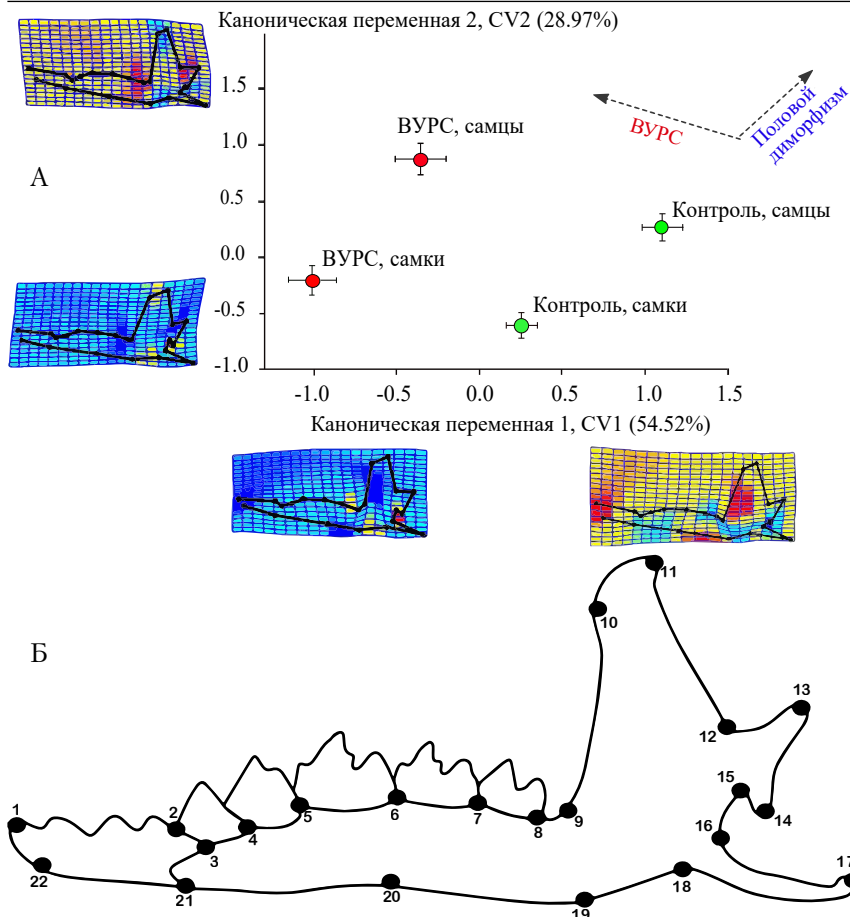


Рис. 2. А) Результаты канонического анализа прокрустовых координат с визуализацией различий вдоль осей с использованием термокарт; Б) Схема расстановки меток-ландмарок на нижней челюсти *Sorex araneus*.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках госзадания ИЭРиЖ УрО РАН (№ 122021000091-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков В.Н., Васильев А.Г., Шарова Л.П. Фауна и популяционная экология землероек Урала (Mammalia, Soricidae). Екатеринбург: Екатеринбург, 1996. 268 с.

- Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О.* Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 471 с.
- Павлинов И.Я., Микешина Н.Г.* Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. 2002. Т. 63. № 6. С. 473–493.
- Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н.* и др. Современное состояние наземных экосистем зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа. Екатеринбург: Гощицкий, 2008. 204 с.
- Коноплина А.А., Городилова Ю.В.* Видовой состав и динамика обилия землероек в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа // Экология: факты, гипотезы, модели. Мат-лы Всерос. конф. молодых ученых. Екатеринбург: Альфа Принт, 2023. С. 130–132.
- Rohlf F.J.* Comparative methods for the analysis of continuous variables: geometric interpretations // *Evolution*. 2001. Vol. 55. P. 2143–2160.
- Zelditch M.L., Swiderski D.L., Sheets H.D., Fink W.L.* Geometric morphometrics for biologists: a primer. N.Y.: Elsevier Academic Press, 2004. 437 p.

DOI: [10.5281/zenodo.14731813](https://doi.org/10.5281/zenodo.14731813)

Влияние погодных факторов на активность малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) и обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pallas, 1778)

М.А. Корепанова^{1,2}, Т.Д. Масленникова^{1,2}, Е.И. Куваева¹,
О.В. Толкачев¹, К.В. Маклаков¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, обыкновенная полевка, малая лесная мышь, активность, погодные факторы

Погодные факторы оказывают существенное влияние на активность мелких млекопитающих (Sidorowicz, 1960; Clarke, 1983; Wrobel, Bogdziewicz, 2015). Знания о воздействии погоды на поведение мелких млекопитающих углубляют понимание экологии видов и помогают точнее интерпретировать результаты полевых исследований. **Цель работы:** анализ влияния метеофакторов на активность двух распространенных видов – малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* Pallas, 1811) и обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pallas, 1778).

Исследование было проведено в заповеднике «Шайтан-Тау», Оренбургская область, Россия. Была выбрана относительно ровная площадка со степной растительностью между подножием горного хребта и поймой р. Сакмара. Отлов мелких млекопитающих с возвратом в среду производился с 8.08.23 по 3.09.23 с помощью живоловок Longworth. Ловушки расположили решеткой 12×12, интервал 10 м (144 ловушки). Приманка состояла из кубиков ржаного хлеба, пропитанных нерафинированным подсолнечным маслом, мучных червей и кусочков яблок. Утром ловушки проверяли и оставляли в деактивированном виде, вечером живоловки заряжали. Пойманных животных метили металлическими ушными бирками (National Band & Tag Company) и отпускали. Метеоданные регистрировали с помощью метеостанции Amtast AW003. Для оценки влияния погодных факторов на активность животных использовали логистическую регрессию. Зависимая переменная бинарная – зверь отловлен или нет в каждой из ловушек в данный день. В качестве предикторов учитывали средние ночные значения температуры воздуха, освещенности, скорости ветра, влажности воздуха и количества осадков. Погодные переменные стандартизированы по формуле $z = (x - \bar{x})/SD$. Для определения знака и величины регрессионных коэффициентов использовали усреднение по всему

набору моделей. Построение полного спектра моделей и усреднение выполнялись с использованием пакета MuMIN (Barton, 2009). Тесты отношения правдоподобия использовались для оценки общей точности модели и оценки необходимости включения взаимодействия факторов. Мультиколлинеарность оценивали по коэффициенту инфляции дисперсии (VIF). Относительную важность предикторов оценивали суммированием весов Акаике (wAIC) по полному набору моделей (Burnham and Anderson, 2002). Каждый вид анализировался отдельно. Расчеты проводили в среде R v.4.4.1 (R Core Team, 2024). Данные расчетов приведены в таблице.

В течение 27 дней было отловлено 394 зверька, включая 163 особи *S. uralensis* и 160 *M. arvalis*. Значения предикторов варьировали в указанных пределах:

- Температура: 6.4–18.8 °C
- Влажность: 57.8–96.8%
- Скорость ветра: 0–1.1 м/с
- Освещение: 1.6–33.2 люкс
- Осадки: 0–0.7 мм

Табл. 1. Оценки параметров усредненных логистических моделей каждого из видов.

Фактор	<i>S. uralensis</i>			<i>M. arvalis</i>		
	Регрессионный коэффициент	Значимость	wAIC	Регрессионный коэффициент	Значимость	wAIC
Степень освещенности	-0.48	<0.01	1.00	-0.48	<0.01	1.00
Скорость ветра	0.39	<0.01	1.00	0.17	<0.01	0.99
Температура воздуха	-0.16	0.0	0.93	0.01	0.79	0.30
Влажность воздуха	0.03	0.65	0.37	-0.31	<0.01	1.00
Влажность: освещенность	-	-	-	-0.28	<0.01	1.00

Показано, что усиление ветра повышает активность, а повышение освещенности – снижает (таблица). Такую реакцию можно рассматривать как адаптацию к охоте ночных хищников. В исследовании Кларка (Clarke, 1983) было выявлено влияние интенсивности лунного света на охоту болотной совы (*Asio flammeus* Pontoppidan, 1763) и двигательную активность белоногого хомячка (*Peromyscus maniculatus* Wagner, 1845). При ярком лунном свете эффективность охоты *A. flammeus* повышается, а двигательная активность *P. maniculatus* снижается. Ветер скрывает

звуки перемещения зверька, обеспечивая защиту от хищников (Наумов, 1948). У *S.uralensis* выявлена отрицательная зависимость между активностью и температурой воздуха. Это можно объяснить тем, что при понижении температуры воздуха зверькам необходимо усиленно питаться. У *M. arvalis* связь оказалось незначимой, что может быть объяснено особенностями экологии вида. Корм зеленоядной обыкновенной полевки расположен повсеместно, поэтому далеко перемещаться в поисках пищи зверькам не нужно, в отличие от зерноядных малых лесных мышей (Наумов, 1948).

У *M. arvalis* обнаружена отрицательная связь между активностью и влажностью воздуха. Сходные результаты были ранее получены Н.В. Башениной в Тульской области – при температуре 8–10 °С зверьки не выходили из нор, пока не подсыхала трава (Башенина, 1962). Активность *M. arvalis* может быть предсказана с учетом сочетания факторов влажности воздуха и солнечного излучения. При взаимодействии эти факторы ослабляют действие друг друга. Количество осадков не повлияло на активность мелких млекопитающих. Наши результаты расходятся с некоторыми литературными данными (Sidorowicz, 1960; Wrobel et al., 2015). Возможно, это связано с незначительным количеством дождливых ночей в период нашего исследования.

Таким образом, с большей вероятностью активность двух видов мышевидных грызунов будет предсказана при анализе степени освещенности и скорости ветра. Отмечены различия в реакции разных видов на изменение температуры и влажности воздуха. Значимая отрицательная связь выявлена между активностью серой полевки и сочетанием влажности воздуха и освещенности, на которые также есть реакция по отдельности. Мы предполагаем, что относительная важность этих факторов для зверьков изменяется в зависимости от конкретных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Башенина Н.В. Экология обыкновенной полевки и некоторые черты ее географической изменчивости. М.: МГУ, 1962. 307 с.
- Наумов Н.П. Очерки сравнительной экологии мышевидных грызунов. М.-Л.: Издательство АН СССР, 1948. 203 с.
- Barton K. Mu-MIn: Multi-model inference. R Package Version 0.12.2/r18. <http://R-Forge.R-project.org/projects/mumin> (Updated 2009)
- Burnham K.P., Anderson D.R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. New York: Springer-Verlag, 2002. 488 с.
- Clarke J.A. Moonlight's influence on predator/prey interactions between short-eared owls (*Asio flammeus*) and deer mice (*Peromyscus maniculatus*) // Behavioral Ecology and Sociobiology. 1983. Vol. 13. № 3. P. 205–209.

-
- Sidorowicz J.* Influence of the Weather on Capture of Micromammalia // Acta theriologica. 1960. Vol. 4. № 9. P. 139–158.
- R Core Team. 2024. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Wrobel A., Bogdziwicz M.* It is raining mice and voles: which weather conditions influence the activity of *Apodemus flavicollis* and *Myodes glareolus*? // European Journal of Wildlife Research. 2015. Vol. 61. P. 475–478.

DOI: [10.5281/zenodo.14731885](https://doi.org/10.5281/zenodo.14731885)

Изменчивость размеров костного неба и хоан у пещерных медведей

А.В. Кочнев¹, Д.О. Гимранов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: пещерные медведи, Ursus kanivetz, Ursus rossicus, хоаны, дыхательная система, поздний плейстоцен

Пещерные медведи (*Ursus spelaeus sensu lato*) – представители фауны среднего и позднего плейстоцена, имели широкое распространение на территории северной Евразии. На сегодняшний день согласно исследованиям морфологических и молекулярных данных (Baryshnikov, Puzachenko, 2011, 2017, 2019, 2020; Barlow et al., 2021) в группе пещерных медведей выделяют кавказскую кладу, представленную *U. praekudarensis* Baryshnikov, 1998 и *U. kudarensis* Baryshnikov, 1985, и европейскую: *U. spelaeus* Rosenmuller, 1794, *U. eremus* Rabeder, Hofreiter, 2004, *U. ingressus* Rabeder, Hofreiter, Nagel et Withalm 2004 и *U. kanivetz* Vereshchagin, 1973 (Центральная, Западная и Восточная Европа до Урала включительно) (Rabeder et al., 2004; Knapp et al., 2009; Rabeder et al., 2011; Stiller et al., 2014; Baryshnikov, Puzachenko, 2019, 2020; Barlow et al., 2021). Современные филогенетические исследования также показали, что малый пещерный медведь (*U. rossicus* Borissiak, 1930) являлся отдельным видом (Barlow et al., 2021). Он был распространен по всей северной Евразии (Борисяк, 1930; Spassov et al., 2017; Baryshnikov, Puzachenko, 2019, 2020).

Несмотря на широкое географическое распространение и высокое таксономическое разнообразие пещерные медведи повсеместно вымирают около 30 тыс. лет назад (Pacher, Stuart, 2009; Vaca et al., 2016). Среди наиболее значимых причин вымирания следует отметить недостаточное воспроизводство популяции из-за повышенной смертности неполовозрелых особей во время зимней спячки (Pacher, Stuart, 2009; Косинцев, Воробьев, 2001; Ramírez-Pedraza et al., 2019). На более длительное нахождение пещерных медведей в гибернации по сравнению с современными медведями указывает анализ стабильных изотопов (Perez-Rama et al, 2011). Достоверной выглядит корреляция времени вымирания пещерного медведя с периодом последней самой холодной фазы LGM (Vaca et al., 2016). Именно холодная фаза могла повлиять на продуктивность растительности, составлявшей, по-видимому, основу рациона пещерных медведей (Bocherens, 2019; Naito et al., 2020).

Возможность получения дополнительных данных о структурах черепа пещерных медведей, в частности о носовой полости, является перспективным направлением, позволяющим дополнить представления о физиологических особенностях пещерных медведей и возможной связи дыхательной системы с климатическими условиями.

Носовые раковины у Ursidae соединяются носоглоточным проходом с хоанами. Носовая полость отделена от ротовой полости костным небом. На сегодняшний день нет комплексных исследований, посвященных изучению взаимосвязи размеров хоан и костного неба у хищных млекопитающих с климатом. Гипотезы о взаимосвязи между хоанами и костным небом у млекопитающих с климатом освещались главным образом в работах, посвященных древнему и современному человеку (например Evteev et al., 2021).

В ходе работы было изучено 18 черепов *U. kanivetz* и 2 черепа *U. rossicus* и 23 черепа *U. arctos* Linnaeus, 1758 из коллекции Института экологии растений и животных УрО РАН. Размеры костного неба *U. spelaeus*, *U. rossicus*, *U. arctos* взяты из монографии Г. Ф. Барышникова (Барышников, 2007).

Измерение высоты хоан (H) проводилось от горизонтальной пластинки небной кости (os palatinum) к сошнику (vomer) в точке между полостью носа и носоглоткой, измерение ширины (B) хоан проводилось между крыловидными отростками (processus pterygoidei) клиновидной кости в зоне максимального удаления отростков друг от друга. Индекс ширины/высоты хоан рассчитывался путем деления значения ширины хоаны на ее высоту. Индекс соотносился с размерами тела с помощью деления полученного значения на ширину альвеолы верхнего клыка.

Длина костного неба (L) измерялась от заднего края альвеолы резца (I1) до переднего края заднебной вырезки (incisura posteropalatina). Ширина костного неба (W) измерялась за M2 в области наименьшего сужения небных костей перед заднебной вырезкой. Индекс ширины/длины костного неба рассчитывался путем деления значения ширины костного неба на длину. Индекс соотносился с размерами тела с помощью деления полученного значения на общую длину черепа.

Определение половой принадлежности у пещерных медведей, а также в тех случаях, где она была неизвестна у бурых медведей, проводилось с помощью оценки размеров (длины и ширины) альвеолы клыка.

При сравнении ширины и высоты хоан у самцов и самок бурых и пещерных медведей был использован U-критерий Манна – Уитни, при сравнении этих показателей у разных видов был использован H-критерий Краскела – Уоллиса, расчёты были проведены с использованием программного обеспечения PAST, 2020 (Hammer et al., 2001). При ста-

тистической оценке разницы ширины и высоты хоан самцов и самок бурых и пещерных медведей был установлен уровень значимости $P < 0.05$.

Мы установили, что высота и ширина хоан у самок и самцов бурых и пещерных медведей не имеют статистически значимых различий. Размеры хоан, по всей видимости, не связаны с полом. Это позволяет рассматривать зависимость дыхательной системы медведей от климатических условий без учета разделения видов по полу.

При сравнении размеров хоан бурых и пещерных медведей установлено, что хоаны большого пещерного медведя выше, чем у бурого, при этом по ширине размеры хоан схожи. Ширина хоан малого пещерного медведя меньше, чем у бурого и большого пещерного медведей, однако высота хоан малого пещерного медведя совпадает со значениями высоты хоан большого пещерного медведя. Хоаны пещерных медведей в сравнении с бурыми выше и уже. По высоте и ширине хоаны бурых и пещерных медведей имеют статистически значимые отличия (уровень значимости $P < 0.05$).

При сравнении размеров костного неба выявлено, что наиболее узкое и длинное костное небо характерно для пещерных медведей, при этом у бурых медведей костное небо короче и шире по относительным показателям.

Анализ индексов ширины/длины костного неба и высоты/ширины хоан у пещерных медведей указывает на высокие и узкие хоаны при узком и длинном костном небе. Висцеральная часть черепа пещерных медведей, более вытянутая в сравнении с бурыми, что, по всей видимости, может быть связано с обогреванием поступающего в него воздуха.

Стоит отметить, что полученные результаты хорошо согласуются с данными по изменчивости носовой полости у человека, в популяциях которого наблюдается увеличение длины носовой полости и уменьшение ее ширины (абсолютное или относительное) с понижением среднегодовой температуры (Evteev et al., 2021).

Сравнивая полученные результаты по размерам носового отдела пещерных медведей с опубликованными ранее (Барышников, 2007), мы наблюдаем тесную связь в строении висцерального отдела черепа с климатическим фактором. Стоит отметить, что висцеральный отдел черепа укорачивается у юго-восточных видов, обитающих в тропическом и субтропическом климате. Пещерные медведи имеют сравнительно более узкую и длинную морду, что, вероятно, указывает на адаптацию к более холодным условиям.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность к.б.н. П.А. Косинцеву (ИЭРиЖ УрО РАН) за ценные замечания, директору музея ИЭРиЖ УрО РАН Н.Г.

Ерохину за предоставленный материал и д.б.н. А.А. Евтееву (НИИ и Музей антропологии МГУ им. М. В. Ломоносова) за консультации по расчётам индексов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00147 (“Пещерные медведи: таксономия, биология и взаимоотношение с человеком”), <https://rscf.ru/project/24-24-00147/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барышников Г.Ф.* Фауна России и сопредельных стран. Млекопитающие. Семейство медвежьи. Том I. Вып. 5. СПб.: Наука, 2007. 542 с.
- Борисяк А.А.* *Ursus spelaeus rossicus* nov. n. // Доклады АН СССР. 1930. Т. 8. С. 102–104.
- Косинцев П.А., Воробьев А.А.* Биология большого пещерного медведя (*Ursus spelaeus* Rosenmuller, 1794) на Урале // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М.: ГЕОС, 2001. С. 266–278.
- Vaca M., Popović D., Stefaniak K. et al.* Retreat and extinction of the Late Pleistocene cave bear (*Ursus spelaeus* sensu lato) // The Science of Nature. 2016. Vol. 103. P. 1–17.
- Baryshnikov G., Puzachenko A.* Craniometrical variability in the cave bears (Carnivora, Ursidae): multivariate comparative analysis // Quaternary International. 2011. Vol. 245. P. 350–368.
- Baryshnikov G., Puzachenko A.* Morphometric analysis of metacarpal and metatarsal bones of cave bears (Carnivora, Ursidae) // Fossil Imprint. 2017. Vol. 73. P. 7–47.
- Baryshnikov G.F., Puzachenko A.Y.* Morphometry of upper cheek teeth of cave bears (Carnivora, Ursidae) // Boreas. 2019. Vol. 48. P. 581–604.
- Baryshnikov G.F., Puzachenko A.Y.* Morphometry of lower cheek teeth of cave bears (Carnivora, Ursidae) and general remarks on the dentition variability // Boreas. 2020. Vol. 49. P. 562–593.
- Barlow A., Pajmans J., Alberti F. et al.* Middle Pleistocene genome calibrates a revised evolutionary history of extinct cave bears // Current Biology. 2021. Vol. 31. P. 1771–1779.
- Bocherens H.* Isotopic insights on cave bear palaeodiet // Historical Biology. 2019. Vol. 31. № 4. P. 410–421.
- Ecteev A., Santos P., Grosheva A. et al.* Associations between human genetic and craniometric differentiation across North Eurasia: the role of geographic scale // Ancient connections in Eurasia. Tübingen: Kerns Verlag, 2021. P. 157–192.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4. № 1. P. 1–9.

- Knapp M., Rohland N., Weinstock J.* et al. First DNA sequences of Asian cave bear fossils reveal deep divergences and complex phylogeographic patterns // *Molecular Ecology*. 2009. Vol. 18. P. 1225–1238.
- Naito Y., Meleg I., Robu M.* et al. Heavy reliance on plants for Romanian cave bears evidenced by amino acid nitrogen isotope analysis // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. № 6612. P. 1–10.
- Pacher M., Stuart A.J.* Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (*Ursus spelaeus*) // *Boreas*. 2009. Vol. 38. P. 189–206.
- Perez-Rama M., Fernandez-Mosquera D., Grandal-d'Anglade A.* Effects of hibernation on the stable isotope signatures of adult and neonate cave bears // *Quaternaire*. 2011. Vol. 4. P. 79–88.
- Rabeder G., Hofreiter M., Nagel D.* et al. New taxa of Alpine Cave Bears (Ursidae, Carnivora) // *Actes 9e Symp. Intern. sur l'ours des cavernes, Entremont-le-Vieux (Savoie, France)*. 2004. Vol. 2. P. 49–67.
- Rabeder G., Hofreiter M., Stiller M.* Chronological and systematic position of cave bear fauna from Ajdovska jama near Krško (Slovenia) // *Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss.* 2011. Vol. 20. P. 79–85.
- Ramírez-Pedraza I., Tornero C., Pappa S.* et al. Microwear and isotopic analyses on cave bear remains from Toll Cave reveal both short-term and long-term dietary habits // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. № 5716. P. 1–12/
- Spassov N., Hristova L., Ivanova S.* et al. First record of the “small cave bear” in Bulgaria and the taxonomic status of bears of the *Ursus savini* Andrews – *Ursus rossicus* Borissiak group // *Fossil Imprint*. 2017. Vol. 73. P. 275–291.
- Stiller M., Molak M., Prost S.* et al. Mitochondrial DNA diversity and evolution of the Pleistocene cave bear complex // *Quaternary International*. 2014. Vol. 339–340. P. 224–231.

DOI: [10.5281/zenodo.14731979](https://doi.org/10.5281/zenodo.14731979)

Исследование устойчивости микроорганизмов (дрожжей) к обработке высоким гидростатическим давлением

Д.А. Крылова^{1,2}, Н.А. Кругликов^{1,2}, И.Н. Бажукова²

¹Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: высокое гидростатическое давление, микроорганизмы

Дрожжи экологически связаны с жизнедеятельностью многих видов на нашей планете, активно вовлечены в хозяйственную деятельность человека и являются его симбионтами. Получение их чистой культуры, стимуляции и инактивации разными методами важно для хозяйственной деятельности и медицины. Обработка различных сред высоким давлением – один из таких методов. Существует ряд научных направлений, для которых обработка высоким давлением дрожжей может быть полезна как модельный эксперимент. К примеру, одной из задач морской микологии является оценка способности глубоководных морских грибов выдерживать давление (Burgaud et al., 2015).

Степень инактивации микроорганизмов, достигаемая при обработке высоким давлением, зависит от ряда взаимодействующих факторов, включая тип и количество микроорганизмов, интенсивность и продолжительность обработки давлением, температуру, состав среды (Cheftel, 1995, Palou et al., 2007). Для каждого микроорганизма существует пороговое значение давления, превышение которого при увеличении времени воздействия не приводит к значительному снижению количества первоначально инокулированных микробных клеток (Palou et al., 2007). Утверждается, что для полного понимания воздействия высокого давления на микроорганизмы необходимо точно указывать такие переменные, как абсолютные значения давление, скорости его изменения, температура и временные условия (Cheftel, 1995). При этом чувствительность некоторых микроорганизмов к воздействию давления может зависеть от фазы их развития. Жизнеспособность дрожжей в меньшей степени зависит от фазы развития. К тому же дрожжевые клетки проявляют большую устойчивость как к абсолютным значениям давления, так и к скорости его изменения (Сморкалов, 2006). С другой стороны, дрожжевые клетки достаточно велики, что удобно для микроскопических исследований. **Цель данного исследования:** оценка устойчивости дрожжей к обработке гидростатическим давлением разной величины при одинаковом времени воздействия.

В экспериментах был использован сухой препарат спиртовых дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) распространяемый под торговой маркой Bragman Industrial британской фирмой «Bevie Partners Limited». В качестве питательной среды использовали 20% водный раствор сахарозы (480 г дистиллированной воды, 120 г сахарозы). 24-х часовая суспензия, содержащая молодые дрожжевые клетки, более устойчивые к неблагоприятным факторам, была разделена на 4 образца по 100 мл. Каждый образец был помещен в отдельную полиэтиленовую бутылку емкостью 400 мл и долит 300 мл дистиллированной воды для заполнения объема и уменьшения концентрации этанола в растворе до потенциальных 2.5%.

Для обработки образцов высоким гидростатическим давлением был задействован гидростат с внутренним объемом 30 литров, в качестве передающей жидкости использующий воду с максимальным давлением 600 МПа. Было проведено три обработки в различных режимах. Таким образом, с учетом контрольного, который не подвергался воздействию высокого гидростатического давления, было получено четыре образца: контроль, 100 МПа 300 секунд, 200 МПа 300 секунд, 550 МПа 300 секунд. Все образцы в дальнейшем хранили в одинаковых условиях.

Для изучения динамики биологического эффекта действия высокого гидростатического давления определяли жизнеспособность клеток в культуре при помощи микроскопа и камеры Горяева. Для того, чтобы отличить живые клетки от мертвых, использовали методику окрашивания клеток метиленовой синью (Калужина, Гусев, 2013). Выживаемость оценивалась как отношение количества выживших клеток к общему их числу. Использовали выборки не менее ста клеток в трех повторностях (три измерения на точку).

Зависимость доли выживших дрожжевых клеток от количества дней, прошедших после проведения обработки высоким гидростатическим давлением для разных режимов обработки приведена на рисунке 1. При расчете погрешностей результатов измерений была использована средняя квадратическая ошибка средней доли выживаемости в трех повторностях, которая отражена на графике в виде усов для каждой точки.

Можно заметить, что доля выживших микроорганизмов может увеличиваться после обработки в сравнении с контролем в случае, если уровень давления оказался недостаточно высок. Это может быть объяснено стимулирующим действием фактора стресса – давления на жизнеспособность и устойчивость дрожжей. Постепенное уменьшение доли выживших микроорганизмов связано с постепенным истощением раствора и накоплением отходов жизнедеятельности дрожжей. При этом наклон кривой, соответствующей контролю, оказывается больше, чем для экспериментальных групп, что может говорить о замедлении обмена веществ дрожжевых клеток в экспериментальных группах.

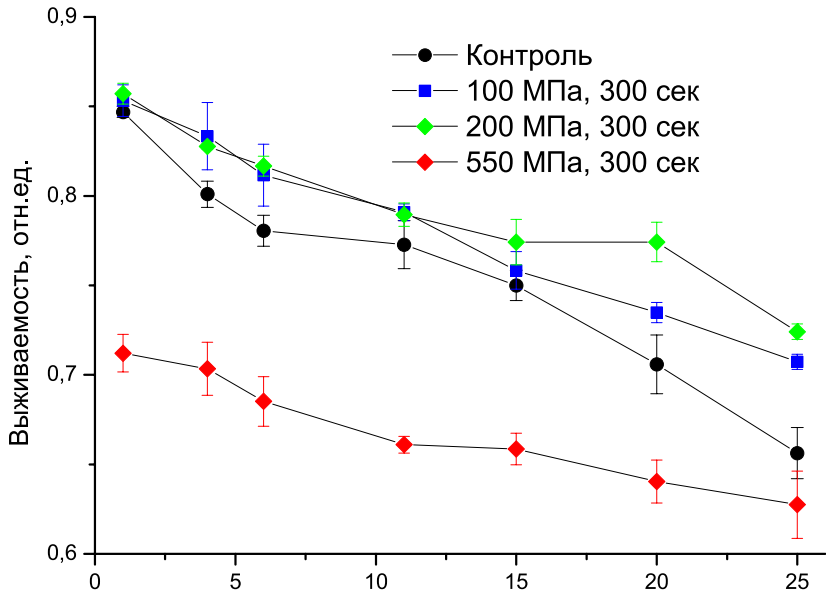


Рис. 1. Зависимость доли выживших спиртовых дрожжей от количества дней, прошедших после проведения обработки высоким гидростатическим давлением.

В результате проведенного исследования было установлено, что обработка высоким гидростатическим давлением в зависимости от режима может оказывать как угнетающее, так и стимулирующее воздействие на развитие дрожжей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в соответствии с темой государственного задания Минобрнауки России (тема «Давление» № 12202100032-5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Калужина О.Ю., Гусев А.Н. Практикум по дисциплине «Технология спирта»: учебное пособие для бакалавров направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2013. 79 с.
- Сморкалов И.А. Влияние некоторых факторов на выживаемость микроорганизмов при высоком гидростатическом давлении. Магистерская диссертация. Екатеринбург: УрФУ, 2006. 68 с.
- Cheftel J. C. High-pressure, microbial inactivation and food preservation // Journal of Food Science and Technology. 1995. Vol. 1. № 2. P. 75–90.

Burgaud G., Hué N.T.M., Arzur D. et al. Effects of hydrostatic pressure on yeasts isolated from deep-sea hydrothermal vents //Research in Microbiology. 2015. Vol. 166. № 9. P. 700–709.

Palou E., Lopez-Malo A., Barbosa-Canovas G.V., Swanson B.G. High-pressure treatment in food preservation. Handbook of food preservation. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007. P. 815–854.

DOI: [10.5281/zenodo.14732154](https://doi.org/10.5281/zenodo.14732154)

К изучению влияния промышленного загрязнения на обилие и разнообразие герпетобионтных пауков (Araneae: Lycosidae, Gnaphosidae)

В.А. Кудряшкина¹, С.С. Соколова²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²ЮУ ФНЦ Минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс

Ключевые слова: пауки, Южный Урал, Карабаш, тяжелые металлы, медеплавильный завод, альфа-разнообразие

Карабаш – один из наиболее загрязненных промышленных районов России, что обусловлено деятельностью Карабашского медеплавильного завода (КМЗ). Работы по изучению влияния выбросов этого завода на наземных беспозвоночных немногочисленны (см. например Нестерков, Нестеркова, 2023), что подчеркивает актуальность данного исследования. Пауки семейств Lycosidae и Gnaphosidae имеют широкое распространение, многочисленны и населяют разнообразные типы местообитаний. Также они характеризуются активным образом жизни и высокой подвижностью (Марусик, Ковблюк, 2011), что позволяет им быстрее реагировать на изменения окружающей среды. Это делает их подходящей модельной группой в том числе и для экотоксикологических исследований.

В районе КМЗ была заложена трансекта протяженностью 60 км (по 30 км в северном и южном направлениях). На трансекте по мере удаленности от КМЗ были выделены 3 зоны загрязнения: фоновая (26–27 км, уровень загрязнения на региональном фоне); буферная (9–18 км, средняя степень загрязнения); импактная (1–5 км, сильная степень загрязнения). Критериями для выделения послужили уровни содержания токсичных элементов в почве и подстилке и степень деградации растительного покрова (Золотарев, Бельская, 2012). В каждой зоне обследованы березовые леса, в которых было заложено по 3 пробных площади (ПП) 10×10 м, удалённых на 50–100 м друг от друга. На каждой ПП установлено 5 ловушек в линию с шагом 3 м, по которым рассчитывали средние значения обилия беспозвоночных для ПП, таким образом, ПП – учётная единица. Отловы пауков проводили с 25 по 31 мая 2021 г. с использованием почвенных ловушек Барбера (пластиковые стаканы с диаметром отверстия 8.5 см, фиксатор – 3 % раствор уксусной кислоты). Продолжительность экспозиции составляла 5–6 дней, собрано 135 проб.

Цель работы: изучить влияние загрязнения КМЗ на обилие и разнообразие пауков семейств Lycosidae и Gnaphosidae.

Задачи:

1. Оценить зависимость динамической плотности населения пауков от расстояния до источника загрязнения
2. Оценить зависимость количества видов пауков от расстояния до источника загрязнения

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за период учетов было отловлено более 830 экз. пауков, которые относились к 23 видам (подробнее см. табл. 1). Пауки семейства Gnaphosidae демонстрируют стабильное, но относительно низкое количество особей на всех участках вдоль трансекты (рис. 1). Везде, независимо от расстояния до источника загрязнения, наблюдается уровень обилия в пределах 1–7 особей на 100 лов.-сут. Количество особей данного семейства не зависит расстояния до источника загрязнения. В отличие от них, пауки семейства Lycosidae показывают более выраженное изменение обилия в зависимости от расстояния до завода (рис. 1). В буферной и фоновой зонах зафиксировано увеличение обилия до 20–45 особей на 100 лов.-сут., что демонстрирует более выраженную реакцию ликозид на расстояние от завода по сравнению с гнафозидами.

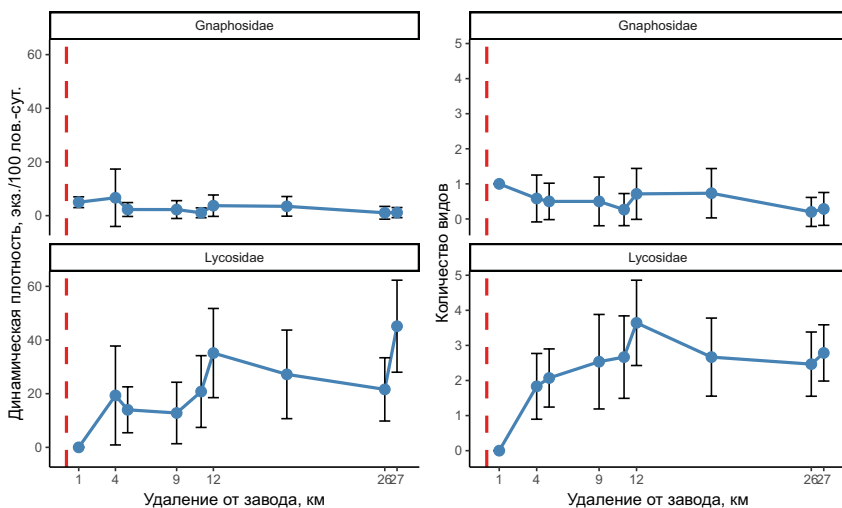


Рис. 1. Динамическая плотность пауков в экз./100 лов.-сут. (А) и количество видов (Б) семейств Gnaphosidae и Lycosidae в зависимости от расстояния до источника загрязнения

Табл. 1. Количество особей (N) и видов (S) пауков семейств Lycosidae и Gnaphosidae по зонам загрязнения.

Семейство		Зона		
		Фоновая	Буферная	Импактная
Lycosidae	N	239	397	107
	S	6	12	4
Gnaphosidae	N	8	47	33
	S	3	5	5

Количество видов пауков семейства Gnaphosidae остается практически неизменным на различном удалении от источника загрязнения (рис. 1). В среднем это число в пределах 0.5–1 видов на пробу (с учетом проб без пауков-гнафозид). Достигаемый на 1 км максимум (1 вид на пробу) объясняется отличием этого участка от остальных: он представляет собой не березовый лес, а техногенную пустошь, где конкурентные преимущества гнафозид реализуются полнее. В отличие от гнафозид, видовое богатство Lycosidae демонстрирует выраженные направленные изменения, а именно резкое возрастание количества видов при переходе от импактной зоны к буферной. Наиболее высокие показатели видового богатства зафиксированы на 12 км, тогда как на расстоянии 1 км пауки-волки не обнаружены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Золотарёв М.П., Бельская Е.А. Влияние техногенных и природных факторов на обилие беспозвоночных герпетобионтов // Евразийский энтомологический журнал. 2012. Т. 11. Вып. 1. С. 19–28.
- Марусик Ю.М., Ковблюк Н.М. Пауки (Arachnida, Aranei) Сибири и Дальнего Востока России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 344 с.
- Нестерков А.В., Нестеркова Д.В. Реакция населения беспозвоночных остепненных и пойменных лугов на выбросы Карабашского металлургического завода // Экология. 2023. № 6. С. 470–480.

DOI: [10.5281/zenodo.14747489](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747489)

Эволюция эндокраниальных структур крокодилов (Crocodyliformes: Crocodylia)

И. Т. Кузьмин¹, Е. В. Мазур^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

²Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: компьютерная томография, крокодиломорфы, палеоневрология, эндокаст

Центральная нервная система (ЦНС) и органы чувств изменялись в ходе эволюции позвоночных. Чтобы всесторонне оценить преобразования этих органов в истории конкретной группы, необходимо исследовать их строение у современных и ископаемых видов, а также онтогенез у ныне живущих представителей. Исследования эволюции ЦНС и органов чувств проводятся в рамках палеоневрологии – направления на стыке сравнительной нейробиологии и палеонтологии. Палеоневрология позвоночных как отдельное направление в науке появилась в XIX веке (Edinger, 1975; Hopson, 1979). В последние 20 лет она активно развивается благодаря внедрению новых методов исследования – компьютерной томографии и 3D моделирования (Witmer et al., 2008; Dozo et al., 2023). Эти методы позволяют изучать внутренние полости в черепе (= эндокрании) и создавать их цифровые слепки (= эндокасты) без вреда для образцов. Палеоневрологические данные позволяют реконструировать аспекты биологии ископаемых позвоночных.

Крокодилы (Crocodylia) являются хорошей модельной группой для подобных исследований. Группа имеет богатую палеонтологическую летопись на протяжении последних 100 миллионов лет (с середины мелового периода), а также включает порядка 28 современных представителей, относящихся к трем надсемействам: Alligatoroidea, Crocodyloidea, Gavialoidea (Brochu, 2003; Kuzmin, 2022). Наличие последних позволяет изучать строение и онтогенез мозга, нервов и органов чувств, а также непосредственно наблюдать поведение и другие особенности биологии. Ископаемые крокодилы были достаточно разнообразны и включали как наземных, так и полуводных и морских представителей (Brochu, 2003).

В докладе мы представляем обзор данных по палеоневрологии Crocodylia и их ближайших родственников, полученных нами и коллегами в последние годы (Кузьмин, Скучас, 2020; Kuzmin et al., 2021, 2024; Мазур и др., 2022а,б; Puértolas-Pascual et al., 2023; Сичинава и др.,

2024). В рамках этого проекта были изучены данные компьютерной томографии (КТ) для 20 видов современных крокодилов, а также для нескольких ключевых ископаемых таксонов (*Kansajsuchus*, *Paralligator*, *Portugalosuchus*, *Shamosuchus*, *Tadzhikosuchus*, *Thoracosaurus*). Ныне живущие *Alligator mississippiensis* (Alligatoroidea), *Crocodylus niloticus* и *Osteolaemus tetraspis* (Crocodyloidea), *Gavialis gangeticus* и *Tomistoma schlegelii* (Gavialoidea) представлены несколькими возрастными стадиями, что позволяет оценивать онтогенетическую изменчивость исследуемых структур. Данные КТ были получены в медицинских центрах Санкт-Петербурга (томограф Toshiba Aquilon 64) и Москвы (томограф Philips iCT). Микротомография (микроКТ) была проведена в ресурсном центре «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ с использованием микротомографа Skyscan 1172. Остальная часть выборки включает данные КТ, доступные на репозиториях: Digimorph (digimorph.org), OSF CrocBase (osf.io), ESRF database (paleo.esrf.fr), Dryad (datadryad.org) и Morphosource (morphosource.org). Данные КТ были импортированы в специальную программу для визуализации Amira 6.3.0 (FEI-VSG Company) и отсегментированы вручную. В результате сегментации были получены эндокасты (= слепки) внутрочерепных полостей, содержавших мозг, черепные нервы и сосуды, а также внутреннее ухо и пневматические полости среднего уха. Как показывают наши исследования и работы коллег (Watanabe et al., 2019; Barrios et al., 2023), эндокасты отражают ключевые черты строения изучаемых мягких органов и позволяют проследить их эволюционные изменения.

В целом, эндокраниальная анатомия сходна у различных представителей вымерших и современных Crocodylia и близких к ним групп ископаемых крокодиломорф (например, Paralligatoridae). Общий план строения нервов, сосудов и лабиринта внутреннего уха консервативен для всех изученных видов Crocodylia.

Примитивное для Crocodylia строение эндокаста мозговой полости демонстрируют представители внешней группы – ископаемые Paralligatoridae из мела Азии (*Kansajsuchus*, *Paralligator*, *Shamosuchus*), а также древнейшие известные виды кроновой группы – базальный аллигатороид *Tadzhikosuchus* и гавиалоид *Portugalosuchus*. По-видимому, для общего предка современных крокодилов был характер следующий набор эндокраниальных признаков: дорсовентрально уплощенный эндокаст, углы изгибов мозга ~ 140°–155°, большие полушария и задний мозг расположены на одном уровне, а дорсальная вогнутость между ними слабо выражена.

Эволюционные преобразования формы эндокаста мозговой полости имеют мозаичный характер. Для Gavialoidea и рода *Crocodylus* характерны более уплощенные и вытянутые эндокасты с большими значени-

ями углов изгиба мозга (150° – 160°), а для представителей Alligatoridae и крокодилов *Mecistops* и *Osteolaemus* характерны более высокие и сигмоидально изогнутые эндокасты (углы изгибов мозга 120° – 133°).

Эндокасты мозговой полости имеют схожее строение на ранних стадиях развития и претерпевают одинаковые изменения в ходе онтогенеза у представителей всех трех надсемейств Crocodylia (Alligatoroidea, Crocodyloidea, Gavialoidea). Это свидетельствует об общих, консервативных механизмах развития ЦНС крокодилов. Кроме того, различия в эндокастах мозговой полости более крупных особей ископаемых крокодиломорфов *Paralligator* и *Kansajsuchus* и более мелкого *Shamosuchus* согласуются с онтогенетическими изменениями у современных крокодилов. Это говорит о том, что более базальные Paralligatoridae и представители кроновой группы Crocodylia имели схожие модификации мозга в ходе онтогенеза.

Ряд эндокраниальных признаков базальных гавиалоидов (например, *Eosuchus*, *Portugalosuchus*, *Thoracosaurus*) указывает на водный (морской) образа жизни ранних представителей Gavialoidea: равная высота полукружных каналов внутреннего уха, редуцированная система пневматических полостей, увеличенный размер эндокастов сонных артерий и гипофиза, а также наличие остеологических свидетельств солевыводящих желез (Мазур и др., 2022а; Burke et al., 2024).

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФ №24-24-00346.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кузьмин И.Т., Скучас П.П. Мозговая коробка древнейшего аллигатороида *Tadzhikosuchus* (Crocodylia: Alligatoroidea) из верхнего мела Узбекистана // Материалы 66 сессии Всероссийского Палеонтологического общества. Санкт-Петербург: Картфабрика Института Карпинского, 2020. С. 252.
- Мазур Е.В., Кузьмин И.Т., Гомболевский В.А., Скучас П.П. Эндокраниальная анатомия *Thoracosaurus borissiakii* (Crocodylia: Gavialoidea) из верхнего мела Крыма // Материалы 68 сессии палеонтологического общества. СПб: Картфабрика Института Карпинского, 2022а. С. 225–226.
- Мазур Е.В., Кузьмин И.Т., Гомболевский В.А., Puértolas-Pascual E., и др. Эндокраниальная анатомия современных и ископаемых гавиалоидов // Материалы II Всероссийской конференции и школы для молодых ученых памяти Ф.Я. Дзержинского. Москва: КМК, 2022б. С. 184–189.
- Сичинава Е.А., Мазур Е.В., Гомболевский В.А., Кузьмин И.Т. Строение мозговой коробки и нейроанатомия параллигаторид (Crocodyliformes: Paralligatoridae) // Материалы 70 сессии палеон-

- тологического общества. Санкт-Петербург: Картфабрика Института Карпинского, 2024. С. 256–257.
- Barrios F., Bona P., Paulina-Carabajal A.* et al. An overview on the Crocodylomorpha cranial neuroanatomy: variability, morphological patterns and paleobiological implications // *Paleoneurology of amniotes*. Cham: Springer Nature, 2023. P. 208–266.
- Brochu C.A.* Phylogenetic approaches toward crocodylian history // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2003. Vol. 31. P. 357–397.
- Burke P.M.J., Boerman S.A., Perrichon G.* et al. Endocranial anatomy and phylogenetic position of the crocodylian *Eosuchus lerichei* from the late Paleocene of northwestern Europe and potential adaptations for transoceanic dispersal in gavialoids. *The Anatomical Record*. 2024. P. 1–35.
- Dozo M.T., Paulina-Carabajal A., Macrini T.E.* et al. Introduction // *Paleoneurology of amniotes*. Cham: Springer Nature. 2024. P. 1–7.
- Edinger T.* *Paleoneurology 1804–1966: an annotated bibliography*. Berlin: Springer, 1975. 258 pp.
- Hopson J.A.* *Paleoneurology // Biology of the Reptilia*, 9. Neurology A. New York: Academic Press, 1979. P. 39–146.
- Kuzmin I.T., Boitsova E.A., Gombolevskiy V.A.* et al. Braincase anatomy of extant Crocodylia, with new insights into the development and evolution of the neurocranium in crocodylomorphs // *Journal of Anatomy*. 2021. Vol. 239. P. 983–1038.
- Kuzmin I.T. Crocodyliiform remains from the Upper Cretaceous of Central Asia – evidence for one of the oldest Crocodylia? // *Cretaceous Research*. 2022. Vol. 138. P. 105266.
- Kuzmin I.T., Sichinava E.A., Mazur E.V.* et al. Virtual reconstruction of the neurocranial anatomy of *Kansajsuchus extensus* (Neosuchia: Paralligatoridae) from the Upper Cretaceous of Tadjikistan with a review of braincase osteology in Neosuchia // *Cretaceous Research*. 2024. Vol. 164. P. 105959.
- Puértolas-Pascual E., Kuzmin I.T., Serrano-Martínez A.* et al. Neuro-anatomy of the crocodylomorph *Portugalosuchus azenhae* from the late cre-taceous of Portugal // *Journal of Anatomy*. 2023. Vol. 242. P. 1146–1171.
- Watanabe A., Gignac P.M., Balanoff A.M.* et al. Are endocasts good proxies for brain size and shape in archosaurs throughout ontogeny? // *Journal of Anatomy*. 2019. Vol. 234. P. 291–305.
- Witmer L.M., Ridgely R.C., Dufeau D.L.* et al. Using CT to peer into the past: 3D visualization of the brain and ear regions of birds, crocodiles, and nonavian dinosaurs // *Anatomical imaging: towards a new morphology*. Tokyo: Springer, 2008. P. 67–87.

DOI: [10.5281/zenodo.14747583](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747583)

Внутригодовая изменчивость качества семенного потомства *Silene latifolia* из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа

А.С. Кузьмина¹, Н.С. Шималина²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Silene latifolia, радиоактивное загрязнение, биоритмы, качество семенного потомства, малые дозы

Прорастание семян - важнейший этап начального развития проростков, который регулируется различными экзогенными (влажность, температура, освещённость, длина фотопериода и т.д.) и эндогенными факторами, такими как фитогормоны и антиоксиданты (Fu et al., 2024). Ионизирующая радиация способна изменять гормональный баланс и антиоксидантный статус растений (Bitarishvili et al. 2018; Duarte et al. 2023). В связи с этим, мы предполагаем, что в условиях длительного хронического облучения у растений могут проявляться особенности, изменяющие их биологические ритмы (Antonova, Pozolotina, 2024). **Цель работы:** сравнительный анализ внутригодовой динамики жизнеспособности семенного потомства дрёмы белой (*Silene latifolia* ssp. *alba* (Mill.) Greuter, Burdet), произрастающей в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) и на фоновых территориях.

ВУРС сформировался в 1957 г. в результате взрыва ёмкости с радиоактивными отходами на ПО «Маяк» (Кыштымская авария) (Nikipelov et al., 1989). Основные дозообразующие радионуклиды – ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Современные дозовые нагрузки на материнские растения *S. latifolia* на исследованных участках ВУРСа относятся к диапазону малых доз и составляют от 14 до 112 мкГр/ч (фоновый уровень 0.1 мкГр/ч) (Karimullina et al., 2018). Проведена серия из 12 ежемесячных экспериментов по проращиванию семян дрёмы белой методом рулонной культуры. Семена проращивали в стеклянных сосудах на дистиллированной воде в течение 21 суток (12-ти часовой фотопериод, t = +24 °С). При оценке жизнеспособности семенного потомства учитывали комплекс критериев: всхожесть семян, выживаемость проростков на стадии листообразования, длина корней, доля проростков с боковыми корнями. Высевали по 25 семян в 4 повторностях из каждой выборки, всего в серии экспериментов использовано 7200 семян. Исследовано по 3 выборки смеси семян из зоны ВУРСа и с фоновых участков. Для проверки статистических гипотез использовали непараметрические кри-

терии: U-тест Манна-Уитни, H-критерий Краскела-Уоллиса. Расчеты проводили в программе STATISTICA 10.0 (StatSoft Inc., 2011).

Результаты оценки внутригодовой изменчивости качества семенного потомства представлены в таблице. Всхожесть семян в течение года изменялась незначительно во всех изученных выборках ($H_{(11;48)}=6.7-18.5$, $p=0.071-p=0.823$). В объединённых выборках ВУРСа всхожесть семян была выше, чем в фоновых в большинстве месяцев года (U-тест, $z=1.99-3.86$, $p<0.001-p=0.047$), кроме июня и июля (Фон-2 исключили из анализа из-за значимых различий с остальными фоновыми вариантами).

Табл. 1. Значения показателей жизнеспособности семенного потомства *S. latifolia* при проращивании семян в разные месяцы

ПЖ	Участок	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Всхожесть семян, %	ВУРС-1	80	78	80	84	88	88	84	84	88	90	76	78
	ВУРС-2	82	94	80	80	88	84	86	90	96	90	82	82
	ВУРС-3	80	82	80	86	82	84	88	86	90	90	82	88
	Фон-1	72	68	62	66	84	86	80	78	80	84	74	66
	Фон-2	48	34	48	40	48	48	32	51	48	60	28	40
	Фон-3	66	68	68	62	69	72	74	72	70	70	64	68
Выживаемость проростков на стадии листового зования, %	ВУРС-1	40	40	44	42	44	54	38	62	48	52	40	46
	ВУРС-2	32	50	38	40	48	44	48	48	56	56	38	46
	ВУРС-3	36	36	38	32	48	54	42	42	48	44	36	36
	Фон-1	38	36	36	32	50	60	34	50	50	46	28	44
	Фон-2	38	25	32	22	44	32	20	35	32	44	20	28
	Фон-3	44	44	48	32	37	38	30	44	42	44	34	46
Длина корня, мм	ВУРС-1	61	61	63	59	40	52	41	47	61	57	69	62
	ВУРС-2	70	64	72	57	59	51	47	50	71	62	69	58
	ВУРС-3	57	57	64	59	46	44	37	40	60	52	60	53
	Фон-1	70	67	58	48	40	48	38	35	57	57	62	56
	Фон-2	64	57	72	72	43	52	35	45	70	66	63	86
	Фон-3	70	75	78	62	64	55	37	44	85	75	76	63
Доля проростков с боковыми корнями, %	ВУРС-1	28	20	78	34	34	40	8	28	46	46	30	34
	ВУРС-2	40	62	76	38	44	36	12	40	60	58	42	36
	ВУРС-3	34	66	76	34	36	48	12	42	52	40	40	36
	Фон-1	38	20	56	30	50	54	14	14	42	48	42	36
	Фон-2	36	21	48	32	40	28	0	24	40	44	20	32
	Фон-3	42	40	62	20	49	36	10	40	52	50	50	52

Примечание. ПЖ – Показатели жизнеспособности.

Приведены медианные значения, n=4.

Фактор «месяц проращивания» оказывал значимое влияние на выживаемость проростков в выборках Фон-1, Фон-2, ВУРС-3 ($H_{(11;48)} = 20.6-25.9$, $p=0.007-0.037$). В выборках ВУРСа отмечено повышение выживаемости проростков в апреле, июле и ноябре (U-тест, $z=2.42-3.10$, $p=0.001-0.015$). Отмечены значимые различия показателей, характеризующих рост корней, во всех импактных и фоновых выборках ($H_{(11;48)} = 24.6-37.9$, $p<0.001-p=0.010$). У проростков из зоны ВУРСа наблюдалось увеличение длины корней в июле (U-тест, $z=2.11$, $p=0.035$), и доли проростков с боковыми корнями в марте, апреле и августе (U-тест, $z=2.10-3.55$, $p<0.001-p=0.037$). Снижение длины корней в объединённой выборке ВУРСа по сравнению с фоновой было отмечено только в октябре (U-тест, $z=2.40$, $p=0.016$). Проявился неожиданный эффект снижения показателей роста в июле во всех выборках.

Повышение значений показателей жизнеспособности семенного потомства в импактных выборках может быть признаком радиационного гормезиса, который иногда проявляется у растений в ответ на облучение в малых дозах (Volkova et al., 2022). Асинхронность проявления эффектов в импактных выборках по сравнению с фоновыми была выражена преимущественно в осенне-зимние месяцы. Подобный результат отмечен и для других видов травянистых растений из зоны ВУРСа, нарушения синхронности были установлены у *Bromus inermis*, *Geum aleppicum*, *Rumex confertus* (Antonova, Pozolotina, 2024).

Выраженная внутригодовая изменчивость отмечена для большинства показателей, характеризующих жизнеспособность семенного потомства *S. latifolia*, за исключением всхожести семян. В импактных выборках показано устойчивое повышение всхожести семян. Выборки ВУРСа в некоторые месяцы года отличались от фоновых по выживаемости проростков, длине корней и доле проростков с боковыми корнями, т.е. отмечена асинхронность проявления эффектов относительно фоновых вариантов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование проведено в рамках темы госзадания ИЭРиЖ УрО РАН (№ 122021000077-6)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Antonova E.V, Pozolotina V.N. Investigation of biological-rhythm patterns: physiological and biochemical effects in herbaceous plants exposed to low-level chronic radiation - part 1: nonirradiated seeds // International Journal of Radiation Biology. 2024. Vol. 100. № 7. P. 1051–1071.
- Bitarishvili S.V., Volkova P.Y., Geras'kin S.A. γ -Irradiation of barley seeds and its effect on the phytohormonal status of seedlings // Russian Journal of

- Plant Physiology. 2018. Vol. 65. № 3. P. 446–454.
- Duarte G., Volkova P., Fiengo Perez F., Horemans N.* Chronic ionizing radiation of plants: An evolutionary factor from direct damage to non-target effects // *Plants*. 2023. Vol. 12(5). № 1178. P. 1–27.
- Fu Y., Ma L., Li J., Hou D.* et al. Factors Influencing Seed Dormancy and Germination and Advances in Seed Priming Technology. *Plants*. 2024. Vol. 13. № 10. P. 1319.
- Karimullina, E.M., Mikhailovskaya, L.N., Antonova, E.V., Pozolotina, V.N.* Radionuclide uptake and dose assessment of 14 herbaceous species from the East-Ural Radioactive Trace area using the ERICA Tool // *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. P. 13975–13987.
- Nikipelov B.V., Romanov G.N., Buldakov L.A., Babaev N.S.* et al. A radiation accident in the Southern Urals in 1957 // *Soviet Atomic Energy*. 1989. Vol. 67. № 2. P. 569–576.
- StatSoft, Inc. (2011) STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 10. <http://www.statsoft.com>
- Volkova P.Y., Bondarenko E.V., Kazakova E.A.* Radiation hormesis in plants // *Current Opinion in Toxicology*. 2022. Vol. 30. P. 100334. P. 1–8.

DOI: [10.5281/zenodo.14747628](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747628)

Роль представителей семейства Collemataceae в формировании лишайникового покрова на береговых скалах реки Чусовая

Е.А. Лаврская^{1,2}

¹Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: эпилитные лишайники, лишайниковый покров, фито-ценотическая роль, Collemataceae

Лишайниковый покров формируется под воздействием комплекса различных факторов среды. Основными факторами принято считать климатические условия и особенности субстрата, который, в значительной степени, влияет на расселение и видовой состав лишайников. Представители семейства Collemataceae, содержащие в своем талломе цианобактерии, интересны с точки зрения их биологии, и являются объектами многих флористических и экологических исследований (Макрый, 2022; Скирин, Скирина, 2023; Скирин, Скирина, 2024). В нашей работе впервые проанализировано влияние характеристик местообитания на роль представителей семейства Collemataceae в сложении лишайникового покрова береговых скал. **Цель работы:** выявление закономерностей распределения лишайников семейства Collemataceae на береговых скальных обнажениях в долине р. Чусовая, в зависимости от факторов среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран автором в долине р. Чусовая на участке от с. Кындю до г. Чусового. В ходе полевых исследований на береговых скалах заложены учетные площадки размером 30×30 см, собраны образцы лишайников, зафиксированы характеристики местообитания. Работы по идентификации образцов проводились в лаборатории биоразнообразия и экологии растений и лихенизированных грибов кафедры биологии и географии ПГПУ по стандартной методике (Флора лишайников России, 2014). Для измерения площади проективного покрытия каждая площадка фотографировалась с мерной линейкой. Встречаемость определялась как доля площадок, на которых отмечен вид, от их общего числа. Для изучения физико-химических характеристик субстрата исследовали кислотность и влагоемкость образцов (Селиванов и др., 2019).

Статистическая обработка данных была проведена в программе PAST 4.03. При анализе зависимости характеристик лишайникового покрова от параметров среды использовался коэффициент регрессии Фишера (F). Для оценки качества регрессионных моделей были рассчитаны коэффициент детерминации (R^2) и информационный критерий Акаике (AIC).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На выходах горных пород в долине р. Чусовая семейство Collemataceae представлено 12 видами, принадлежащими к 5 родам: *Blennothallia*, *Collema*, *Enchylium*, *Lathagrium*, *Scytinium*. В районе исследования представители семейства Collemataceae отмечены на 17.3% изученных площадей (65 из 375 площадей). Большая часть площадок располагается на известняковых скалах (72.88%). На других типах субстрата виды встречаются реже: песчаник на карбонатном цементе (18.64%), тонкозернистый песчаник (8.47%).

Виды семейства Collemataceae чаще встречаются на площадях с южной (Ю, ЮВ, ЮЗ) и восточной (В, СВ) экспозициях. Проективное покрытие имеет умеренную зависимость от экспозиции площадки ($F = 7.66$, при $p < 0.05$; $R^2 = 0.56$; AIC = 6.92), что подтверждается статистически значимым, но невысоким коэффициентом регрессии. Средние значения, как встречаемости, так и проективного покрытия видов максимальны на площадях с уклоном от 20° до 60° .

Физико-химические свойства субстрата, относительно слабо влияют на показатели встречаемости и проективного покрытия лишайников семейства Collemataceae (характер зависимости лучше всего описывается регрессионными моделями 2 степени, см. рис. 1). На показатель встречаемости видов на площадках влияет pH субстрата: $F = 4.06$, при $p < 0.05$; $R^2 = 0.31$; AIC = 7.55 (Рис. 1А). Влагоемкость, в отличие от pH, оказывает значимое влияние на проективное покрытие видов: $F = 4.23$, при $p < 0.05$; $R^2 = 0.29$; AIC = 12.71 (Рис. 1В).

Исследуемое семейство часто отмечается в группировках с лишайниками рода *Verrucaria* на известняковых скалах. Ассоциации с представителями семейства Physciaceae более характерны для карбонат-содержащих песчаников. Стабильность выделенных ассоциаций требует дополнительной проверки, т.к. при данном объеме выборки не подтверждается статистически.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На исследуемой территории представители семейства Collemataceae являются одним из важных компонентов лишайникового покрова, приуроченных в большей части к известь-содержащим субстратам (известняк, песчаник на карбонатном цементе).

Факторами, определяющими характер распределения вида, являются тип субстрата, экспозиция, рН и влагоемкость субстрата. Результаты регрессионного анализа показали, что большинство из исследованных нами факторов умеренно или слабо влияют на встречаемость и проективное покрытие видов лишайников семейства Collematacea.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Макрый Т.В.* Слизистые цианобионтные лишайники Оренбургского заповедника (Южный Урал, Россия) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2022. Т. 41. С. 35–44.
- Селиванов А.Е., Печенкина К.О., Лебединский И.А., Щипанова Е.А.* Исследование физико-химических характеристик субстратов эпилитных лишайников // Лишайники: от молекул до экосистем: Программа и тезисы докладов Международной конференции, Сыктывкар, 09-12 сентября 2019 г. Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2019. С. 75–78.
- Скирин Ф.В., Скирина И.Ф.* Материалы к флоре лишайников карбонатных экотопов юга Дальнего Востока (Приморский край, Еврейская автономная область) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2023. № 4. С. 84–93
- Скирин Ф.В., Скирина И.Ф.* Лишайники карбонатных экотопов юга Дальнего Востока России (Приморский край, Еврейская автономная область) // Тихоокеанская география. 2024 № 1. С. 90–98.
- Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М., СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 392 с.

DOI: [10.5281/zenodo.14747816](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747816)

Мощность лесной подстилки в зарослях инвазионного кустарника рябинника рябинолистного (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun) в условиях сосновых лесов Среднего Урала

Ю.А. Липихина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: инвазионное растение, мощность подстилки, влажность почвы

Вторжение в наземные экосистемы чужеродных видов растений является глобальной экологической проблемой в связи со способностью некоторых из них вытеснять местные виды, что в свою очередь имеет последствия для выживания и воспроизводства растительных сообществ и связанных с ними организмов. Кроме того, влияя на мощность и химический состав подстилки (Castro-Díez et al., 2012; Lanta et al., 2013, 2015), инвазионные растения могут трансформировать такие важные процессы, как круговорот питательных веществ и разложение, и тем самым фундаментально изменять функционирование экосистем (Liao et al., 2008).

Состояние лесной подстилки можно рассматривать как показатель влияния инвазионного вида на некоторые экосистемные параметры, так как мощность лесной подстилки – это важная характеристика деструкционных процессов. **Цель работы:** выявить влияние инвазионного кустарника рябинника рябинолистного (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun) на мощность подстилки в лесных фитоценозах Среднего Урала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район. Данные собраны в южно-таежной подзоне бореальной зоны Среднего Урала (Россия) на территории г. Екатеринбурга – крупного города с населением 1.5 млн человек. Климат умеренно континентальный, средняя температура +3.0°C, января –12.6°C, июля +19.0°C, годовая сумма осадков 537 мм. В окрестностях города преобладают сосновые травяные, травяно-кустарничковые и зеленомошные леса (Куликов и др., 2013) на дерново-подзолистых почвах и буроземах. Исследования проведены в лесопарках «Уктусский» и «Юго-Западный». Преобладающая растительность на их территориях – фрагменты условно-коренных относительно одновозрастных лесов из *Pinus sylvestris* L., возникших до начала городской застройки, с деревьями основного поколения 90–120 лет. Общая черта сообществ лесопарков – выражен-

ный ярус высоких кустарников и деревьев второй величины с присутствием большого числа адвентивных видов (Золотарева и др., 2012; Веселкин и др., 2018; Веселкин, Коржиневская, 2018).

Рябинник рябинолистный – инвазионный вегетативно-подвижный кустарник из семейства Rosaceae Juss., известен как лекарственное растение, активно применяется в китайской и японской медицине (Kim, Zee, 2000). В надземной части и корнях *Sorbaria sorbifolia* обнаружены катехины, метилированные и ацетилированные производные флавонов, флавонолов, флаванонов и фенолкарбоновых кислот, которые проявляют иммуномодулирующую, гепатопротекторную и противоопухолевую активность (Карпова, Полякова, 2009). Рябинник обладает фитонцидной активностью (Кочергина, Дарковская, 2009).

Природный ареал рябинника рябинолистного охватывает Сибирь, Дальний Восток, Камчатку, Японию, Корею, Китай и Центральную Азию (Флора СССР, 1939; Флора Сибири, 1988). Растет вдоль болот, рек, в лесах. Во вторичном ареале считается инвазионным видом (Виноградова и др., 2010; Jurševska, 2007; Dobravolskaitė, Gudžinskas, 2011; Лукаткин, Хапугин, 2018) или трансформером (Панасенко, 2013). На Среднем Урале отнесен к видам, расселяющимся в нарушенных местообитаниях, которые в дальнейшем смогут внедриться в естественные сообщества (Третьякова, 2016). Граница естественного ареала *S. sorbifolia* проходит в 1–1.5 тыс. км восточнее Екатеринбурга.

В Екатеринбурге рябинник массово используется в озеленении с конца 50-х гг. (Федосеева, Благодаткова, 2011). В настоящее время в лесопарках Екатеринбурга, как правило, под пологом сосновых лесов, обнаружены десятки отдельных зарослей (локалитетов) размером в десятки–первые сотни метров.

Измерения. В 2023 г. исследованы шесть отдельных зарослей (участков) *S. sorbifolia* под пологом соснового леса: три – в лесопарке «Уктусский», три – в лесопарке «Юго-Западный», в центральной части каждой из них заложена пробная площадь 10×10 м². В качестве контроля – шесть пробных площадей в сосновом лесу (10×10 м²), заложенных в непосредственной близости от зарослей рябинника. Мощность подстилки измеряли с помощью линейки с точностью до 0.5 см в 20 точках на пробную площадь. Границу подстилки с почвой устанавливали по структуре, плотности и цвету. Расположение точек случайное, исключая пристволовые участки (с радиусом до 0.5–1 м от ствола) и лесные поляны (Воробейчик, 1997). Всего было 120 измерений в зарослях рябинника и 120 измерений в сосновом лесу.

Влажность почвы под пологом рябинника измеряли в 2021 г. на тех же пробных площадях с помощью анализатора влагосодержания НН2 Moisturemeter (Великобритания; DeltaT Devices). На каждой пробной

площади в 25 повторностях измеряли влажность верхних 5 см почвы, размещение точек измерений случайное. Всего выполнено 150 измерений в зарослях рябинника и 150 контрольных измерений в сосновом лесу. Двухфакторный ANOVA проведен в программе STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc., USA, 1984–2007). Единицей в статистическом анализе было измерение в одной точке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В обоих лесопарках мощность подстилки под рябинником выше в 1.3 раза, чем в окружающих сосновых лесах без рябинника ($F=31.54$; $P<0.0001$) (рис. 1). При этом мощность подстилки значительно различалась в исследованных лесопарках ($F=213.26$; $P<0.0001$) – в Уктусском она была выше в 2.2 раза, чем в Юго-Западном, как в лесах, так и в зарослях рябинника. Известно, что влажность – один из основных факторов, контролирующих деструкцию (Cortez, 1998; Lanta et al., 2013), путем регуляции активности сапротрофного комплекса почвенной биоты (Cortez, 1998). Установлены значимые различия влажности почвы между зарослями *S. sorbifolia* и контрольными лесными сообществами ($F=12.18$; $P=0.0005$) (рис. 2), в зарослях *S. sorbifolia* влажность почвы была меньше в 1.2 раза по сравнению с контролем. Это согласуется с данными о зарослях некоторых инвазионных кустарников, где влажность почвы была меньше по сравнению с зарослями, образованными местными видами (Lanta et al., 2013, 2015). Влажность почвы значительно различалась в исследованных лесопарках ($F=60.07$; $P<0.0001$) – в Юго-Западном она была больше в 1.4 раза, чем в Уктусском. Это может служить объяснением различий мощности подстилки на пробных площадях этих лесопарков, и обусловлено различиями в рельефе: Уктусский лесопарк приурочен к Уктусским горам – самой высокой части города, где пробные площади находятся на возвышенностях и в верхних частях склонов на высоте 327–335 м над ур. м, в то время как в Юго-Западном лесопарке рельеф пониженный и сглаженный, а пробные площади располагаются на высотах 277–286 м над ур. м.

Полученный результат об особенностях морфологии подстилки в зарослях *S. sorbifolia* согласуется с данными о возрастании мощности подстилки в зарослях других инвазионных кустарников по сравнению с местными видами (Lanta et al., 2013, 2015). Увеличение мощности подстилки может быть сопряжено с сокращением видового богатства и проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса, а также с понижением влажности в зарослях инвазионных видов (Lanta et al., 2013). В исследованных нами зарослях рябинника по сравнению с окружающими лесными фитоценозами также значительно сокращается видовое богатство и проективное покрытие травяно-кустарничкового

яруса, которое не превышает 5% (Веселкин и др., 2020), что во многом связано с затенением, создаваемым густым пологом листьев рябинника (Veselkin, 2022). Однако нельзя исключать и аллелопатическое влияние рябинника на другие организмы, поскольку надземные органы *S. sorbifolia* содержат много биологически активных веществ, в том числе и токсичные химические соединения (Kim, Zee, 2000), что может быть причиной угнетения сапротрофного комплекса почвенной биоты и сокращения скорости деструкции, как это наблюдается в ответ на увеличение токсической нагрузки (Воробейчик, 2003).

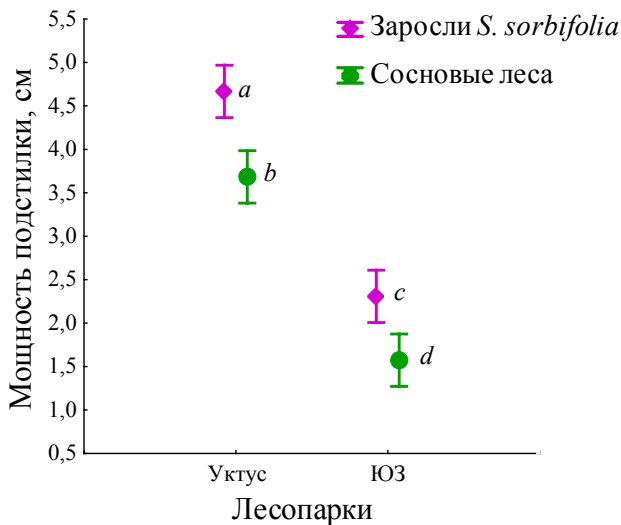


Рис. 1. Мощность подстилки (среднее \pm станд.ошибка) в лесных сообществах без *Sorbifolia sorbifolia* и в зарослях *S. sorbifolia* в Уктусском (Уктус) и Юго-Западном (ЮЗ) лесопарках. Значения, гомогенные по критерию Тьюки, показаны одинаковыми буквенными индексами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедряясь в природное сообщество, инвазионные виды растений могут приводить к трансформации основных биоценологических процессов, в том числе – деструкции. Это подтверждают представленные результаты. В зарослях инвазионного кустарника *Sorbifolia sorbifolia* подстилка имеет большую мощность, чем в окружающих лесных фитоценозах. Выявленная закономерность не зависит от местонахождения пробных площадей и фиксируется в каждом из исследованных лесопарков, несмотря на различие влажности почвы в них. Это указывает на возможное угнетающее воздействие *S. sorbifolia* на сапротрофный комплекс почвенной биоты, что требует дальнейших исследований.

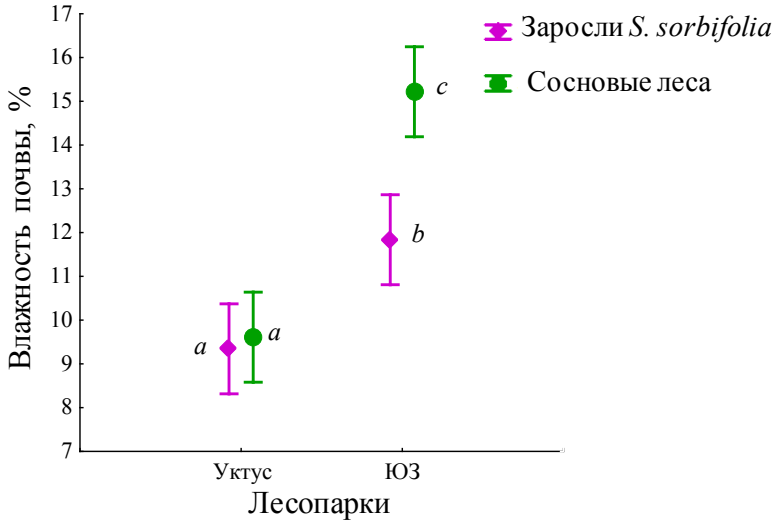


Рис. 2. Влажность почвы (среднее \pm станд.ошибка) в лесных сообществах без *Sorbaria sorbifolia* и в зарослях *S. sorbifolia* в Уктусском (Уктус) и Юго-Западном (ЮЗ) лесопарках. Значения, гомогенные по критерию Тьюки, показаны одинаковыми буквенными индексами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность д.б.н. Веселкину Д.В., к.б.н. Золотаревой Н.В., к.б.н. Подгаевской Е.Н. Работа выполнена в рамках темы госзадания ИЭРиЖ УрО РАН № 122021000092-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Веселкин Д.В., Коржиневская А.А. Пространственные факторы адвентизации подлеска в лесопарках крупного города // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 4. С. 54–64.
- Веселкин Д.В., Коржиневская А.А., Подгаевская Е.Н. Состав и численность адвентивных и инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 42. С. 102–118.
- Веселкин Д.В., Золотарева Н.В., Липихина Ю.А. и др. Разнообразие растений в зарослях инвазивного *Sorbaria sorbifolia*: разный эффект для травяно-кустарничкового яруса и банка семян // Экология. 2020. № 6. С. 417–426.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: Издательство ГЕОС, 2010. 512 с.

- Воробейчик Е.Л.* К методике измерения мощности лесной подстилки для целей диагностики техногенных нарушений экосистем // Экология. 1997. № 4. С. 265–269.
- Воробейчик Е.Л.* Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. 2003. № 2. С. 32–42.
- Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Шавнин С.А.* Изменение структуры напочвенного покрова сосновых лесов в условиях крупного промышленного города // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 5. № 37. С. 218–221.
- Карпова Е.А., Полякова Т.А.* Содержание фенольных соединений и потенциал биологической активности сибирских и дальневосточных видов рода *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2009. № 2 (4). С. 79–88.
- Кочергина М.В., Дарковская А.С.* Фитонцидная активность интродуцентов в условиях Ботанического сада Воронежского государственного университета // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2009. № 8. С. 153–157.
- Куликов П.В., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н.* Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области. Екатеринбург: Гощицкий, 2013. 612 с.
- Лукашкин А.С., Хапугин А.А.* Инвазионные виды растений во флоре Саранска // Сборник материалов XX Международного научно-практического форума «Проблемы озеленения крупных городов»: сборник научно-практических работ. М.: Перо, 2018. С. 67–70.
- Панасенко Н.Н.* Растения – «трансформеры»: признаки и особенности выделения // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2013. № 2. С. 17–22.
- Третьякова А.С.* Закономерности формирования и экологическая структура флоры урбанизированных территорий Среднего Урала (Свердловская область) // Дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2016. 384 с.
- Федосеева Г.П., Благодаткова Т.С., Оконешникова Т.Ф.* Оптимизация системы озеленения города Екатеринбурга // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2011. Т. 4. № 2. С. 94–108.
- Флора СССР. Т. 9. М., Л.: Издательство АН СССР, 1939. 539 с.
- Флора Сибири. Rosaceae. Новосибирск: Наука, 1988. 200 с.
- Castro-Díez P., Fierro-Brunnenmeister N., González-Muñoz N. et al.* Effects of exotic and native tree leaf litter on soil properties of two contrasting sites in the Iberian Peninsula // Plant Soil. 2012. Vol. 350. P. 179–191.

- Cortez J.* Field decomposition of leaf litters: Relationships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity // *Soil Biology and Biochemistry*. 1998. Vol. 30. № 6. P. 783–793.
- Dobravolskaitė R., Gudžinskas Z.* Alien plant invasion to forests in the vicinity of communal gardens // *Botanica Lithuanica*. 2011. Vol. 17. № 2–3. P. 73–84.
- Jurševska G.* Invasive tree taxa in major dendrological plantations in Jelgava district // *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2007. Vol. 7. № 2. P. 149–158.
- Kim D.K., Zee O.P.* A new cyanogenic glycoside from *Sorbaria sorbifolia* var. *stellipila* // *Chemical and pharmaceutical bulletin*. 2000. Vol. 48. № 11. P. 1766–1767.
- Lanta V., Hyvönen T., Norrdahl K.* Non-native and native shrubs have differing impacts on species diversity and composition of associated plant communities // *Plant Ecology*. 2013. Vol. 214. P. 1517–1528.
- Lanta V., Hyvönen T., Norrdahl K.* Leaf Litter Decomposition of Nonnative Shrub Species in Nonnative and Native Shrub Environments: a field experiment with three Rosaceae shrubs // *Invasive Plant Science and Management*. 2015. Vol. 8. № 1. P. 81–89.
- Liao C., Peng R., Luo Y.* et al. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a meta-analysis // *New Phytologist*. 2008. Vol. 177. № 3. P. 706–714.
- Veselkin D.V., Dubrovin D.I., Rafikova O.S.* et al. Shading and light interception in thickets of invasive *Acer negundo* and *Sorbaria sorbifolia* // *Russian Journal of Biological Invasions*. 2022. Vol. 13. № 1. P. 22–31.

DOI: [10.5281/zenodo.14747863](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747863)

Фенологические аспекты булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Papilionoidea) Кировской области

А.В. Мазеева¹, О.И. Кулакова^{1,2}

¹Коми отделение РЭО, г. Сыктывкар

²Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Ключевые слова: булавоусые чешуекрылые, Кировская область

Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Papilionoidea) – многочисленная, широко распространенная и таксономически хорошо изученная группа насекомых. Благодаря быстрой реакции на изменения условий окружающей среды и легкой визуальной идентификации в полевых условиях бабочки являются удобным модельным объектом для множества экологических исследований. Они имеют выраженную смену состава имаго в течение вегетационного сезона, в связи с чем, для них принято выделять фенологические аспекты (комплексы), т. е. относительно постоянные многовидовые комплексы, состоящие из видов, примерно в одни сроки находящихся на стадии имаго (Баранчиков, 1979; Татаринов, Долгин, 1999). Знание о составе и сроках лёта видов позволяет правильно планировать проведение количественных учетов, направленных на выявление структуры населения булавоусых чешуекрылых в природных сообществах и установление численности популяций видов, в том числе редких и занесённых в Красные книги.

Цель работы – изучить особенности формирования фенологических аспектов лёта имаго булавоусых чешуекрылых и оценить влияние на них погодных условий в Кировской области.

Материалом для настоящей работы послужили результаты сборов Papilionoidea в Кировской области в 2014–2023 гг. Инвентаризацию видового состава проводили путём исследования всех основных типов местообитаний в районе исследований. Номенклатура названий булавоусых чешуекрылых представлена на основе «Каталога чешуекрылых России» (2019).

Для выделения фенологических аспектов на основе данных о присутствии вида в ту или иную дату составляли календари лёта. Для анализа изменения сроков лёта булавоусых чешуекрылых в зависимости от конкретного года и его погодных условий были выбраны виды-индикаторы аспектов. Данные для сравнения для других регионов о сроках вылета некоторых видов были взяты из литературы (Шкурихин и др., 2011) и базы данных GBIF (2024). Для оценки роли погодных

условий использовали данные с сайтов (База данных..., 2019; Справочно-информационный портал «Погода и климат», 2024).

Продолжительность стадий и особенности диапаузы определяют количество генераций (поколений) имаго, вылетающих за один сезон, время вылета имаго и соответственно принадлежность вида к тому или иному фенологическому аспекту, или комплексу. Число аспектов различно для разных, даже сопредельных, территорий. Так, для северной тайги Архангельской области И.Н. Болотов (2009) указывает два фенологических периода: раннелетний и летний. Для равнинной части таёжной зоны республики Коми (подзоны северной и средней тайги) А.Г. Татариновым выделены три фенологических аспекта: весенне-раннелетний, летний и позднелетний (Татаринов, Долгин, 1999). В средней тайге Республики Карелия В.В. Горбач (1998) отмечает четыре аспекта (ранневесенний, весенний, летний, осенний). Для подзон южной тайги и смешанных лесов Республики Удмуртии Д.А. Адаховский (2005) приводит пять фенологических периодов: ранневесенний; поздневесенний; раннелетний, среднелетний и позднелетний.

На всей территории Кировской области достаточно чётко выделяются четыре фенологических аспекта лёта булавоусых чешуекрылых: весенний, раннелетний, летний и позднелетний (табл. 1, рис. 1). Отдельные особи одного аспекта продолжают встречаться и в ходе лёта следующего.

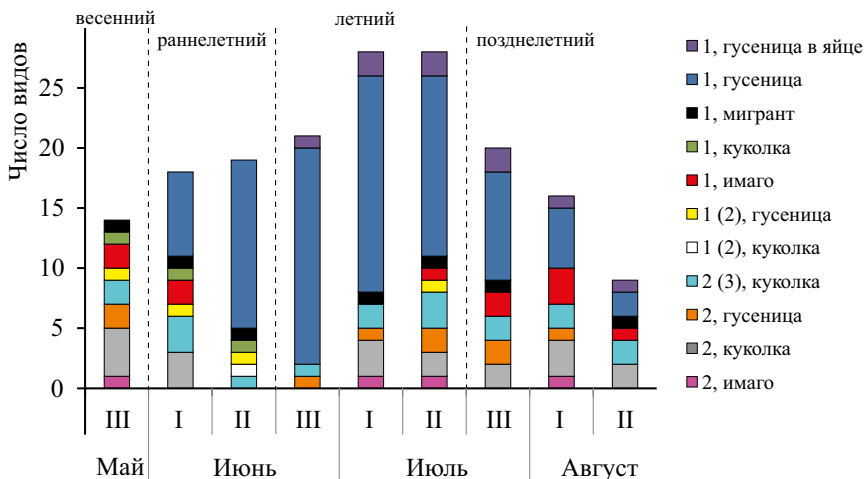


Рис. 1. Связь стадий зимовки и числа поколений с фенологическими аспектами лёта имаго (на примере 2020 г.).

По оси x отложены декады, месяцы и фенологические аспекты.

Табл. 1. Фенологические аспекты имаго булавоусых чешуекрылых

Ф.А. ¹	Сроки лёта	Начинающие лёт виды аспекта	Виды других аспектов
Весенний	IV–нV	<i>Gonopteryx rhamni</i> , <i>Nymphalis urticae</i> , <i>N. io</i> , <i>N. antiopa</i> , <i>N. xanthomelas</i> , <i>Polygonia c-album</i>	–
	к1–н2 V	<i>Anthocharis cardamines</i> , <i>Celastrina argiolus</i> , <i>Araschnia levana</i> , <i>Pyrgus malvae</i>	–
	с2V	виды группы <i>Leptidea sinapis</i> , <i>Pieris napi</i> , <i>P. rapae</i> , <i>Callophrys rubi</i> , <i>Cupido argiades</i> , <i>Euchloe ausonia</i>	–
	кV–нVI	<i>Papilio machaon</i> , <i>Iphiclides podalirius</i> , <i>Clossiana dia</i> , <i>Lasiommata petropolitana</i> , <i>Vanessa cardui</i>	–
Раннелетний	1–н2VI	<i>Carterocephalus palaemon</i> , <i>C. silvicola</i> , <i>Pyrgus serratalae</i> , <i>Ochlodes sylvanus</i> , <i>Parnassius mnemosyne</i> , <i>Aporia crataegi</i> , <i>Cupido alcetas</i> , <i>Eumedonia eumedon</i> , <i>Polyommatus icarus</i> , <i>Euphydryas maturna</i> , виды группы <i>Melitaea athalia</i> , <i>Clossiana euphrosyne</i> , <i>Lasiommata maera</i> , <i>Coenonympha hero</i>	<i>P. malvae</i> , <i>I. podalirius</i> , виды гр. <i>L. sinapis</i> , <i>A. cardamines</i> , <i>P. napi</i> , <i>G. rhamni</i> , <i>C. argiolus</i> , <i>C. argiades</i> , <i>N. io</i> , <i>A. levana</i> , <i>V. cardui</i>
Летний	к2–н3VI	<i>Parnassius apollo</i> , <i>Lycaena hippothoe</i> , <i>L. alciphron</i> , <i>L. dispar</i> , <i>Glaucopsyche alexis</i> , <i>Eumedonia eumedon</i> , <i>Argiades optilete</i> , виды группы <i>Plebejus argus</i> , <i>Polyommatus amandus</i> , <i>Cyaniris semiargus</i> , <i>Melitaea diamina</i> , <i>M. phoebe</i> , <i>M. cinxia</i> , <i>Clossiana titania</i> , <i>Issoria lathonia</i> , <i>Argynnis aglaja</i> , <i>Lopinga achine</i> , <i>Pararge aegeria</i> , <i>Coenonympha glycerion</i> , <i>Aphantopus hyperantus</i> , <i>Maniola jurtina</i>	<i>O. sylvanus</i> , <i>A. crataegi</i> , <i>P. napi</i> , <i>P. icarus</i> , видов гр. <i>M. athalia</i> , <i>C. euphrosyne</i> , <i>L. maera</i> , <i>C. hero</i>
	1VII	<i>Thymelicus lineola</i> , <i>Colias hyale</i> , <i>C. myrmidone</i> , <i>Lycaena virgaureae</i> , <i>Apatura ilia</i> , <i>A. iris</i> , <i>Limenitis populi</i> , <i>Nymphalis urticae</i> , <i>Clossiana titania</i> , <i>Brenthis ino</i> , <i>Argynnis adippe</i> , <i>A. niobe</i> , <i>Erebia ligea</i> , 2е поколение видов группы <i>L. sinapis</i> , <i>E. ausonia</i> , <i>P. napi</i> , <i>P. rapae</i> , <i>A. levana</i>	<i>O. sylvanus</i> , <i>A. crataegi</i> , <i>L. hippothoe</i> , виды гр. <i>P. argus</i> , <i>C. semiargus</i> , <i>P. amandus</i> , <i>P. icarus</i> , <i>V. cardui</i> , <i>M. diamina</i> , <i>C. euphrosyne</i> , <i>A. aglaja</i> , <i>L. maera</i> , <i>C. hero</i>
	к1VII	<i>G. rhamni</i> , <i>Clossiana thore</i> , <i>Hyponphele lycaon</i> , <i>Coenonympha pamphilus</i> , 2е поколение <i>C. argiades</i> и <i>C. dia</i> , потомство мигранта <i>V. cardui</i> , <i>P. machaon</i>	–
Позднелетний	н–с3VII	<i>Nymphalis antiopa</i> , <i>N. io</i> , <i>P. c-album</i> и др. зимующие на стадии имаго виды, <i>Argynnis parphia</i> , <i>Thecla betulae</i> , 2е поколение <i>P. icarus</i> , иногда 3е поколение <i>P. napi</i> , <i>P. rapae</i> и 2е – <i>C. dia</i>	<i>T. lineola</i> , виды гр. <i>L. sinapis</i> , <i>P. napi</i> , <i>P. rapae</i> , <i>C. hyale</i> , <i>G. rhamni</i> , <i>L. virgaureae</i> , <i>C. argiolus</i> , <i>N. urticae</i> , <i>P. c-album</i> , <i>V. cardui</i> , <i>A. levana</i> , <i>A. aglaja</i> , <i>A. adippe</i> , <i>H. lycaon</i> , <i>M. jurtina</i>

Примечание. Ф.А. – фенологический аспект. Римскими цифрами обозначены месяца, арабскими – номера декад, буквами обозначены: «н» – начало, «с» – середина, «к» – конец

Лёт перезимовавших *G. rhamnii*, *N. urticae*, *N. io*, *N. xanthomelas*, *P. c-album* в регионе обычно начинается в апреле – начале мая. Весенний фенологический аспект формируют главным образом виды, зимующие на стадии имаго и куколок, в меньшей степени – зимующие на стадии гусениц старших возрастов. Основу раннелетнего фенологического аспекта формируют виды, зимующие на стадии гусеницы. Лёт видов летнего фенологического аспекта начинается в конце второй – начале третьей декады июня. Наибольшее видовое разнообразие имаго булавоусых чешуекрылых, как правило, наблюдается в течение второй декады июля. Это обусловлено тем, что больше половины видов булавоусых чешуекрылых исследуемой территории (64%) зимуют на стадии гусеницы и дают за сезон одно поколение. Позднелетний фенологический аспект, лёт которого начинается в начале – середине третьей декады июля, формируют виды, зимующие на стадии имаго (*N. antiopa*, *N. io*, *P. c-album* и др.), гусеницы первого возраста (*A. paphia*), гусеницы внутри яйцевых оболочек (*T. betulae*), а также второе поколение бивольтинных видов (*P. icarus*), а иногда третье поколение факультативно поливольтинных (*P. napi*, *P. rapae*). К концу августа число видов постепенно сокращается, и к середине сентября остаются только те, у которых зимуют имаго.

Для анализа изменения сроков лёта в зависимости от конкретного года и его погодных условий были выбраны виды-индикаторы (табл. 2), по которым аспекты можно уверенно дифференцировать на календаре лёта. Их выбирали из числа видов, чётко приуроченных к тому или иному аспекту, за сезон дающих одно поколение (исключение: бивольтинные *A. levana*, имеющие в регионе ярко выраженный сезонный диморфизм, и *P. napi*, у которой в качестве индикатора использовали только первое поколение). На основании их появления на всех календарях лёта были выделены сроки начала лёта фенологических аспектов.

Погодные условия конкретного года оказывают существенное влияние на сроки лёта и количество генераций булавоусых чешуекрылых, а, соответственно, и особенности сезонных изменений видового состава (рис. 2). В случае раннего потепления 2016 г. зимовавшие на стадии имаго чешуекрылые в окрестностях г. Кирова начали летать уже в первой декаде апреля, а основная масса видов, зимующих на стадии куколки, вылетела в начале мая. Ранний вылет видов, зимующих куколками, был характерен и для 2019 г., но похолодание во второй декаде мая привело к тому, что лёт следующих аспектов сдвинулся на более поздние сроки. В 2021 г., несмотря на достаточно прохладные апрель и начало первой декады мая, благодаря тёплым второй и третьей декадам мая, жаркому июню и в целом жаркому лету, сроки лёта сдвинулись на более ранние

даты примерно на полторы – две декады. В итоге в 2021 г. в южной тайге были отмечены факультативные третьи поколения *P. napi*, для которой развитие дополнительного поколения в тёплые годы давно известно для региона (Круликовский, 1909 а, б), и обычно бивольтинной, а также отдельные особи неполного второго поколения моновольтинной *C. selene*. Во второй декаде августа 2021 г. также зафиксировано неполное третье поколение обычно бивольтинной *A. levana*, а на юге подзоны южной тайги – полноценное второе поколение обычно моновольтинных представителей группы видов *P. argus*. Кроме того, сроки лёта всех видов сместились вперед, так что свежие особи *G. rhamnii* и *N. urticae*, дающие обычно одно зимующее на стадии имаго поколение, появились уже в третьей декаде июня.

Табл. 2. Фенологические аспекты лёта имаго булавоусых чешуекрылых в разные годы.

Фенологический аспект	Виды-индикаторы аспекта	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Весенний	<i>A. cardamines</i> <i>A. levana</i> <i>P. napi</i>	1V (3IV)	1V (1IV)	3V (3IV)	V (1V)	V (3IV)	V (3IV)	V (1V)	V (1V)
Раннелетний	<i>A. crataegi</i> <i>C. hero</i> <i>E. eumedon</i> <i>M. athalia</i>	3V	3V	3VI	2VI	1-2VI	1VI	3V	2VI
Летний	<i>zpyzna P. argus</i> <i>C. glycerion</i> <i>A. hyperantus</i>	2VI	2VI		3VI	2VI	3VI	1VI	3VI
Позднелетний	<i>N. io</i> <i>A. paphia</i>	2VII	2VII	2VIII	3VII	3VII	3VII	2VII	3VII

Примечание – римскими цифрами обозначены месяца, арабскими – номера декад. Для весеннего аспекта в скобках дано начало лёта видов, у которых зимуют имаго.

В условиях холодной и затяжной весны (2017 и 2018 г.) начало массового лёта видов весеннего аспекта смещается на более поздние сроки, вплоть до конца третьей декады мая или даже начала июня. При сохранении дождливой погоды в июне происходит смещение лёта большинства видов на более поздние сроки, смешение лёта видов раннелетнего и летнего аспектов. Так, в 2017 – 2018 гг. в третьей декаде августа продолжали летать не только виды, зимующие на стадии имаго, но и виды группы *L. sinapis*, *P. napi*, *P. rapae*, *T. betulae*, *L. virgaureae*, *L. dispar*, *C. argiades*, *P. icarus*, *A. levana*, *V. atalanta*, *V. cardui*, *A. adippe*, *A. paphia*,

H. lycaon, *M. jurtina*. В 2022 г. при достаточно обычном по срокам начале лёта весеннего аспекта (конец первой декады мая) из-за дождливых и холодных второй и третьей декад мая сроки лёта раннелетнего аспекта сместились на более поздние даты. За счёт более тёплого, чем в 2017 и 2018 гг. июня и более жаркого июля, сроки вылета летнего и поздне-летнего аспектов сдвинулись сравнительно несильно, хотя в целом лёт и растянулся вплоть до конца второй-начала третьей декады августа.

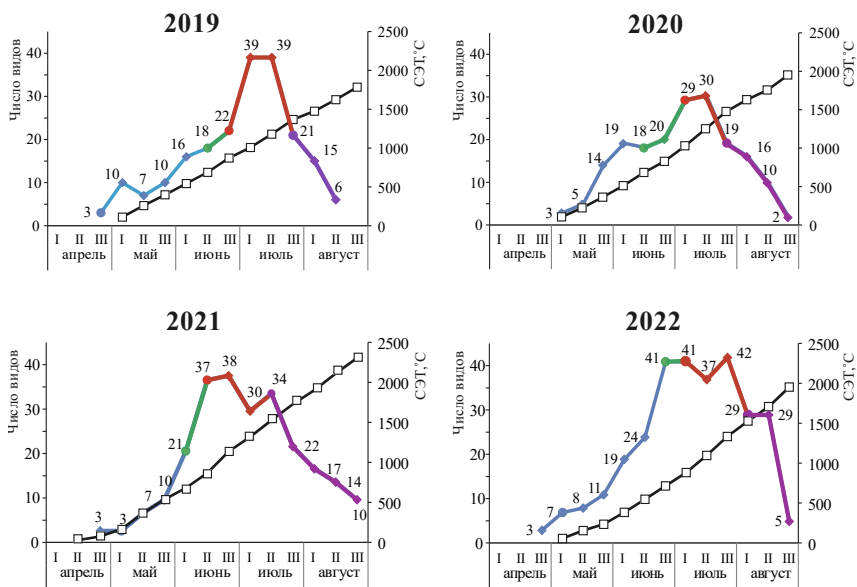


Рис. 2. Фенологические аспекты лёта булавоусых чешуекрылых Кировской области в 2019 – 2022 гг. Цветной линией обозначен график изменения числа видов, черной – накопление суммы эффективных температур (СЭТ). Цветами выделены аспекты: синий – весенний, зелёный – раннелетний, красный – летний, фиолетовый – позднелетний.

Разница в сроках вылета в разные годы весьма значительна. Так, разница в вылете видов весеннего аспекта, зимующих на стадии куколки, в 2023 г. и в 2017 г. составила 23 дня, в вылете видов раннелетнего аспекта в 2021 и 2017 гг. составила 28 дней, а летнего и позднелетнего в эти же годы – 21 и 22 дня соответственно.

При этом во всех случаях сроки начала лёта видов подчиняются определённым закономерностям. Сравнение сроков вылета видов-индикаторов всех четырёх аспектов в разные годы и сопоставление их с суммами среднесуточных температур после перехода через 0°C и +5°C демонстрирует взаимосвязь между температурами и сроками вылета видов аспекта (рис. 3).

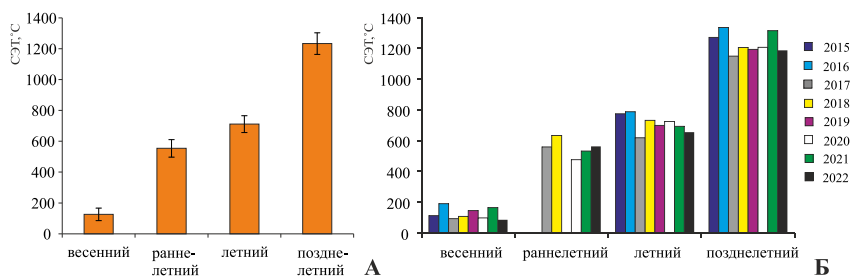


Рис. 3. Взаимосвязь суммы температур после устойчивого перехода через +5°C и сроков вылета фенологических аспектов чешуекрылых в Кировской области. А. Усредненные данные за 2015 – 2022 гг. Планками обозначено стандартное отклонение. Б. Ежегодные данные за 2015 – 2022 гг. Данные по раннелетнему аспекту не показаны за года, в которые происходило его наложение на летний.

Описанная выше закономерность сохраняется и для других регионов (рис. 4), для которых суммы были рассчитаны по датам первых находок из литературы (Шкурихин и др., 2011; GBIF, 2024) аналогично значениям для Кировской области. Так, *Aphantopus hyperantus* вылетает в Кировской области при сумме среднесуточных температур выше +5°C в среднем около 790±23°C, для Швеции и Финляндии первые обнаружения *A. hyperantus* за сезон приводятся в среднем при суммах 775±62°C и 676±17°C соответственно. Для *Aporia crataegi* этот показатель в Кировской области в среднем составляет 661±39°C, в Челябинской в 2010 г. был равен 590°C, в Швеции и Финляндии – соответственно 554±40°C и 502±49°C, для *Papilio machaon* – 396±66°C в Швеции и 378±63°C в Кировской области.

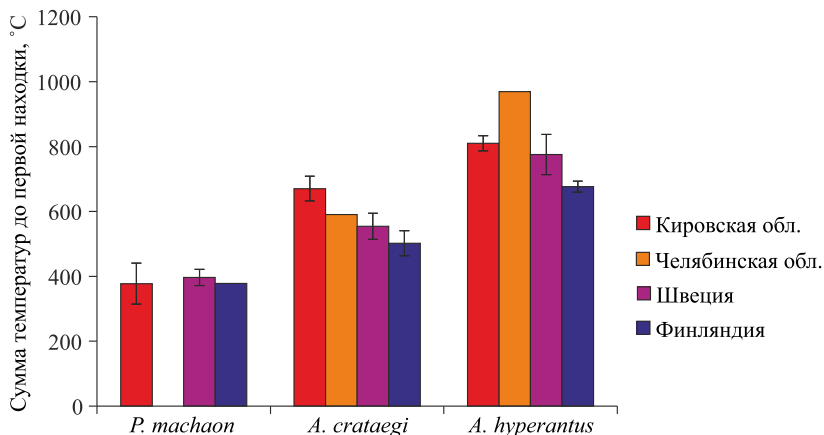


Рис. 4. Взаимосвязь сроков вылета отдельных видов в разных регионах и суммы температур после устойчивого перехода через +5°C. Планками обозначена стандартная ошибка.

Таким образом, лёт булавоусых чешуекрылых в Кировской области начинается в апреле–мае, продолжается до конца августа, начала сентября и включает четыре фенологических аспекта: весенний, раннелетний, летний и позднелетний. Наиболее богат видами летний фенологический аспект, лёт которого обычно начинается в конце второй – начале третьей декады июня и продолжается до конца второй декады июля. В зависимости от погодных условий конкретного года сроки лёта могут варьировать в достаточно широких пределах: смещаться на более ранние даты в жаркие годы и на более поздние в холодные и дождливые годы. Суммы среднесуточных температур после перехода через 0°C и +5°C оказываются гораздо более постоянны нежели конкретные даты лёта, хотя от года к году тоже могут несколько отличаться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адаховский Д.А.* Фенологические особенности булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) Удмуртии // Вестник Удмуртского Университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2005. № 10. С. 71–80.
База данных гидрометеорологических наблюдений суточного разрешения. URL: <https://ib.komisc.ru/climat/> (28.11.2019)
- Баранчиков Ю.Н.* Эколого-фаунистическая характеристика чешуекрылых (Rhopalocera) горной тайги Среднего Урала // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: Уральский университет, 1979. С. 5–17.
- Болотов И.Н.* Сезонные аспекты топических группировок булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Diurna) северной тайги на западе Русской равнины // Вестник Поморского Университета. Серия Естественные науки. 2009. № 1. С. 51–63.
- Горбач В.В.* Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) среднетаежной подзоны Юго-Восточной Фенноскандии. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1998. 21 с.
- Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России (под ред. С.Ю. Синёва). СПб.: Зоологический институт РАН, 2019. 448 с.
- Круликовский Л.К.* Чешуекрылые Вятской губернии // Материалы к познанию фауны и флоры Российской империи. Отдел зоологический. Вып. 9. М.: Типо-литография Товарищества И.Н. Кушнерев и КО, 1909а. С. 1–250.
- Круликовский Л.К.* Новые сведения о чешуекрылых Вятской губернии. // Русское энтомологическое обозрение. 1909б. Т. 9. С. 292–323.
- Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (10.08.2024).
- Татаринов А.Г., Долгин М.М.* Фауна европейского Северо-Востока России. Т. 7. Ч. 1. Булавоусые чешуекрылые. СПб.: Наука, 1999. 183 с.

Шкурихин А.О., Ослина Т.С., Захарова Е.Ю. Протандрия моно- и поливольтинных видов белянок и бархатниц (Lepidoptera, Pieridae, Satyridae) в условиях южно-уральской лесостепи // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 4. С. 80–91.

Aphantopus hyperantus. GBIF Occurrence Download. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.amktmy> (19.08.2024)

Aporia crataegi. GBIF Occurrence Download. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.gh6qws> (19.08.2024)

Papilio machaon. GBIF Occurrence Download. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.q8hyau> (05.08.2024)

DOI: [10.5281/zenodo.14748482](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748482)

Костные остатки низших позвоночных и птиц из отложений пещеры Нукатская (Южный Урал)

М.П. Маслинцына^{1,2}, М.С. Тарасова², Д.О. Гимранов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: пещера Нукатская, поздний плейстоцен, голоцен, низшие позвоночные, птицы

Сведения об изменении видового состава фаун низших позвоночных и птиц в позднем плейстоцене и голоцене на территории Южного Урала отрывочны и малочисленны (например, Сатаев, 2005; Яковлева Т.И, Яковлев А.Г., 2007; Danukalova et al., 2020). Однако эти виды являются компонентами ископаемых фаун и наряду с остатками млекопитающих в последние годы стали широко использоваться для реконструкций палеогеографических обстановок четвертичного периода.

Данное исследование посвящено описанию таксономического состава низших позвоночных и птиц из пещеры Нукатская. В позднем плейстоцене на протяжении долгого времени она служила логовом большого пещерного медведя *Ursus kanivetz* (Кисагулов и др., 2022; Сатаев, 2005). В её отложениях обнаружены многочисленные костные остатки этого вида, в числе которых кости молодых и новорожденных особей. Работ, посвященных описанию таксономического состава низших позвоночных и птиц из естественных кладбищ пещерных медведей, ранее опубликовано не было.

Пещера Нукатская (54°20'N, 57°46'E) расположена на Южном Урале, в Белорецком районе Республики Башкортостан, на высоте 30 м от поймы реки Нукат (Яковлев и др., 2000). Она состоит из привходового грота и внутренней части, которые разделены низким лазом высотой около 0.4 м. Пещера открыта в 1954 году и неоднократно исследована, в том числе сотрудниками лаборатории палеоэкологии ИЭРиЖ УрО РАН. Состав фауны низших позвоночных и птиц голоценового времени из этого местонахождения ранее опубликован и включает следующие виды: европейский хариус *Thymallus thymallus* Linnaeus 1758, налим *Lota lota* Linnaeus 1758, обыкновенный пескарь *Gobio gobio* Linnaeus 1758, обыкновенный голянь *Phoxinus phoxinus* Linnaeus 1758, голавль *Squalius cephalus* Linnaeus 1758, обыкновенный голец *Barbatula barbatula* Linnaeus 1758, обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* Linnaeus 1758, елец *Leuciscus leuciscus* Linnaeus 1758, таймень *Hucho taimen* Pallas 1773, щука *Esox lucius* Linnaeus 1758, травяная лягушка *Rana temporaria*

Linnaeus 1758, ломкая веретеница *Anguis fragilis* Linnaeus 1758, живородящая ящерица *Zootoca vivipara* Lichtenstein 1823, обыкновенный уж *Natrix natrix* Linnaeus 1758, обыкновенная гадюка *Vipera berus* Linnaeus 1758, чирок *Anas crecca-querquedula* Linnaeus 1758, белая куропатка *Lagopus lagopus* Linnaeus 1758, тетерев *Lyrurus tetrix* Linnaeus 1758, глухарь *Tetrao urogallus* Linnaeus 1758, сойка *Garrulus glandarius* Linnaeus 1758), серая ворона *Corvus cornix* Linnaeus 1758, певчий дрозд *Turdus philomelos* Brehm 1831 (Кисагулов и др., 2022; Сатаев, 2005; Яковлев и др., 2000; Danukalova et al., 2020).

В ходе экспедиций 2021–2024 гг. сотрудниками ИЭРиЖ УрО РАН проведены раскопки рыхлых отложений во внутренней части пещеры Нукатская. Грунт промыт на ситах с размером ячейки 0.5–1.0 мм. Из промытого и высушенного грунта выбраны костные остатки позвоночных животных. Таксономическая принадлежность остатков диагностирована путем сопоставления ископаемых экземпляров с образцами из сравнительной коллекции костей ИЭРиЖ УрО РАН. По степени сохранности все костные остатки разделены на три типа, различающихся по цвету и степени минерализации. Сильно минерализованные кости, имеющие коричневый, коричневато-желтый или темно-серый цвет, отнесены к позднеплейстоценовому типу сохранности. Слабо минерализованные кости белого, светло-желтого или светло-серого цвета отнесены к голоценовому типу сохранности. Некоторые костные остатки имеют смешанную прокрашенность: белый или светло-желтый цвет с участками темно-серого или коричневого. На основании характеристик, установленных нами для позднеплейстоценового и голоценового типов сохранности мы выделили кости, имеющие смешанную прокрашенность, в отдельную группу, тип сохранности которой определяется нами как позднеплейстоцен-голоценовый.

Среди костных остатков рыб идентифицированы белорыбица, речной окунь, а также определенные до уровня подотряда представители карповидных и лососевидных. По степени сохранности их остатки отнесены к позднеплейстоценовому типу. Речной окунь, обыкновенный ерш и, вероятно, хариус - голоценового типа сохранности (табл. 1).

Земноводные и пресмыкающиеся позднеплейстоценового типа сохранности в местонахождении немногочисленны и представлены пятью видами (табл. 1): остромордая и травяная лягушки, веретеница, обыкновенный уж и обыкновенная гадюка. Остатки голоценового типа сохранности более многочисленны. В них наряду с травяной лягушкой, веретеницей и обыкновенной гадюкой также обнаружены прыткая и живородящая ящерицы и обыкновенная медянка. Одна подвздошная кость лягушки идентифицирована как *Pelophylax* sp. и отнесена к плейстоцен-голоценовой группе.

Табл. 1. Таксономический состав и количество костных остатков низших позвоночных и птиц из пещеры Нукатская

Таксон	Группы сохранности			Общее число, экз.
	поздний плейстоцен	плейстоцен-голоцен	голоцен	
Класс Actinopterygii				
Белорыбца <i>Stenodus leucichthys</i>	1	–	–	1
Хариус <i>Thymallus</i> sp.	–	–	1	1
Лососевидные Salmonoidei	1	–	–	1
Карповидные Cyprinoidei	2	–	–	2
Обыкновенный ерш <i>Gymnocephalus cernuus</i>	–	–	1	1
Речной окунь <i>Perca fluviatilis</i>	1	–	23	24
Actinopterygii indet.	5	5	6	16
Класс Amphibia				
Остромордая лягушка <i>Rana arvalis</i>	1	–	–	1
Травяная лягушка <i>Rana temporaria</i>	14	22	7	43
Зеленые лягушки <i>Pelophylax</i> sp.	–	1	–	1
Настоящие лягушки Ranidae indet.	–	11	6	17
Бесхвостые амфибии Anura indet.	18	32	14	64
Класс Reptilia				
Веретеницы <i>Anguis</i> sp.	1	3	33	37
Прыткая ящерица <i>Lacerta agilis</i>	–	2	31	33
Живородящая ящерица <i>Zootoca vivipara</i>	–	–	2	2
Настоящие ящерицы Lacertidae indet.	–	–	1	1
Обыкновенная медянка <i>Coronella austriaca</i>	–	1	8	9
Полозовые Colubrinae indet.	–	–	1	1
Обыкновенный уж <i>Natrix natrix</i>	1	1	–	2
Ужеобразные Colubridae indet.	–	–	2	2
Обыкновенная гадюка <i>Vipera berus</i>	2	4	1	7
Гадюки <i>Vipera</i> sp.	–	3	–	3
Змеи Serpentes indet.	1	5	6	12
Класс Aves				
Глухарь <i>Tetrao urogallus</i>	1	7	–	8
Тетерев <i>Lyrurus tetrix</i>	1	2	3	6
Ястребиные Accipitridae indet.	2	–	–	2
Вальдшнеп <i>Scolopax rusticola</i>	–	1	1	2
Полярная сова/филин <i>Nyctea scandiaca/Bubo bubo</i>	–	4	–	4
Воробьинообразные Passeriformes indet.	4	13	18	35
Aves indet.	3	30	10	43

В составе орнитокомплекса обнаружены представители следующих отрядов: курообразные, ястребообразные, ржанкообразные, совообразные и воробьинообразные (табл. 1). Среди костных остатков позднплейстоценового типа сохранности наибольшее количество экземпляров принадлежит воробьинообразным. Также среди костей данной сохранности идентифицированы глухарь, тетерев и ближе не определимый представитель ястребиных. Среди костей голоценового типа сохранности наиболее многочисленны воробьинообразные. Отмечены курообразные, представленные одним видом – тетеревом. В плейстоцен-голоценовой группе многочисленны воробьинообразные и курообразные. Кроме того, среди костей голоценового типа сохранности зарегистрирован такой вид, как вальдшнеп. Обнаружены фаланги представителей совообразных, сопоставимые по размеру с белой совой или филином.

Присутствие в голоценовых отложениях пещеры Нукатская остатков речного окуня и обыкновенного ерша ранее не было отмечено. Находка белорыбицы является первой в позднем плейстоцене Южного Урала (Danukalova et al., 2020).

Костные остатки амфибий и рептилий позднплейстоценового типа сохранности в местонахождении представлены видами, населяющими в настоящее время преимущественно лесные местообитания. Находка среди остатков голоценового типа сохранности теплолюбивого представителя ящериц *L. agilis* соотносится с ранее опубликованным заключением о закономерном изменении климата от более холодного к более теплему при переходе от позднего плейстоцена к голоцену (Сатаев, 2005). Прыткая ящерица и обыкновенная медянка в составе фауны голоценового времени из пещеры Нукатская ранее не были описаны. Присутствие *Pelophylax* sp. в отложениях пещеры Нукатская также установлено впервые.

На существование в окрестностях пещеры Нукатская лесных биотопов в позднем плейстоцене указывает находка глухаря, так как этот вид приурочен к высокоствольным сосновым лесам (Кузьмина, 1977), но также встречается в лиственных лесах на водоразделах и в пойменных лесах в период летних и осенних кочевков. Другой вид курообразных – тетерев – представлен в местонахождении костными остатками всех типов сохранности и является экологически пластичным видом, населяя как открытые, так и лесные ландшафты. Вальдшнеп – экологически пластичный вид с широким гнездовым ареалом. Однако, наиболее часто его можно встретить в широколиственных и смешанных лесах, а также в лесостепных зонах (Рябицев, 2008). Присутствие в отложениях пещеры Нукатская вальдшнепа установлено впервые. Филин населяет как лесные, так и открытые ландшафты, чаще селится в нишах и пеще-

рах вблизи рек, таких как пещера Нукатская, тогда как белая сова в основном гнездится в тундрах, так как для охоты этому виду необходимо открытое пространство, и в лесах встречается не так часто (Пукинский, 1977). Это позволяет предполагать принадлежность костных остатков совообразных именно филину. Стоит отметить, что, несмотря на близость местонахождения к реке, водных и околоводных видов птиц отмечено не было.

В результате проведенного исследования получены новые данные о таксономическом составе рыб, земноводных, пресмыкающихся и птиц из пещеры Нукатская. Установлено присутствие 6 новых для изученного местонахождения видов (рыбы – 2, амфибии – 1, рептилии – 2, птицы – 1). Для Южного Урала обнаружен один новый вид – белорыбица *Stenodus leucichthys* (Güldenstädt, 1772).

Таким образом, установлен таксономический состав низших позвоночных и птиц из пещеры Нукатская. Ранее для берлог пещерных медведей подобных исследований проведено не было. Полученные данные позволяют более полно охарактеризовать природные условия, в которых обитали пещерные медведи в позднем плейстоцене в окрестностях местонахождения. Находки костных остатков глухаря, обыкновенного ужа, обыкновенной гадюки, травяной и остромордой лягушек свидетельствуют о наличии вблизи пещеры участков, занятых древесной растительностью. Такие участки могли располагаться в пойме реки Нукат, которая, вероятно, существовала на этой территории и в позднем плейстоцене. Лесистые поймы предположительно являлись не только местом обитания множества представителей лесной фауны, но и богатым источником пищи для пещерных медведей, являвшихся растительноядными животными.

Исследование представляет собой одно из первых и наиболее полных описаний фауны низших позвоночных и птиц из берлоги большого пещерного медведя. Настоящее исследование вносит существенный вклад в изучение истории формирования фаунистических комплексов на Южном Урале.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00147 (“Пещерные медведи: таксономия, биология и взаимоотношение с человеком”), <https://rscf.ru/project/24-24-00147/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Кисагулов А.В., Струкова Т.В., Тарасова М.С. и др. Новые данные о местонахождении пещера Нукатская (Южный Урал) с массовым скоплением остатков пещерных медведей // Палеонтология и стра-

- тиграфия: современное состояние и пути развития. Материалы LXVIII сессии Палеонтологического общества при РАН, посвященной 100-летию со дня рождения Александра Ивановича Жамойды. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2022. С. 216–217.
- Кузьмина М.А.* Тетеревиные и фазановые СССР. Эколого-морфологическая характеристика. Алма-Ата: Наука КазССР, 1977. 296 с.
- Пукинский Ю.Б.* Жизнь сов. Серия: Жизнь наших птиц и зверей. Вып. 1. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1977. 240 с.
- Рябицев В.К.* Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. Изд. 3-е. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2008. 634 с.
- Сатаев Р.М.* Экологическая интерпретация палеофаунистических материалов (на примере голоценовых местонахождений наземных позвоночных Башкирского Южного Урала) // Дисс. ... канд. биол. наук. Казань, 2005. 212 с.
- Яковлев А.Г., Данукалова Г.А., Алимбекова Л.И.* и др. Биостратиграфическая характеристика геологического памятника природы «Пещера Нукатская» // Плейстоценовые и голоценовые фауны Урала: сборник научных трудов. Челябинск: Изд-во «Рифей», 2000. С. 81–104.
- Яковлева Т.И., Яковлев А.Г.* Динамика герпетофауны западного макросклона гор Южного Урала в голоцене // Вестник Оренбургского государственного университета. 2007. № 75. С. 434–436.
- Danikalova G., Kosintsev P., Yakovlev A.* et al. Quaternary deposits and biostratigraphy in caves and grottoes located in the Southern Urals (Russia) // Quaternary international. 2020. № 546. P. 84–124.

DOI: [10.5281/zenodo.14748598](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748598)

Методологические подходы к изучению генетического полиморфизма берез

С.О. Медведева, О.Е. Черепанова

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: маркеры хлоропластной ДНК, ITS, гибридизация, проточная цитометрия

Betula L. – род, широко представленный в северном полушарии, обладает высокой хозяйственной, декоративной и экологической ценностью. Березы являются не только важнейшим компонентом естественных экосистем, но и активно используются дендрологами в восстановлении антропогенно нарушенных земель (Dubois et al., 2020). Ведутся работы по получению межвидовых гибридов и разработке новых сортов, форм с различными ценными признаками (Исаков, Мацнева, 2014, Исаков и др., 2023). Понимание генетических особенностей и потенциала р. *Betula* способствует развитию генетической паспортизации, районированию и селекции новых форм и разновидностей. На территории Евразии наиболее широко распространены березы из секций *Betula* (белые березы) и *Apterocaryon* (карликовые березы): *B. pubescens* Ehrh. (береза пушистая) – тетраплоидный вид, *Betula pendula* Roth. (береза повислая), *B. nana* L. (береза карликовая), *B. humilis* Schrk. (береза низкая) – диплоидные виды (Агапова и др., 1990). Имеются данные о гибридизации между этими видами, однако интенсивность этой гибридизации в естественных популяциях на территории Евразии остается неясной (Thorsson et al., 2007, Anamthawat-Jónsson, 2019). Внутри и межвидовая генетическая изменчивость перечисленных видов берез изучалась с использованием маркеров ядерной ДНК, таких как внутренние транскрибируемые спейсеры рибосомальной ДНК (ITS-регион) (Wang et al., 2016), микросателлитные последовательности (SSR) (Tsuda et al., 2017) и маркеров хлоропластной ДНК (хпДНК) (Palmé et al. 2003). Цитогенетический полиморфизм, а также наличие и интенсивность гибридизации берез исследовались с помощью метода проточной цитометрии (Anamthawat-Jónsson et al., 2010), а также с помощью ядерных микросателлитных последовательностей (Маслов и др., 2019). Большинство работ по изучению генетики карликовых и белых берез охватывают территорию Европейской части ареалов данных видов, при этом в Уральском регионе березы малоисследованы. Комплексный подход с использованием различных молекулярно-генетических методов позволяет получить наиболее полную информацию о

межвидовом и внутривидовом генетическом разнообразии изучаемых видов. В связи с этим авторы поставили перед собой **цель**: проверить применимость некоторых молекулярных методов для изучения генетического полиморфизма берез и оценить их эффективность для различных исследовательских задач. Были протестированы следующие методы: полиморфизм маркеров хпДНК, ядерных микросателлитов (SSR), ядерного региона (ITS1-2) и метод проточной цитометрии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа генетического полиморфизма образцы собраны в популяциях на Урале (Табл. 1). В каждой из популяций отобрано по 20–24 генеративных особей на расстоянии не ближе 20 м друг от друга.

Тотальная ДНК была выделена с использованием СТАБ-метода (Doyle, Doyle, 1990). Амплификацию регионов хпДНК проводили с использованием праймеров и условий, описанных ранее (Medvedeva et al., 2021, Cherepanova et al., 2024). Рестрикция ампликонов проводилась рестриктазами HinfI, AluI при температуре 37°С в течение 3 часов. Разделение полученных фрагментов выполнено в полиакриламидном геле ПААГ с последующим окрашиванием AgNO₃. Статистический анализ бендов произведен с помощью Arlequin 3.5 (Excoffier, Lischer, 2009).

Для проточной цитометрии использовали внутренний стандарт *Solanum pseudocapsicum* с 2С = 2.59 пг (Temsch et al., 2010). Для приготовления суспензии ядер свежие листья образцов измельчались с листьями стандарта в 1 мл Tris-MgCl₂ буфера (0.4 М Tris-основание, 4 mM MgCl₂*6H₂O, 0.5% Triton X-100) с добавлением PI (50 µг/мл), РНК-азы (50 µг/мл) и β-меркаптоэтанола (1 мл/мл) (Pfosser et al., 1995). Измельченные образцы затем фильтровали через нейлоновый фильтр с размером пор 50 мкм и инкубировали 30 минут при +37°С. Детекцию пиков флуоресценции проводили при помощи проточного цитометра Partec CyFlow PA (Partec, GmbH) с лазерным источником излучения с длиной волны 532 нм. Для дальнейшей интерпретации данных использовали пики с не менее чем 1000 детектируемых частиц. Содержание ДНК исследуемых образцов рассчитывали исходя из формулы:

Содержание ДНК (2С, пг) образца = $f \times$ Содержание ДНК (2С, пг) стандарта
, где f = Среднее значение G1 пика образца/Среднее значение G1 пика стандарта

Визуализацию и обработку гистограмм проводили с использованием штатного программного обеспечения проточного цитометра CyView (Partec, GmbH). Расчет содержания ДНК и статистическую обработку проводили методами параметрической статистики в Microsoft Excel 2003.

Для проведения микросателлитного анализа использованы пять полиморфных SSR-локусов берез – L 2.3, L 3.4, L 5.4, L 1.10, L 7.3 (Truong et al., 2005). Температурный профиль ПЦР состоял из первоначальной денатурации при 94°C в течение 5 мин, 30 циклов амплификации (денатурация 94°C – 1 мин, отжиг 57°C – 75 с, элонгация 1 мин 15 с при 72°C) и завершающей элонгации 10 мин при температуре 72°C. Визуализацию полученных бендов проводили на ПААГ последующим окрашиванием AgNO₃. Статистический анализ произведен в программе STRUCTURE v.2.3.4 (Pritchard et al., 2000).

Табл. 1. Описание географические названия точек сбора образцов и использованные методики

№	Популяция	<i>B. nana</i>	<i>B. humilis</i>	<i>B. pubescens</i>	<i>B. pendula</i>
1	Ямал, р. Танловаяха	1, 2			
2	Ямал, р. Хадытаяха	1, 2			
3	Салехард, р. Войкар	1, 2		1, 2	
4	Серебрянский камень	1, 2, 4		1, 2, 4	
5	Иовское плато	1, 2		1, 2	
6	Среднеуральск	1, 2, 4		1, 2, 4	
7	Оз. Малый Шарташ	1, 2		1, 2	
8	Бол. Шабровское, близ п.Шабровский	1, 2		1, 2	
9	Бол. Ольховское, близ г. Богданович	1, 2, 4	1, 2	1, 2, 4	
10	Бол. окрестности Слюдорудника	1, 2	2	1, 2	
11	Оз. Багаряк		2	2	
12	Приполярный Урал, г.Рума	2, 4		2, 4	
13	Хамитово Болото, г. Миасс		4	4	
14	г. Большой Ирмель, Челябинская обл.			2, 3, 4	2, 3, 4

Примечание: 1 - выполнен рестриктивный анализ хпДНК, 2 - выполнен анализ нуклеотидных последовательностей региона ITS1-2 ядерной рДНК (секвенирование по методу Сэнгера), 3 - выполнен анализ ядерных микросателлитных последовательностей, 4 - выполнена оценка содержания ДНК в пг методом проточной цитометрии

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Генетический полиморфизм *B. nana*, *B. pubescens* вдоль Уральского хребта проанализирован на основании изменчивости маркеров хпДНК *trnC-trnD*, *trnH-psbA*, *trnS-trnG*, *trnL-trnF*, *trnS-trnT*, *trnK1-trnK2*, *matK1* с применением рестриктового метода (полиморфизм длин рестриктных фрагментов, ПДРФ). В результате исследования в популяциях *B. nana* и *B. pubescens* выявлено 12 хлоротипов, среди которых наиболее часто встречались хлоротипы А и В. Популяции Полярного Урала характеризуются преобладанием хлоротипа А (около 30% выборки), сниженным генетическим полиморфизмом ($H_e = 0.169$) и низкой дифференциацией ($G_{st} = 0.000-0.050$), что, возможно, связано с плейстоценовыми и голоценовыми миграционными процессами, краевым эффектом и особенностями экологических условий арктической тундры. В популяциях Среднего Урала преобладает хлоротип В (около 15% выборки) и генетическая изменчивость выше в 1.7 раза ($H_e=0.296$). Снижение потока генов между болотными популяциями Среднего Урала приводит к высокой межпопуляционной дифференциации ($G_{st} = 0.701$, $N_{st} = 0.764$). Выявлены общие хлоротипы и низкая межвидовая дивергенция между *B. nana* и *B. pubescens* ($G_{ct}=0.007$, $N_{ct}=0.064$). Таким образом метод ПДРФ хпДНК показал высокую эффективность для изучения внутри-, межвидовой изменчивости и филогеографии берез.

Результаты анализа плоидности изученных образцов методом проточной цитометрии свидетельствуют об однородном содержании ДНК в популяциях *B. nana*, *B. pubescens* (Серебрянский камень, Среднеуральск, бол. Ольховское, г. Рума Приполярный Урал) и *B. humilis* (пос. Нижний Атлян) с диапазоном варьирования 2С содержания ДНК 0.91–1.09 пг для *B. nana*, 1.85–2.10 пг для *B. pubescens* и 0.88–1.00 пг для *B. humilis*, а также о присутствии единичных триплоидных гибридов *B. nana* × *B. pubescens*, *B. humilis* × *B. pubescens* в популяциях Среднего Урала (бол. Ольховское, пос. Нижний Атлян) и более многочисленных триплоидных гибридов *B. nana* × *B. pubescens* на приполярном Урале (г. Рума), что позволяет предположить низкую встречаемость последних на Среднем и Южном Урале, возможно, северную локализацию зоны гибридизации этих видов берез. Проведенный анализ показывает, что метод проточной цитометрии является наиболее эффективным инструментом для поиска и верификации триплоидных гибридов берез.

Микросателлитный анализ (SSR) образцов *B. pubescens*, *B. pubescens* var. *tortuosa* Ledeb. (Koehne) (Ashburner, McAllister, 2016), *B. pendula* и образцов *Betula* с промежуточной морфологией собранных в окрестностях г. Большой Ирмель выявил 4 генетических кластера, при этом все группы образцов показали смешанный генетический состав и отсутствие четкой генетической дифференциации по видам. Однако отме-

чаются различия между *B. pubescens* и *B. pendula*, а именно превалирование генетического кластера №2 у *B. pendula* и №3 у *B. pubescens* а также образцов *Betula* с промежуточной морфологией. *B. pubescens* var. *tortuosa* по соотношению генетических кластеров также оказалась близка к *B. pubescens*. Поведенный анализ позволяет предположить, что образцы *Betula* с промежуточной морфологией в основном могут быть отнесены к *B. pubescens*, а единичные к *B. pendula*. Вероятно, метод микросателлитного анализа позволяет дифференцировать *B. pubescens* и *B. pendula*, однако требуется использование дополнительных локусов и увеличение выборки. Таким образом, анализ ядерных микросателлитных последовательностей (SSR) может быть использован для оценки межвидовой генетической изменчивости берез, а также внутривидовой изменчивости (Tsuda et al., 2017, Медведева, Черепанова не опубликовано).

Анализ нуклеотидных последовательностей региона ITS1-2 ядерной рибосомальной ДНК *B. nana*, *B. pubescens*, *B. humilis*, *B. pendula* показал наличие 12 риботипов, наибольшим гаплотипическим генетическим разнообразием характеризуются популяции *B. nana*. Регион ITS 1-2 оказался достаточно информативным и позволил дифференцировать близкородственные виды карликовых берез *B. humilis*, *B. nana* произрастающие на территории Среднего Урала. При этом у *B. nana*, *B. pubescens*, *B. pendula* обнаружены общие риботипы, свидетельствующие о возможных процессах гибридизации между этими видами. Таким образом дифференциация этих видов берез с помощью региона ITS1-2 на территории Урала затруднительна.

ВЫВОДЫ

Среди методов использованных авторами метод ПДРФ хпДНК и SSR анализ ядерной ДНК являются наиболее эффективными для изучения внутри- и межвидового генетического полиморфизма берез Урала. Метод проточной цитометрии может быть успешно использован для изучения цитогенетического полиморфизма берез и выявления триплоидных гибридов. В свою очередь, анализ региона ITS 1-2 подходит для межвидовой дифференциации карликовых берез на Среднем Урале, однако является малоэффективным для дифференциации остальных видов берез на территории Урала.

Дальнейший интерес представляет подтверждение выявленных закономерностей на расширенной выборке популяций берез, распространенных на Урале.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (РНФ) (грант № 23-24-00598).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агапова Н.Д., Архарова К.Б., Вахтина Л.И., Земскова Е.А. и др. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР: семейства Aceraceae – Menyanthaceae. Л.: Наука, 1990. 233 с.
- Исаков И.Ю., Мацнева М.А. Получение и ростовые характеристики гибридов в роде *Betula*: онтогенетические и средовые факторы // Лесотехнический журнал. 2014. №. 2. С. 37–41.
- Исаков И.Ю., Табацкая Т.М., Внукова Н.И., Машкина О.С. и др. Фенотипическая и генетико-селекционная оценка березы повислой и березы пушистой *ex situ* и *in vitro* // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13. № 2(50). С. 25–42.
- Маслов А.А., Баранов О.Ю., Сурин А.А. Идентификация видов берез в заболоченных лесах центра Русской равнины по результатам молекулярно-генетического анализа // Лесоведение. 2019. № 3. С. 177–187.
- Ashburner K., McAllister H.A. The genus *Betula*: a taxonomic revision of birches. London: Kew Publishing, 2013. 431 pp.
- Anamthawat-Jónsson K., Thórsson T., Tamsch E. M., Greilhuber J. Icelandic Birch Polyploids – The Case of a Perfect Fit in Genome Size // Journal of Botany. 2010. Vol. 2010. № 347254. P. 1–9.
- Anamthawat-Jonsson K. Hybrid introgression: the outcomes of gene flow in birch // ScienceAsia. 2019. Vol. 45. P. 203–211.
- Cherepanova O., Medvedeva S., Filippov E., Ivchenko T. et al. Biodiversity Evolution of a Shrub *Betula nana* L. Populations in the Urals // International Journal of Forestry Research. 2024. Vol. 2024. № 2644583. P. 1–14.
- Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of Plant DNA from Fresh Tissue // Focus. 1990. Vol. 12. № 1. P. 13–15.
- Dubois H., Verkasalo E., Claessens H. Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe // Forests. 2020. Vol. 11. № 3. P. 1–26.
- Excoffier L., Lischer H. Arlequin suite ver. 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows // Molecular Ecology Resources. 2010. Vol. 10. P. 564–567.
- Medvedeva S., Cherepanova O., Tolkach O., Ponomarev V. et al. TrnL-trnF cpDNA polymorphism in some representatives of the genus *Betula* // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 35. P. 1–5.
- Palmé A., Su Q., Rautenberg A., Manni F., Lascoux M. Postglacial recolonization and cpDNA variation of silver birch, *Betula pendula* // Molecular Ecology. 2003. Vol. 12. P. 201–212.

- Pfossier M., Amon A., Lelley T., Heberle-Bors E.* Evaluation of sensitivity of flow cytometry in detecting aneuploidy in wheat using disomic and ditelosomic wheat-rye addition lines // *Cytometry*. 1995. Vol. 21. № 4. P. 387–393.
- Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P.* Inference of population structure using multilocus genotype data // *Genetics*. 2000. Vol. 155. № 2. P. 945–959.
- Temsch E.M., Greilhuber J., Krisai R.* Genome size in liverworts // *Preslia*. 2010. Vol. 82. P. 63–80.
- Thorsson Æ. Th., Pálsson S., Sigurgeirsson A., Anamthawat-Jonsson K.* Morphological variation among *Betula nana* (dip-loid), *B. pubescens* (tetraploid) and their triploid hybrids in Iceland // *Annals of Botany* 2007. Vol. 99. № 6. P. 1183–1193.
- Truong C., Palmé A.E., Felber F., Naciri-Graven Y.* Isolation and characterization of microsatellite markers in the tetraploid birch, *Betula pubescens* ssp. *tortuosa* // *Molecular Ecology Notes*. 2005. Vol. 5. № 1. P. 96–98.
- Tsuda Y., Semerikov V., Sebastiani F., Vendramin G.G.* et al. Multispecies genetic structure and hybridization in the *Betula* genus across Eurasia // *Molecular Ecology*. 2017. Vol. 26. P. 589–605.
- Wang N., McAllister H.A., Bartlett P.R., Buggs R.J.A.* Molecular phylogeny and genome size evolution of the genus *Betula* (Betulaceae) // *Annals of Botany*. 2016. Vol. 117. P. 1023–1035.

DOI: [10.5281/zenodo.14748611](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748611)

Изучение канцерогенного риска малых доз диоксинов на рыжей полевке, обитающей за пределами санитарной зоны полигона ТБО / свалки «Саларьево» (г. Москва)

Т.А. Мышлявкина^{1,2}, Н.В. Умнова¹, А.И. Ким^{2,3},
А.Р. Лавренев^{1,2}, В.С. Румак^{1,2}

¹Институт проблем экологии и эволюции РАН, г. Москва

²Московский государственный университет, г. Москва

³Университет МГУ–ППИ в Шэньчжэне, г. Шэньчжэнь (Китай)

Ключевые слова: диоксины, канцерогенный потенциал, рыжая полёвка

Полигоны твёрдых бытовых отходов (ТБО) являются источниками диоксинов, загрязняющих в невысоких дозах (менее ПДК, малых – МД) среду за пределами санитарных зон (СЗ). При этом окружающая среда – активный фактор, определяющий особенности экотоксикокинетики, биоаккумуляции и сверхкумуляции, передачи диоксинов потомкам (Całkosiński et al., 2014), запуска механизмов пожизненного действия (Roumak et al., 2022).

В России токсичность диоксинов характеризуют по степени содействия развитию онкопатологии путем расчета значений показателя канцерогенного потенциала (КП) (Руководство МЗ РФ Р 2.1.10.1920–04). Особенности опосредованной средой токсичности этих веществ путем такого расчета обоснованно учесть нельзя. Для их учета создан способ начальной оценки КП МД (способ) (Патент №2824339, 2024). Способ получения необходимых для этого данных путем измерения содержания диоксинов в тканях рыжих полёвок из локальных природных популяций – вида млекопитающих, модельного для мониторинга пожизненной экспозиции диоксинами, обоснован нами ранее (Патент №2743498, 2021; Roumak et al., 2018, 2022). Результаты верификации способа путем регистрации уровня экспрессии гена диоксинового рецептора (ahr) определили цель исследования. Механизмы экспрессии ahr и запуска канцерогенеза рассматривают как взаимосвязанные (Хрипач и др., 2005).

Объектом исследования были отловленные нами на загрязненных диоксинами (WHO-TEQ05 поверхностных слоёв почв 1.0 пг/г) лесных территориях ≈ в 1 км от границ СЗ полигона ТБО «Саларьево» (г. Москва) (ПТБО_С) животные из природной популяции рыжей полёвки *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780). Содержание диоксинов в тушках определено (Roumak et al., 2018) в 4 объединённых пробах (34 особи). Измерение экспрессии ahr выполнено методом количественной

ОТ-ПЦР в образцах фрагментов печени 13 диких особей, условный контроль составили особи (n=7) из виварной линии НЭБ «Черноголовка» ИПЭЭ РАН (Лавренов и др., 2023). В основу расчета ожидаемого уровня КП МД диоксинов (CR) взята формула $CR = LADD \times SF_0$ (где: LADD – значения среднесуточных доз для так называемого гипотетического человека при максимально жесткой его экспозиции на протяжении 70 лет жизни, мг/(кг × сут); SF₀ – табличные значения фактора канцерогенного потенциала для конкретного конгенера, (мг/(кг × сут))⁻¹ (Руководство МЗ РФ Р 2.1.10.1920–04). Незвестным в формуле были значения LADD. Основанием к их расчету стало обоснованное нами допущение о поглощении и накоплении в тканях полевок за период жизни сопоставимых в первом приближении с гипотетическим человеком количеств диоксинов. Это допущение в полной мере отвечает требованиям к скрининговому этапу исследования, призванного отвечать на вопрос о необходимости продолжения или прекращения исследований.

Табл. 1. Показатели расчетной вероятности развития онкопатологии у гипотетического человека (CR), проживающего вблизи полигона «Саларьево»

Конгенеры	Содержание в тканях рыжих полёвок (n=34) конгенов диоксинов, пг/г сух. веса	LADD, мг/(кг × сут.)	SF ₀ , (мг/(кг × сут.))-1	CR
2, 3, 7, 8 - ТХДД	0.22 ± 0.04	1.21×10 ⁻⁹	150000	1.81×10 ⁻⁴
1, 2, 3, 7, 8 - ПеХДД	0.45 ± 0.05	2.48×10 ⁻⁹	80000	1.98×10 ⁻⁴
1, 2, 3, 4, 7, 8 - ГкХДД	0.15 ± 0.02	8.47×10 ⁻¹⁰	16000	1.36×10 ⁻⁵
1, 2, 3, 6, 7, 8 - ГкХДД	0.25 ± 0.04	1.4×10 ⁻⁹	16000	2.24×10 ⁻⁵
1, 2, 3, 7, 8, 9 - ГкХДД	0.1 ± 0.02	5.83×10 ⁻¹⁰	6200	3.61×10 ⁻⁶
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 - ГпХДД	0.27 ± 0.03	1.5×10 ⁻⁹	1600	2.39×10 ⁻⁶
2, 3, 7, 8 - ТХДФ	0.47 ± 0.16	2.6×10 ⁻⁹	16000	4.17×10 ⁻⁵
1, 2, 3, 7, 8 - ПеХДФ	0.1 ± 0.04	5.56×10 ⁻¹⁰	8000	4.45×10 ⁻⁶
2, 3, 4, 7, 8 - ПеХДФ	1.3 ± 0.36	7.24×10 ⁻⁹	80000	5.79×10 ⁻⁴
1, 2, 3, 4, 7, 8 - ГкХДФ	0.63 ± 0.14	3.51×10 ⁻⁹	16000	5.62×10 ⁻⁵
1, 2, 3, 6, 7, 8 - ГкХДФ	0.47 ± 0.12	2.6×10 ⁻⁹	16000	4.15×10 ⁻⁵
2, 3, 4, 6, 7, 8 - ГкХДФ	0.54 ± 0.13	2.99×10 ⁻⁹	16000	4.78×10 ⁻⁵
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 - ГпХДФ	0.33 ± 0.07	1.85×10 ⁻⁹	1600	2.96×10 ⁻⁶
ОХДФ	0.11 ± 0.16	5.93×10 ⁻¹⁰	13	7.71×10 ⁻⁹

Примечание. LADD для всей смеси конгенов = 7.36 × 10⁻⁹ мг/(кг × сут.). Интегральная характеристика CR конгенов диоксинов (суммированные величины) = 1.2 × 10⁻³

Представленные в таблице значения для показателя LADD (7.36×10^{-9} мг/(кг × сут.)) оказались на несколько порядков меньше установленных в России (10 пг/кг) и ВОЗ (1–4 пг/кг) санитарно-гигиенических нормативов (суточных доз для человека). При этом значения CR были выше критерия, который обоснован МЗ РФ как неприемлемый ни для населения, ни для профессиональных групп (равный или более 1.0×10^{-3}) (Руководство МЗ РФ Р 2.1.10.1920–04). Экспериментальным свидетельством формирования в организме экспонированных животных изменений, способствующих запуску механизмов канцерогенеза, стали значимо большие уровни экспрессии *ahr* против условного контроля (рис. 1). Дело в том, что работа *ahr* сопряжена с системой ответа на окислительный стресс и регуляцией онкосупрессоров. Совокупность полученных данных позволяет рассматривать их как подтверждение концепции: «диоксины токсичны при любых концентрациях, установленные для них пороговые дозы и нормы – это большая условность» (Софронов и др., 2019).

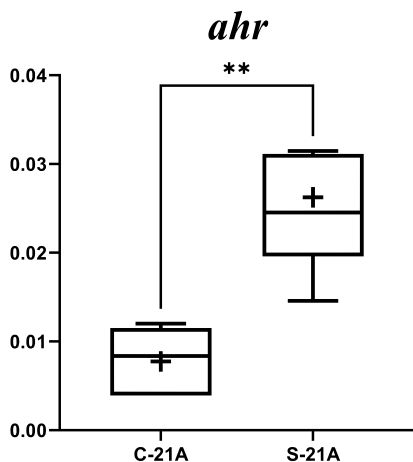


Рис. Относительные уровни экспрессии гена *ahr* у рыжих полёвок. C-21A – особи из виварной линии (условный контроль); S-21A – особи из окрестностей ПТБО_С; ** – значимое отличие контроля и опыта по критерию Манна-Уитни при $p \leq 0.01$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лавренов А.Р., Мышлявкина Т.А., Умнова Н.В. и др. Особенности экспрессии маркерных генов рыжей полевки *Clethrionomys glareolus*, отражающие эффекты экотоксичности загрязненной диоксинами среды // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2023. Т. 78. № 2. С. 86–94.

- Софронов Г.А., Рембовский В.Р., Радилев А.С., Могиленкова Л.А.* Современные взгляды на механизм токсического действия диоксинов и их санитарно-гигиеническое нормирование // Медицинский академический журнал. 2019. Т. 19. № 1. С. 17–28.
- Хрипач Л.В., Журков В.С., Ревазова Ю.А., Рахманин Ю.А.* Проблемы оценки канцерогенной опасности диоксинов // Гигиена и санитария. 2005. № 6. С. 24–27.
- Całkosiński I., Rosińczuk-Tonderys J., Bazan J.* et al. Influence of dioxin intoxication on the human system and possibilities of limiting its negative effects on the environment and living organisms // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2014. Vol. 21. № 3. P. 518–524.
- Roumak V.S., Levenkova E.S., Umnova N.V.* et al. The content of dioxins and furans in soils, bottom sediments of water bodies, and tissues of small mammals near the landfill site with municipal solid wastes (Moscow, Russia) // Environmental science and pollution research international. 2018. Vol. 25. № 29. P. 29379–29386.
- Roumak V.S., Popov V.S., Shelepchikov A.A.* et al. Seasonal peculiarities of PCDD/Fs levels in bank voles inhabiting sites in the vicinity of the landfill with municipal wastes (Moscow, Russia) // Environmental science and pollution research international. 2022. Vol. 29. № 35. P. 52796–52805.

DOI: [10.5281/zenodo.14748654](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748654)

***Alopecosa* ли *Mustelicos*?**
Обзор рода *Mustelicos* (Roewer, 1960)
и близких видов группы *albostrata*
из рода *Alopecosa* Simon, 1885 (Araneae: Lycosidae)

В.Ю. Никитенко¹, Г.Н. Азаркина²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск

Ключевые слова: *Aranei*, *Mustelicos*, новая комбинация, синонимия, систематика

Род *Alopecosa* Simon, 1886 является одним из крупнейших родов пауков-волков (сем. Lycosidae) со 170 валидными видами (World Spider Catalog, 2024). В составе рода выделяют несколько групп видов. Одной из них является небольшая группа *albostrata*, включающая 3 вида: восточнопалеарктический бореальный *A. albostrata* (Grube, 1861), циркумголаркто-субарктический *A. mutabilis* (Kulczyński, 1908) и неаркто-арктический *A. exasperans* (O. Pickard-Cambridge, 1877). Два последних вида встречаются исключительно в тундровой зоне, тогда как первый вид доходит на юге до 50°с.ш. (Marusik, 2018). Марусик (2018) отмечал, что строение копулятивных органов этих видов сходно с *Mustelicos dimidiata* (Thorell, 1875), но отлично от типа рода и что виды из группы *albostrata*, по всей видимости, должны быть перенесены в род *Mustelicos*.

Род *Mustelicos* (Roewer, 1960) впервые был выделен Рёвером в 1955 году для четырёх видов – трёх палеарктических, *Mustelicos dimidiata* (Thorell, 1875), *Mustelicos opiphex* (Wagner, 1891), *Mustelicos ordosa* (Hogg, 1912), и одного австралийского *Mustelicos goyderi* (Roewer, 1955), однако диагноз рода был дан только в 1960 (Roewer, 1960). В настоящее время род *Mustelicos* включает 2 вида – *M. dimidiata* (Thorell, 1875) и *M. ordosa* (Hogg, 1912) (World Spider Catalog, 2024). *M. ordosa* был описан из Северо-Западного Китая и известен только по первоописанию. *M. dimidiata* имеет достаточно широкий ареал – от Восточной Европы на западе до гор Южной Сибири, Монголии и Китая на востоке (восточнопалеарктический степной ареал).

Цель работы: выяснение принадлежности группы видов *albostrata* к роду *Alopecosa*, а также валидности рода *Mustelicos*. Высокая вну-

тривидовая вариабельность в размерах, окраске тела (Marusik, 2018) и строении копулятивных органов, а также симпатричность ареалов поставили перед нами ряд дополнительных задач.

Были изучены музейные коллекции пяти видов (порядка 150 экземпляров) – трёх из рода *Alopecosa* (группа *albostriata* sensu Marusik, 2019) и двух из рода *Mustelicosa* (рис. 1). Кроме того, были осуществлены полевые сборы свежего материала.



Рис. 1. Вариабельность внутривидовой окраски самцов *Mustelicosa dimidiata* (Алтайский край, окр. Барнаула).

Определение, иллюстрирование, снятие промеров проводилось с использованием Zeiss Stemi-2000C, MBS-10 и SEM Hitachi TM-1000 в ИСиЭЖ СО РАН. Карта (Рис. 2) была сделана с использованием онлайн сервиса Simplemappr (Shorthouse, 2010). Все иллюстрации обрабатывались в Adobe Photoshop и CorelDraw.



Рис. 2. Распространение видов из группы *albostriata* (род *Alopecosa*) (изученный материал).

По строению копулятивных органов *Mustelicoso dimidiata* близка к группе видов *albostrata* из рода *Alopecosa*. Группа видов *albostrata* относится к роду *Alopecosa*, род *Mustelicoso* также, по всей видимости, относится к роду *Alopecosa*. Изучение типового материала по *Mustelicoso ordosa* показало, что вид был описан по ювенильным экземплярам – применение этого названия к определённому таксону неясно.

Как и ожидалось (Marusik, 2018), внутри группы *albostrata* и вида *Mustelicoso dimidiata* имеется высокая внутривидовая и внутривидовая изменчивость. Кроме того, в горах Южной Сибири нами обнаружен новый вид, встречающийся симпатрично с *Mustelicoso dimidiata* и ведущий сходный образ жизни (оба вида относятся к роющим ликозидам).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Marusik Y.M. Redescription of *Alopecosa albostrata* (Araneae: Lycosidae) based on specimens from Siberia // Zootaxa. 2018. Vol. 4482. № 2. P. 383–391.
- Roewer C.F. Katalog der Araneae von 1758 bis 1940, bzw. 1954. 2. Band, Abt. a (Lycosaeformia, Dionycha [excl. Salticiformia]). 2. Band, Abt. b (Salticiformia, Cribellata) (Synonyma-Verzeichnis, Gesamtindex). Bruxelles: Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 1955. 1751 pp.
- Roewer C.F. Araneae Lycosaeformia II (Lycosidae) (Fortsetzung und Schluss) // Exploration du Parc National de l'Upemba. 1960. Mission G. F. de Witte. Vol. 55. P. 519–1040.
- Shorthouse D.P. 2010. SimpleMappr, an online tool to produce publication-quality point maps. URL: <http://www.simplemappr.net>
- World Spider Catalog. 2024. Version 25.5. Natural History Museum Bern. URL: <http://wsc.nmbe.ch>

DOI: [10.5281/zenodo.14748682](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748682)

Динамика гнездования кречета на инфраструктурных объектах полуострова Ямал за 2016–2023 год

Ю.Е. Онучина^{1,2}, А.А. Соколов², В.А. Соколов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Falco rusticolus, Арктика, антропогенное влияние, гнездовые участки

Кречет (*Falco rusticolus* Linnaeus, 1758) — циркумполярный вид, гнездящийся ранней весной на деревьях, скалах и различных объектах инфраструктуры, в старых гнездовых постройках других видов птиц (зимняк, орлан-белохвост или ворон) (Дементьев, 1951; Морозов, 2000).

Ранее на полуострове Ямал область гнездования кречета ограничивалась лесотундрой, пойменными лесами Южного Ямала (Калякин, Виноградов, 1981; Данилов и др., 1984) и скалами восточных отрогов Полярного Урала. Таким образом, северная граница его гнездового ареала на Ямале проходила примерно по 68° с.ш. Строительство самой северной железной дороги в мире, берущей начало в лесотундре и пролегающей к северу до типичных тундр Ямала в средней его части, способствовало заселению кречетами железнодорожных мостов севернее своего гнездового ареала (Соколов, Штро, 2014).

Цель работы: оценить динамику гнездования кречета, гнездящегося на мостах железной дороги на полуострове Ямал в 2016–2023 гг.

В период 2016–2020, 2022–2023 гг. наблюдения за кречетами проводились на полуострове Ямал на мостах железной дороги «Обская–Бованенково» в пределах 190–563 км. Ежегодно, за исключением 2021 года, обследовали 44 моста. Полевые работы проводили в 2 этапа: весной и летом. В осмотре каждого моста участвовали трое наблюдателей, которые передвигались по разным сторонам и центру моста. Отмечались все птицы, встреченные у моста с указанием вида, числа и особенностей поведения. При находке жилого гнезда фиксировался вид птицы, количество яиц/птенцов в гнезде, местоположение и координаты. Мосту присваивался номер гнездового участка; при этом мосты, находящиеся друг от друга на расстоянии до 4 километров, считались одним гнездовым участком, так что гнезда, находящиеся в этом пределе, рассматривались как альтернативные (Poole, Bromley, 1988). Мост, на котором было обнаружено хотя бы одно потенциальное гнездо (гнездо ворона), считался доступным для гнездования кречета. Проводился расчет доли

доступных мостов относительно общего количества мостов, а также доли жилых гнёзд кречета, найденных на доступных мостах. Обработка материала производилась с помощью программ Excel и R.

За весь период исследования было отмечено 43 жилых гнезда кречета. С 2016 года их ежегодное количество увеличилось с 3 до 10 (табл. 1), что является положительной динамикой ($R^2 = 0.64$; $p < 0.05$). Исключением стал 2020 год, когда на исследуемой территории сократилась доля гнезд кречетов, и уменьшилось количество взрослых птиц этого вида (табл. 1). Предположительно, это связано с тем, что в 2020 году доля доступных мостов, на которых располагались потенциальные гнезда, несколько сократилась, по всей видимости, из-за разрушения некоторых потенциальных гнезд на этих мостах, вызванного старением построек, возможным антропогенным воздействием или неблагоприятными погодными условиями в течение года.

Проведенный анализ показал, что количество жилых гнёзд кречета определяется числом доступных мостов ($R^2 = 0.95$, $p < 0.01$). Коэффициенты модели демонстрируют, что увеличение доли доступных мостов на 1 приводит к увеличению числа жилых гнёзд на 0.34 ($p < 0.01$), что указывает на высокую значимость этого фактора.

Табл. 1. Основные показатели заселения кречетом железнодорожных мостов.

Год	Количество потенциальных гнёзд	Количество взрослых птиц	Количество жилых гнёзд	Доля доступных мостов, %	Доля жилых гнёзд, %
2016	38	10	3	45	15
2017	38	17	4	57	16
2018	36	25	6	59	23
2019	45	19	6	73	19
2020	48	14	4	61	15
2022	66	25	10	80	29
2023	61	30	10	75	30

Также, среди 44 контрольных точек (все исследованные мосты), было отмечено 17 использовавшихся гнездовых участков, из них на 10 наблюдали гнездование птиц повторно от 2 до 6 раз (в среднем 3.6). Больше всего повторов (5, 6 и 5 раз, соответственно) происходило на трех участках (южная, центральная и северная часть железной дороги), что указывает на их оптимальность для кречета. На некоторых участках гнёзда располагались на соседних мостах в разные годы, такие гнезда мы считали альтернативными гнездами одной и той же пары. При том, что за время наблюдений гнездились максимум 10 пар, потен-

циальная вместимость трассы составляет 19 гнездовых участков. При отсутствии на этих мостах старых построек ворона, мы предполагаем, что установка искусственных гнездовий на этих мостах будет способствовать увеличению числа гнездящихся пар.

Таким образом, появление гнезд воронов способствовало продвижению кречетов на север и освоению ими мостов железной дороги «Обская – Бованенково». Самое северное гнездо было обнаружено на 70° 18' с.ш., что составляет около 240 км от границы их естественного ареала. За период исследования количество потенциальных гнёзд увеличилось с 38 до 61, а число гнёзд кречета возросло с 3 до 10 и не опускалось ниже, чем в первый год наблюдений. Увеличение количества потенциальных гнёзд благодаря эффекту их накопления, в совокупности с повышением доли доступных мостов, положительно сказывается на динамике гнездования кречета. Возвращение птиц на определённые участки исследуемой территории для повторного гнездования свидетельствует о благоприятных условиях в этих местах для обитания кречета.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность В. Ф. Рудковскому, И. А. Фуфачеву, В. А. Осокину и А. В. Кушнареву за помощь в реализации полевых выездов и участие в проверке мостов. Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 24-44-00094.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябицев В.К. Птицы Ямала. М.: Наука, 1984. 338 с.
- Дементьев Г.П. Отряд хищные птицы Accipitres или Falconiformes // Птицы Советского Союза. Т. 1. М.: Советская наука, 1951. С. 70–341.
- Калякин В.Н., Виноградов В.Г. О гнездовании кречета на юге полуострова Ямал // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биология. 1981. Т. 86. № 5. С. 42–50.
- Морозов В.В. Экологические основы и пути расселения кречета *Falco rusticolus* в тундрах европейской части России // Русский орнитологический журнал. 2000. № 95. С. 3–11.
- Соколов В.А., Штро В.Г. К фауне птиц Уральского берега Байдарацкой губы // Фауна Урала и Сибири. 2014. № 19. С. 136–142.
- Pooler K.G., Bromley R.G. Natural-history of the gyrfalcon in the central Canadian Arctic // Arctic. 1988. Vol. 41. № 1. P. 31–38.

DOI: [10.5281/zenodo.14748717](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748717)

Находки малого пещерного медведя (*Ursus rossicus* Borissiak, 1930) в среднем плейстоцене Европейского Юга России

М.В. Павлова¹, В.В. Титов², Д.О. Гимранов¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: Вёшенская, Европейский Юг России

Многочисленные позднплейстоценовые местонахождения с костными остатками пещерных медведей расположены на территории Северной Евразии (Барышников, 2007). Более ранние находки пещерных медведей редки на этой территории.

На Юге Европейской части России в среднем плейстоцене остатки медведя Денингера (*Ursus deningeri* von Reichenau, 1904) найдены в местонахождениях Тихоновка и пещера Треугольная (Давид и др., 1990; Барышников, 1993). В позднем плейстоцене остатки кавказского пещерного медведя (*U. kudarensis* Baryshnikov, 1985) известны из пещер Матузка, Малая Воронцовская, Ахштырская, Мезмайская (Барышников, 1987а; Барышников, Голованов 1989; Барышников, Хварцкия, 1990; Барышников, 2007). Также в позднем плейстоцене обнаружены остатки большого пещерного медведя (*U. spelaeus sensu lato*) в местонахождениях Ильская 1, Навалишенское ущелье, Пролом 2, Заскальная, Красная пещера, Чокурча, Аджи-Коба, Кош-Коба, Мамат-Коба (Громова, 1932; Верещагин, 1959; Бачинский, Дублянский, 1963; Барышников, Дедкова, 1978; Барышников, 1987б; Hoffecker, 1991). Мы используем латинское название для больших пещерных медведей *U. spelaeus sensu lato*, которое включает в себя виды: *U. spelaeus* (Rosenmuller, 1794), *U. eremus* (Rabeder et al., 2004) и *U. kanivetz* (Vereschagin, 1973).

Остатки малого пещерного медведя (*U. rossicus* Borissiak, 1930) описаны из отложений среднего-позднего плейстоцена близ города Краснодар (Борисяк, 1930, 1932; Барышников, 2007). Также они указываются из местонаждений Вёшенская и Копановка, возраст которых оценивался как поздний плейстоцен (Байгушева и др., 2003; Литвиненко, Титов, 2005; Барышников и др., 1991).

На данный момент нет информации о находках *U. kudarensis*, *U. spelaeus* s.l. и *U. rossicus* из среднего плейстоцена юга Европейской части России. **Цель данного исследования:** изучение костных остатков из местонахождения Вёшенская. **В задачи** исследования входит: поиск диагностических признаков на нижних челюстях с использованием ме-

тодов морфологического и морфометрического анализа, определение таксономической принадлежности нижнечелюстных костей на основе выделенных признаков, характеристика времени появления и распространения малых пещерных медведей на территории юга Европейской части России.

Материал представлен двумя неполными правыми нижними челюстями с зубами (ЮИЦ РАН б/№), собранными в разные годы на местонахождении Вёшенская (рис. 1). Материал хранится в коллекции музея Южного Научного центра РАН.

Местонахождение Вёшенская приурочено к аллювиальным отложениям, вскрывающимся в основании берегового обрыва р. Дон в его среднем течении недалеко от ст. Вёшенской (Ростовская область). Отсюда происходит представительная ассоциация крупных и мелких млекопитающих, рептилий, амфибий и рыб, относящаяся к хазарскому фаунистическому комплексу Восточной Европы. Возраст этого местонахождения определяется как конец среднего плейстоцена, зоны МИС 6-7 (Baygusheva et al., 2014).

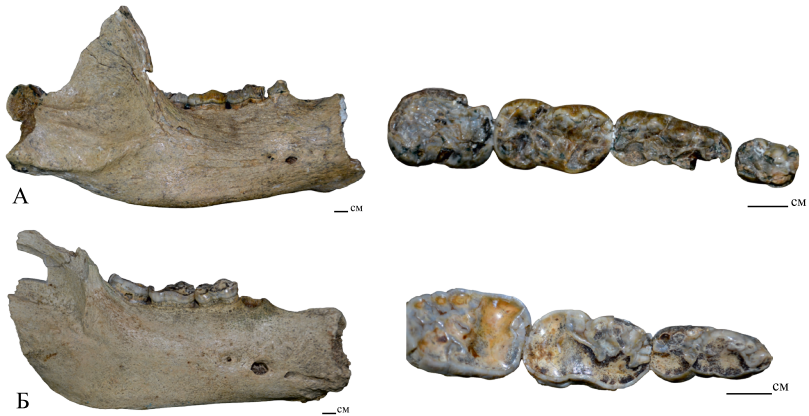


Рис. 1. Ископаемые челюсти медведей из местонахождения Вешенская (ЮИЦ РАН б/№). А – челюсть №1, Б – челюсть №2.

Анализ включал морфологические и морфометрические признаки (Борисяк, 1932; Барышников, 2007) нижних челюстей, по которым можно проводить определение таксономической принадлежности. Морфологические признаки включали описание главных элементов зуба. Метрические признаки характеризовали наибольшую длину и ширину зуба.

Челюсть №1 частично разрушена. Отсутствует резцовая часть и все отростки восходящей ветви нижней челюсти. Венечный отросток частично сохранился. Присутствуют зубы р4, m1, m2, m3. На зубах есть следы

прижизненного износа. Стерты буккальные бугры первого моляра, на лингвальных буграх заметны только дентиновые точки. Наибольшая длина р4 равна 15.9 мм, ширина равна 10.9 мм. На тригониде р4 параконид, протоконид и метаконид плотно прижаты друг к другу. Параконид и метаконид в виде хорошо выраженных бугров больших размеров, расположенных на лингвальной стороне. Протоконид превышает размеры параконида и метаконида. Талонид моляризован, имеются три бугорка в области энтокониды. Передний бугорок энтокониды (преэнтоконид) крупный, выделяется с лингвальной стороны. Наибольшая длина m1 равна 28.5 мм, ширина равна 14.6 мм. Метаконид состоит из двух бугров. На талониде энтоконид содержит два бугра, передний меньше заднего. Передний край энтокониды мезиальнее линии переднего края гипокониды.

Челюсть №2 частично разрушена. Разрушены резцовая часть и отростки восходящей ветви. Присутствуют зубы m1, m2, m3. На m1 имеется большая фасетка стирания, которая затрагивает все бугры коронки кроме двух передних бугорков метакониды. Наибольшая длина m1 равна 26.6 мм, ширина равна 13.4 мм. Метаконид состоит из трех бугров, передние два значительно меньше заднего. На талониде энтоконид состоит из трех бугров. Передний бугорок энтокониды моделирован с лингвальной стороны зуба. Передний край энтокониды сильно мезиальнее линии переднего края гипокониды, доходит до середины заднего края протокониды.

По размерам длины и ширины р4 медведя из Вёшенская (челюсть №1) попадает в область распределения таких размеров р4 у *U. spelaeus* s.l. Размеры m1 исследуемых находок (челюсть №1-2) находятся в пределах изменчивости m1 у *U. deningeri*, *U. kudarensis*, *U. spelaeus* s.l. и *U. rossicus*. Таким образом по метрическим показателям затруднительно определить точную таксономическую принадлежность находок из Вёшенской. Отметим, что медведи из местонахождения Вёшенская имеют крупные размеры, которые не характерны для позднплейстоценового *U. rossicus*.

На m1 челюсти №1 характер прижизненного износа коронки соответствует группе стирания 5 для малых пещерных медведей (Павлова, Гимранов, 2023). Стирание коронки m1 челюсти №2 соответствует группе стирания 7 малых пещерных медведей. Смена стирания окклюзионной поверхности зуба с буккальной стороны на лингвальную в течение жизни наблюдается только у *U. rossicus*. У других видов медведей стирание коронки с обеих сторон происходит синхронно.

У *U. deningeri* р4 имеет простое строение. Главным и хорошо развитым бугром является протоконид. Параконид расположен на переднем крае зуба, отставлен от протокониды и сильно уступает в размерах. Метаконид отсутствует или в виде эмалевого валика. Талонид гладкий,

не усложнен дополнительными бугорками. р4 у *U. kudarensis* имеется параконид, который может быть разного размера. Метаконид одиночный, отставлен от параконида. Протоконид главный и самый большой бугор. Присутствует гипоконид в виде эмалевого валика. У *U. spelaeus* s.l. р4 параконид располагается на лингвальной стороне зуба. Параконид и метаконид отделены от протоконида глубокой бороздой. На талониде гипоконид в виде гребня занимает центральное положение. У *U. rossicus* р4 имеет сближенные и хорошо выраженные крупные бугры тригонида, талонид демонстрирует высокую степень моляризации. Все эти признаки присутствуют на р4 медведя из Вёшенской.

Бугры m1 тригонида и талонида у *U. deningeri*, *U. kudarensis*, *U. spelaeus* s.l. разделены друг от друга глубокими бороздами. Передний край энтаконида находится на линии переднего края гипоконида. Тогда как у *U. rossicus* передний край энтаконида мезиальнее линии переднего края гипоконида. Также у этого вида передние дополнительные бугорки энтаконида располагаются на лингвальной поверхности зуба. Таким образом, m1 описываемых находок из местонахождения Вёшенская сходен с *U. rossicus*.

В результате проведенного исследования мы установили, что зубы нижних челюстей из местонахождения Вёшенская имеют крупные размеры. Это свидетельствует о том, что *U. rossicus* в среднем плейстоцене достигал достаточно больших размеров. Данное обстоятельство не позволяет провести дифференциацию медведя из Вёшенской от остальных пещерных медведей. Однако морфологические признаки точно указывают на принадлежность исследуемых находок к *U. rossicus*. Таким образом впервые доказано присутствие *U. rossicus* в сообществах конца среднего плейстоцена Юга Европейской части России.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность П.А. Косинцеву за обсуждение результатов, а также директору музея ИЭРиЖ УрО РАН Н.Г. Ерохину за предоставленную возможность работы с палеозоологическими коллекциями. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00147.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байгушева В.С., Литвиненко В.П., Титов В.В. Позднеплейстоценовая фауна из речных отложений у ст. Вешевской // Териофауна России и сопредельных территорий (7 съезд Териол. о-ва). Матер. Междунар. совещ., 6–7 февраля 2003 г. М., 2003. С. 27.
- Барышников Г.Ф. Млекопитающие Кавказа в эпоху раннего палеолита // Труды Зоологического института АН СССР. 1987а. Т. 168. С. 3–20.

- Барышников Г.Ф.* Пещерные медведи в палеолите Крыма // Труды Зоологического института АН СССР. 1987б. Т. 168. С. 38–65.
- Барышников Г.Ф., Шкатова В.К., Шадрухин А.В.* Находка черепа медведя *Ursus rossicus* в хазарских отложениях Нижнего Поволжья // Труды Зоологического института АН СССР. 1991. Т. 238. С. 100–120.
- Барышников Г.Ф.* Семейство медвежьи (Carnivora, Ursidae). Санкт-Петербург: Наука, 2007. 541 с.
- Барышников Г.Ф., Голованов Л.В.* Млекопитающие мустьерской стоянки Матузка на Кубанском Кавказе // Труды Зоологического института АН СССР. 1989. Т. 198. С. 3–55.
- Барышников Г.Ф., Дедкова И.И.* Пещерные медведи Большого Кавказа // Труды Зоологического института АН СССР. 1978. Т. 75. С. 62–77.
- Барышников Г.Ф. Хварцкия М.Х.* Млекопитающие мустьерской стоянки Мачагуа в Абхазии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 1990. Т. 95. Вып. 2. С. 20–31.
- Барышников Г.Ф.* Крупные млекопитающие ашельской стоянки в пещере Треугольная на Северном Кавказе // Труды Зоологического института РАН. 1993. Т. 249. С. 3–47.
- Бачинский Г.А., Дублянский В.Н.* Новые данные о захоронениях ископаемых позвоночных в карстовых полостях Горного Крыма // Труды комплексной карстовой экспедиции АН УССР. Киев. 1963. Вып. 1. С. 93–106.
- Борисяк А.А.* *Ursus spelaeus rossicus* nov. // Доклады АН СССР. 1930. Т. 8. С. 102–104.
- Борисяк А.А.* Новая раса пещерного медведя из четвертичных отложений Сев. Кавказа // Труды палеозоологического института. 1932. Т. 1. С. 137–201.
- Верещагин Н.К.* Млекопитающие Кавказа. История формирования фауны. М-Л.: Издательство АН СССР, 1959. 704 с.
- Давид А.И., Татаринцов К.А., Свистун В.Н.* Хищные, хоботные и копытные раннего плейстоцена юга-запада СССР. Кишинев: Штиинца. 1990. 132 с.
- Литвиненко В.П., Титов В.В.* Находки остатков пещерных медведей в низовьях Дона // Проблемы палеонтологии и археологии юга России и сопредельных территорий. Материалы международной конференции. Ростов-на-Дону. Издательство ООО «ЦВВР», 2005. С. 56.
- Павлова М.В., Гимранов Д.О.* Особенности стирания нижнего хищнического зуба (m1) у пещерных медведей // Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы конференции молодых ученых, ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: ООО «Альфа Принт», 2023. С. 175–181.

- Baygusheva V.S., Titov V.V., Tesakov A.S.* et al. Middle Pleistocene fauna of Veshenskaya (middle Don River, Rostov Region, Russia) // Abstract Book of Intern. Conf. "The Quaternary of the Urals: global trends and Pan-European Quaternary records". Ekaterinburg: UrFU, 2014. P. 15–17.
- Gromova V.* Die Fauna einer mittelpalaolithischen Station Ilskaja im nordlichen Kaukasus // Труды Зоологического института АН СССР. 1932. Т. 1. С. 305–345.
- Hoffecker J., Baryshnikov G., Potapova O.* Vertebrate remains from the Mousterian site of Ilskaya 1 (Northern Caucasus, USSR): New analysis and interpretation // Journal of Archaeological Science. 1991. Vol. 18. № 2. P. 113–147.

DOI: [10.5281/zenodo.14748729](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748729)

Апробация методики обнаружения микропластика в водных объектах города Новосибирска

И.А. Перминова

Сибирский государственный университет водного транспорта,
г. Новосибирск

Ключевые слова: микропластик, биоразлагаемый пластик, химические среды, методики оценки проб

Микропластиковое загрязнение, являясь довольно молодой областью исследований, привлекает все большее внимание (Жданов, 2023). Под микропластиком понимается частица размером до 5 мм (Чубаренко, 2021), однако в различных источниках к микропластику относятся частицы с размером в диапазоне от 1 до 100 мкм, называемые нанопластиком. По нашему мнению разделение на микро- и нанопластик связано исключительно с проницаемостью внутрь организмов живых существ и накоплению частиц в тканях и клетках (XiaoZhi, 2021, Leslie et al., 2022).

В настоящее время частицы пластика находят во всех уголках мира, порой даже в самых неожиданных местах. Китайские ученые обнаружили микропластик в Марианской впадине. Они собрали образцы донной воды и отложений с глубины от 2500 до 11000 м ниже уровня моря (Flierd et al., 2004). Ученые Московского государственного университета обнаружили микропластик в озере Байкал (От 19 до 75 тысяч частиц на один квадратный километр). Не так давно ученые Greenpeace нашли микропластик в Антарктиде. Частицы пластика были найдены в семи из восьми проб поверхностных вод (Li et al., 2018, Синицына и др., 2023, Welle, Franz, 2018). В настоящее время вопрос негативного влияния на живых существ и человека остается дискуссионным, но по мере накопления пластиковых микрочастиц в окружающей среде влияние данного фактора загрязнения будет более значительным.

На сегодняшний день существуют несколько методов для обнаружения микропластика: в пробах воды, береговых, донных отложений. Среди множества в рамках настоящих исследований была выбрана методика, основанная на промывании проб донных отложений.

Для проведения анализа были взяты пробы донных отложений р. Оби вблизи п. Красный Яр. Вдоль берега через каждые 0.5 м были собраны пробы донного грунта в количестве десяти в стеклянные емкости. Общая масса пробы составила 5 кг. Для дальнейших манипуляций с объединенной пробой и качественного анализа отобранный матери-

ал был доставлен в лабораторию химии Сибирского государственного университета водного транспорта. Данная лаборатория не является сертифицированной лабораторией для проведения количественного анализа микропластика в природной воде, а также иных средах, поэтому настоящая работа является ознакомительной студенческой работой по анализу методик отбора и качественного анализа проб донных отложений. В случае положительных результатов применения изучаемой методики планируется сформулировать рекомендации по расширению спектра видов деятельности студентов направлений подготовки «Природообустройство и водопользование» и «Техносферная безопасность» в рамках летних учебных практик.

Идентификация микропластика в морской воде (Жданов, 2023) исследователями проводится с использованием методов, основанных на физических принципах, в частности с применением ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием. Данные методы обладают высокой точностью, результаты коррелируют с полученными данными международных исследовательских групп.

Представленная в настоящей работе методика лимитирована возможностями лабораторных исследований кафедры химии, поэтому в ее основе лежат методы воздействия окислителей, фильтрования, сушки, плотностного разделения. Алгоритм методики включает следующие этапы:

1. Из общей отобранной пробы методом средней пробы отобрали материал для анализа массой 200 г.
2. Отобранную навеску высушили до полного высыхания.
3. Пробу просеяли через сита с размером 2 мм и 0.16 мм.
4. Фрагменты, оставшиеся на первом сите, отсортировали визуально.
5. Фрагменты со второго сита перенесли в химический стакан и обработали раствором пероксида водорода 30 % для того, чтобы избавиться пробу от органики биогенного происхождения, промыли дистиллированной водой, залили концентрированным раствором хлорида натрия для плотностного разделения.
6. Взвесь отфильтровали на бумажном фильтре с белой полосой, промыли дистиллированной водой от соли, фильтр высушили.
7. Провели микроскопирование обнаруженных на фильтре частиц.

Полученные результаты позволили дать исключительно качественную оценку и численные концентрации. Массовые концентрации не определялись ввиду малого обнаружения микропластиковых частиц в пробе. Настоящая методика отличается простотой, минимальными требованиями к оборудованию и реактивам, применима в полевых условиях для проведения предварительных анализов по обнаружению

микропластика в водных объектах, а также как лабораторная работа студентов в рамках реализации программы летней учебной практики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- van Fliedert T., Frank M., Halliday A.N.* et al. Microplastics contaminate the deepest part of the world's ocean // *Paleoceanography*. 2004. Vol. 19. № 1. P. 1–25.
- Li J., Liu H., Chen J.P.* Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection // *Water Research*. 2018. Vol. 137. P. 362–374.
- Leslie H.A., Velzen S.H., van Brandsma M.J.M.* et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood // *Environment International*. 2022. Vol. 163. № 107199. P. 1–8.
- Welle F., Franz F.* Microplastic in bottled natural mineral water-literature review and considerations on exposure and risk assessment // *Food Additives and Contaminants. Part A. Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 2018. Vol. 35. № 12. P. 2482–2492.
- XiaoZhi L.* Microplastics are everywhere-but are they harmful? // *Nature*. 2021. Vol. 593. P. 22–25.
- Жданов И.А.* Оценка распределения и изменчивости поверхностного микропластика в Евразийской Арктике на основе унифицированных методов. Автореф. дис. ... к.г.н. М., 2023. 24 с.
- Синицына О.О., Г.Б. Еремин Г.Б., Турбинский В.В.* и др. Загрязнение микропластиком воды – угроза здоровью человека и окружающей среде (обзор литературы) // *Анализ риска здоровью*. 2023. № 3. С. 172–179.
- Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмулина Л.И.* и др. Микропластик в морской среде. М.: Научный мир, 2021. 520 с.

DOI: [10.5281/zenodo.14748792](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748792)

Первые данные о генетическом разнообразии малой лесной мыши (*Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1881)) Северо-Восточной части Кавказа

Д.С. Пилевич

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: митохондриальный геном, малая лесная мышь, цитохром *b*

Анализ генетического разнообразия и филогеографии широкоареальных видов успешно используется для решения вопросов, связанных с реконструкциями ландшафтов и климата прошлого, а также построением эволюционных сценариев для отдельных таксонов и экосистем в целом (Riddle, 1999; Avise, 2000). Одним из таких видов является малая лесная мышь *Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1881), ареал которой охватывает значительные территории умеренной зоны Евразии – от Центральной Европы до юга Западной Сибири, Алтая, Тянь-Шаня и Памира, разные по палеоклиматической истории, физико-географическим и ландшафтным характеристикам (Громов, Ербаева, 1995; Chelomina, Atopkin, 2010). Лесная мышь обитает преимущественно в широколиственных и смешанных лесах, предпочитая открытые участки леса. Наряду с равнинами *S. uralensis* населяет горные территории, где встречается до высоты 3500 м (Громов, Ербаева, 1995), в частности, на территории Кавказских гор. Географическое расположение (граница Европы и Азии) и своеобразная геологическая история Кавказа обуславливают его значение для становления многих таксонов: в качестве фактора изоляции, рефугиальной зоны и миграционного пути (Темботова, 2015; Yalkovskaya et al., 2022), также Кавказ рассматривают как центр видового эндемизма (Grigoryeva et al., 2018).

Исследования полиморфизма гена *cyt b* *S. uralensis*, проведенные на территории Кавказа, позволили выдвинуть ряд гипотез о путях формирования современного генетического разнообразия вида в пределах региона (Balakirev et al., 2007; Chelomina, Atopkin, 2010; Grigoryeva et al., 2018; Tembotova et al., 2023). Тем не менее, сами авторы отмечают необходимость дальнейшего исследования вида на Северном Кавказе (Tembotova et al., 2023). В этой связи нами начаты работы на северо-востоке Кавказа – Республика Дагестан, данные для которого отсутствуют в анализе генетической структуры малой лесной мыши. В анализ также включены впервые полученные нами данные из юго-

восточных предгорий Большого Кавказа, а также данные с юго-востока Восточно-Европейской равнины и Южного Урала.

Цель работы: на основе данных полиморфизма гена *cyt b* изучить генетическое разнообразие *S. uralensis* на территории северо-восточной части Кавказа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы мышечной ткани, зафиксированной в 96%-ом этаноле, были получены от 21 особи *S. uralensis* из четырех локалитетов северо-восточной части Кавказа (Республика Дагестан): с. Чираг, Агульский р-н (41°48'43.61" N, 47°26'4.00" E, 2414 м н.у.м.); с. Ашага-Архит, Хивский р-н (41°44'59.68" N, 47°57'14.12" E, 950 м н.у.м.); Станция МЧС, Хивский р-н (41°43'11.21" N, 48°2'21.34" E, 720 м н.у.м.); Самурский лес, Магарамкентский р-н (41°52'14.52" N, 48°32'18.14" E, -10 м н.у.м.). Для выполнения данной работы в анализ вошли образцы из с. Чираг Агульского р-на как наиболее высокогорной территории. Кроме того, в анализ были включены образцы из следующих локалитетов: г. Шемахы, Азербайджан (40°37'56.28" N, 48°37'55.49" E); окрестности г. Саратов (51°32'0.83" N, 46°2'3.37" E); зона ВУРС, с. Метлино, Южный Урал (55°46'0.01" N, 60°53'0.01" E) (рис. 1).

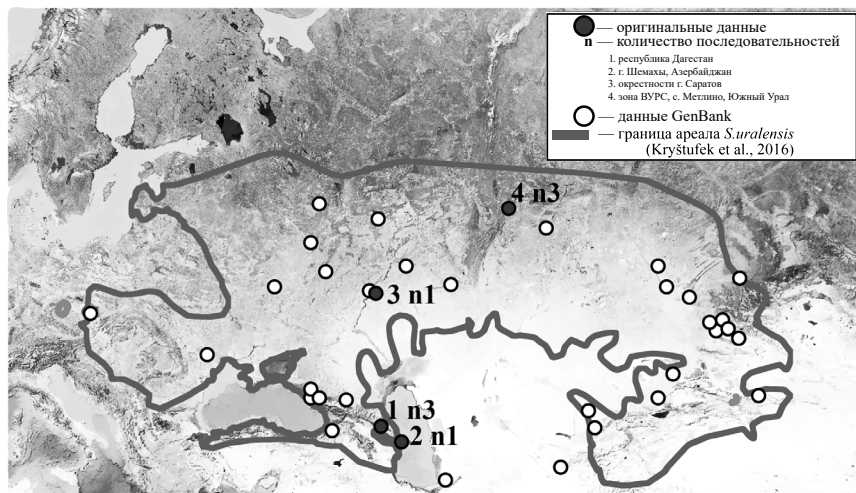


Рис. 1. Ареал *S. uralensis*, географическая локализация оригинальных последовательностей и данных Genbank.

Тотальная ДНК была выделена методом солевой экстракции (Aljanabi, Martinez, 1997). Для ПЦР и последующего секвенирования участка мтДНК, содержащего *cyt b*, была использована пара

праймеров: L7 (5-ACCAATGACATGA AAAATCATCGTT-3') – H2 (5'TAGTTGTCTGGGTCTCC-3') (Tougard et al., 2001). Секвенирование проводили на генетическом анализаторе «Нанофор-05» (Синтол, Россия) в центре коллективного пользования Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург.

Анализ последовательностей проводили в программах BioEdit v.7.2.0, MrBayes v.3.2.2, MEGA v.6, PopArt v.1.7. Для филогенетических реконструкций было использовано 60 гаплотипов (длина 569 п.н.), представленных в базе GenBank (Michaux et al., 2002; Suzuki et al., 2003; Liu et al., 2004; Balakirev et al., 2007; Chelomina, Atopkin, 2010; Darvish et al., 2015; неопубликованные материалы GenBank: Stakheev et al., 2017; Zhumabekova et al., 2013). В анализ также вошли гаплотипы, полученные с территорий Южного Урала, юго-восточных предгорий Большого Кавказа и юго-востока Восточно-Европейской равнины. В качестве внешней группы использован гаплотип *Apodemus agrarius* (Pallas, 1771).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для вида *S. uralensis* описано семь новых гаплотипов *cyt b*, три из которых встречены на территориях Северо-Восточного Кавказа (республика Дагестан) и юго-восточных предгорий Большого Кавказа.

В результате проведенных филогенетических реконструкций методом Байесова анализа показана дифференциация вида на две крупные гаплогруппы (рис. 2). Все секвенированные нами гаплотипы с Кавказа, Южного Урала и Восточно-Европейской равнины вошли в I гаплогруппу (западная гаплогруппа) вместе с гаплотипами западной и центральной частей Северного Кавказа, центральной и восточной частей Восточно-Европейской равнины, Западной Сибири, Молдовы, Ирана, Чехии и Турции. В гаплогруппу II (восточная гаплогруппа) вошли гаплотипы из Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Алтая и Китая. Медианная сеть гаплотипов, подтверждает дифференциацию *S. uralensis*, выявленную в ходе филогенетических реконструкций (рис. 3).

В ходе анализа выборок последовательностей *cyt b* малой лесной мыши были показаны высокие значения гаплотипического и нуклеотидного разнообразия как для вида в целом, так и для Западной и Восточной гаплогрупп (таблица), что характерно для стабильных популяций. Показатели теста на селективную нейтральность Фу были отрицательны и статистически значимы как для вида в целом, так и для отдельных гаплогрупп, что, вероятно, указывает на увеличение эффективного размера популяций в недавнем времени, которое могло быть связано с быстрым расселением по новым территориям.

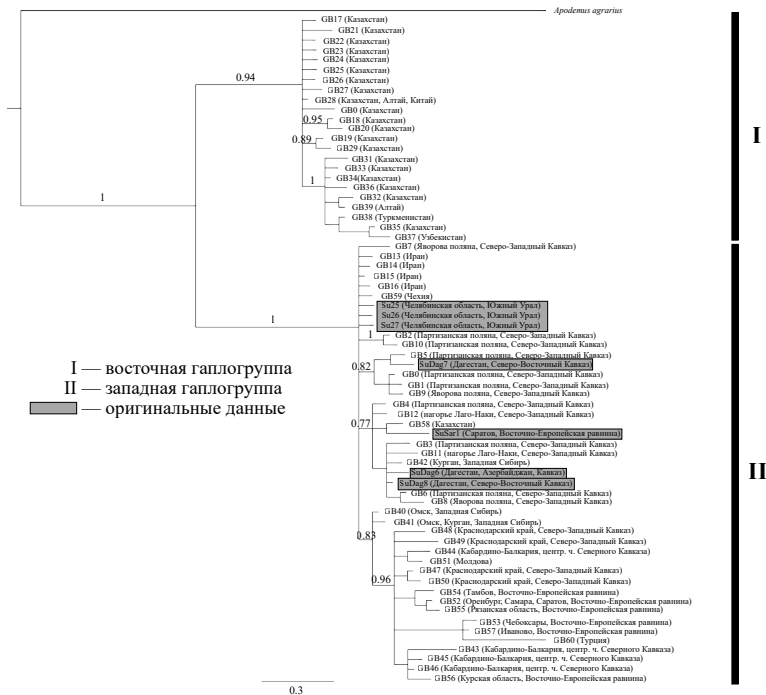


Рис. 2. Филогенетическое дерево гаплотипов *cyt b S. uralensis*, реконструированное методом Байесова анализа, значения над ветвями – апостериорные вероятности $BI > 70$.

Филогенетические реконструкции (Байесов анализ), анализ медианной сети показали деление вида на две гаплогруппы, что согласуется с ранними исследованиями (Chelomina, Atorkin, 2010). В пределах западной гаплогруппы, состоящей из гаплотипов Кавказа, Восточно-Европейской равнины, Западной Сибири, Молдовы, Ирана, Чехии и Турции, для гаплотипов, полученных с территорий северо-восточной части Кавказа не наблюдается четкой дифференциации как от равнинных территорий, так и в пределах самого кавказского региона. Результаты филогенетических реконструкций и медианной сети гаплотипов в сочетании с высокими индексами гаплотипического и нуклеотидного разнообразия, высокими статистически значимыми отрицательными значениями теста на селективную нейтральность согласуются с выдвинутой ранее гипотезой о формировании современного генетического разнообразия *S. uralensis* Северного Кавказа в результате недавней (наиболее вероятно, на рубеже позднего плейстоцена и голоцена) и быстрой экспансии вида из отдаленных или относительно изолированных локальных популяций (Tembotova et al., 2023).

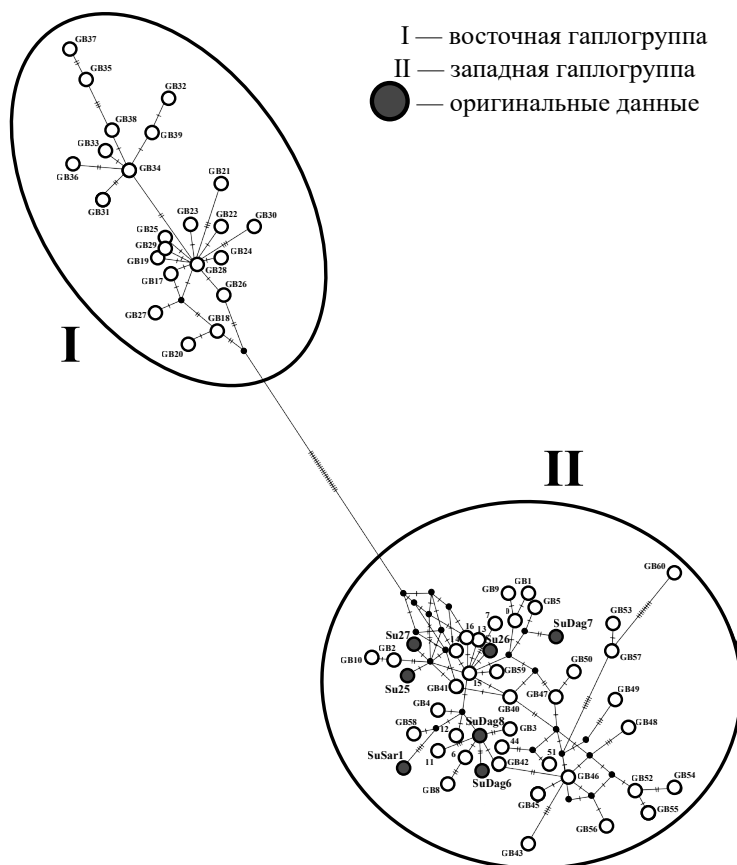


Рис. 3. Медианная сеть MJ гаплотипов *cyt b* *S. uralensis*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получены данные о генетическом разнообразии *S. uralensis* северо-восточной части Кавказа, а также юго-восточных предгорий Большого Кавказа, юго-востока Восточно-Европейской равнины и Южного Урала. Описано семь новых для вида гаплотипов *cyt b* *S. uralensis*, все они включаются в западную гаплогруппу. Результаты филогенетических реконструкций, расчет индексов генетического разнообразия и результаты теста на селективную нейтральность свидетельствуют в пользу данных, полученных для вида ранее (Tembotova et al., 2023).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-14-00332.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб: ЗИН РАН, 1995. 522 с.
- Темботова Ф.А. Млекопитающие Кавказа и омывающих его морей. Определитель. М: Тов-во научных изданий КМК, 2015. 352 с.
- Aljanabi S.M., Martinez I. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques // *Nucleic Acids Research*. 1997. Vol. 25. № 22. P. 4692–4693.
- Avise J.C. *Phylogeography: the history and formation of species*. Cambridge: Harvard university press, 2000. 464 pp.
- Balakirev A.E., Baskevich M.I., Gmyl A.P. et al. On the taxonomic rank of ciscaucasian and its relationships with the pygmy wood mouse *Sylvaemus uralensis* inferred from the mtDNA cytochrome *b* gene sequence // *Russian Journal of Genetics*. 2007. Vol. 43. № 12. P. 1386–1399.
- Chelomina G.N., Atopkin D.M. Molecular genetic evidence of a deep phylogenetic discontinuity between the Asian and European races of pygmy wood mouse based on the mitochondrial cytochrome *b* gene variation // *Molecular biology*. 2010. Vol. 44. № 5. P. 699–708.
- Darvish J., Mohammadi Z., Ghorbani F. et al. Phylogenetic relationships of *Apodemus* Kaup, 1829 (Rodentia: Muridae) species in the Eastern Mediterranean inferred from mitochondrial DNA, with emphasis on Iranian species // *Journal of mammalian evolution*. 2015. Vol. 22. P. 583–595.
- Grigoryeva O.O., Stakheev V.V., Orlov V.N. Mitochondrial evidence of refugial distribution of the pygmy field mouse *Sylvaemus uralensis* Pall. (Rodentia, Muridae) in the northwestern Caucasus // *Russian Journal of Genetics*. 2018. Vol. 54. № 3. P. 314–321.
- Liu X., Wei F., Li M. et al. Molecular phylogeny and taxonomy of wood mice (genus *Apodemus* Kaup, 1829) based on complete mtDNA cytochrome *b* sequences, with emphasis on Chinese species // *Molecular phylogenetics and evolution*. 2004. Vol. 33. № 1. P. 1–15.
- Michaux J. R., Chevret P., Filippucci M.G. et al. Phylogeny of the genus *Apodemus* with a special emphasis on the subgenus *Sylvaemus* using the nuclear IRBP gene and two mitochondrial markers: cytochrome *b* and 12S rRNA // *Molecular phylogenetics and evolution*. 2002. Vol. 23. № 2. P. 123–136.
- Riddle J.M. *Eve's herbs: a history of contraception and abortion in the West*. Cambridge: Harvard University Press, 1999. 341 pp.
- Suzuki H., Sato J.J., Tsuchiya K. et al. Molecular phylogeny of wood mice (*Apodemus*, Muridae) in East Asia // *Biological Journal of the Linnean Society*. 2003. Vol. 80. № 3. P. 469–481.

- Tembotova F.A., Puzachenko A.Y., Amshokova A.K.* et al. Genetic and Morphological Variability of the Ural Field Mouse (*Apodemus (Sylvaemus) uralensis*, Rodentia) in the North Caucasus // *Biology Bulletin*. 2023. Vol. 50. № 2. P. 196–213.
- Tougard C., Delefosse T., Hänni C.* et al. Phylogenetic relationships of the five extant rhinoceros species (Rhinocerotidae, Perissodactyla) based on mitochondrial cytochrome *b* and 12S rRNA genes // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2001. Vol. 19. № 1. P. 34–44.
- Yalkovskaya L.E., Bolshakov V.N., Krokhaleva M.A.* et al. Genetic Diversity of Species of *Microtus* Generic Group (Arvicolinae, Rodentia): New Data from the Greater Caucasus // *Doklady Biological Sciences*. 2022. Vol. 502. № 1. P. 31–35.

DOI: [10.5281/zenodo.14732253](https://doi.org/10.5281/zenodo.14732253)

Генетическая структура и дифференциация популяций *Quercus frainetto* (Fagaceae) на Балканах, изученная различными типами генетических маркеров

М.П. Писарева, С.А. Семерикова

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: популяционно-генетическая структура, ядерные микросателлитные локусы, филогеография, хлоропластная ДНК

Дуб Фрайнетто (*Quercus frainetto* Ten.) (секц. *Quercus*) относится к группе европейских робуроидных дубов. Этот южноевропейский вид широко распространен на юге Италии, на Балканском полуострове, в Венгрии и Румынии, а также в Малой Азии (Меницкий, 1984; Yurukov, Zhelev, 2001). В Болгарии *Q. frainetto* является одной из основных лесообразующих пород. Данные о популяционно-генетическом разнообразии этого вида на Балканском полуострове отсутствуют.

Цель исследования: описание генетической структуры *Q. frainetto* на территории Болгарии различными типами генетических маркеров, в сравнении с другими близкородственными видами робуроидных дубов. Предполагалось решение следующих **задач:** 1) изучение изменчивости 18 ядерных микросателлитных локусов (nSSR) в популяциях *Q. frainetto*, оценка возможности надежного разграничения вида на основе данного набора nSSR; 2) определение степени дифференциации, гибридизации и генетического потока между *Q. frainetto* и близкородственными таксонами, 3) описание филогеографической структуры и внутривидовой дифференциации популяций *Q. frainetto*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проанализировано четыре популяции (95 образцов) из различных районов Болгарии (табл. 1). Выделение ДНК проводилось СТАВ-методом из высушенных в силикагеле листьев. Для сравнения были взяты популяции дуба пушистого (*Q. pubescens* Willd.), дуба скального (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.), дуба черешчатого (*Q. robur* L.), рильского дуба (*Q. protoroburoides* Donch. and Bouz. ex Tash. and Tsavk.) и дуба Гартвиса (*Q. hartwissiana* Stev.), произрастающих симпатрически с *Q. frainetto* во многих районах Болгарии. Для исследования генетической структуры были использованы ядерные микросателлитные локусы (nSSR). Проведен анализ изменчивости 18 nSSR локусов из двух мультиплексов (по 8 и 10 локусов), взятых из работы (Guichoux et al., 2011). Условия амплификации описаны в работе (Semerikova et al., 2024).

Табл. 1. Характеристика исследованных популяций *Q. frainetto* в Болгарии

№	Местоположение	Широта	Долгота	Высота над уровнем моря, м	Изменчивость nSSR			Изменчивость хлоропластной ДНК	
					Кол-во особей	Но *	He**	Кол-во особей	Гаплотипы
1	Жабляно (Зап. горы)	42°28'58"	22°47'18"	681	23	0.648	0.660	23	J (17), S` (5), N (1)
2	Средне Гора (Нови Хан)	42°35'20"	23°37'12"	717	24	0.645	0.660	24	J (24)
3	Виноградец (Фракийская низ.)	42°19'40"	24°05'29"	375	23	0.645	0.641	24	A-I (24)
4	Сулица (Фракийская низ.)	42°26'53"	25°28'57"	398	24	0.598	0.647	23	S` (23)
	Среднее				23.5	0.634	0.652	23.5	

Образцы анализировались на автоматическом секвенаторе Нанофор 05 в Центре коллективного пользования «Современные технологии экологических исследований» ИЭРиЖ УрО РАН. Хроматограммы преобразовывали в генотипические данные с помощью программы GeneMapper 3.5 (Applied Biosystems). С помощью программы GenAlEx v. 6.5 (Peakall, Smouse, 2012) были рассчитаны показатели изменчивости в популяциях. На основе парных межпопуляционных FST проведен анализ главных координат (PCoA). Байесовскую кластеризацию генотипов проводили с помощью программы STRUCTURE 2.3.4 (Pritchard et al., 2000).

Для описания филогеографической структуры исследована изменчивость матерински наследуемых маркеров хлоропластной ДНК. Для генотипирования были использованы четыре хлоропластных микросателлитных локуса (cpSSR): *mdt1*, *mdt3*, *mdt4*, *мcd4* (Deguilloux et al., 2003; Семерикова и др., 2021), для которых ранее было показано наличие изменчивости у дуба черешчатого на Балканах и у нескольких видов сидячецветных дубов в Крыму и на Кавказе (Семерикова и др., 2023а, 2023б). ПЦР-продукты cpSSR локусов разделялись с помощью вертикального электрофореза в денатурирующем полиакриламидном геле, с последующим серебряным окрашиванием. Всего проанализировано 94 образца *Q. frainetto*. Все выявленные cpSSR-гаплотипы были секвенированы по пяти хлоропластным фрагментам (ASq, CDq, TFq, trnH-psbA и trnK-matK) общей длиной ~10500 пар нуклеотидов. Редактирование нуклеотидных последовательностей проводили в программе BioEdit (Hall, 1999). Для определения филогенетических соотношений гаплотипов была построена сеть гаплотипов в программе NETWORK (Bandelt et al., 1999), с привлечением данных других исследований (Семерикова и др., 2023а, б). При построении филогенетических деревьев применялись байесовский подход и метод максимальной экономии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все nSSR локусы показали успешную амплификацию и высокую изменчивость в популяциях *Q. frainetto*. Суммарно в четырех популяциях по 18 локусам было обнаружено 389 аллелей. Показатели изменчивости в популяциях *Q. frainetto* (средняя гетерозиготность $H_e = 0.652$ (0.641 – 0.660)) были ниже, чем у других широко распространенных таксонов (*Q. pubescens*, *Q. petraea*, *Q. robur*), и находились примерно на уровне изменчивости *Q. hartwissiana* и *Q. protoroburoides*. Используемые nSSR локусы хорошо диагностируют таксономическую принадлежность *Q. frainetto*. Метод байесовской кластеризации STRUCTURE выделил кластер, соответствующий *Q. frainetto*, который преобладал у всех образцов, отнесенных к данному виду на основании

морфологических признаков. Гибридные образцы (предположительно F1) с *Q. frainetto* выявились у трёх индивидуумов – в двух выборках *Q. pubescens* и одной выборке *Q. hartwissiana*. Анализ STRUCTURE и генетических дистанций (парных FST) показал близость *Q. frainetto* к другим сидячецветным дубам Болгарии (*Q. pubescens*, *Q. petraea*), и значительную дифференциацию от длинноплодоносных видов (*Q. robur*, *Q. protoroburoides*, *Q. hartwissiana*). Дифференциация популяций внутри *Q. frainetto* по ядерным маркерам была низкой, географическая структура не выявлена. Данный набор микросателлитных локусов, впервые примененный для *Q. frainetto*, может быть использован для исследования популяций этого вида в Европе.

Установлено соответствие наборов аллелей сpSSR локусов с данными секвенирования. Получены нуклеотидные последовательности для шести образцов четырех сpSSR гаплотипов из разных популяций. В результате работы в популяциях *Q. frainetto* выявлено четыре хлоропластных гаплотипа, принадлежащих к двум дивергентным филогенетическим линиям. Состав гаплотипов в популяциях приводится в таблице. Наблюдается географическая дифференциация популяций по составу гаплотипов. В западной части Болгарии преобладает гаплотип J, встречены гаплотипы N, S'. В центральной части, во Фракийской низменности, преобладает гаплотип S'. Популяция с гаплотипом A-I расположена территориально ближе к предгорью гор Родопы, где у других видов дубов распространен гаплотип A-I. Установлено, что полиморфизм хлоропластной ДНК у исследованных видов дуба не связан с таксономической принадлежностью. У других видов робуроидных дубов хпДНК гаплотипы совпадали с *Q. frainetto* по регионам.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет Госзадания Института экологии растений и животных УрО РАН, по. 122021000090-5. Авторы выражают благодарность А.Н. Ташеву за сбор образцов дуба в Болгарии, В.Л. Семерикову за помощь в лабораторной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Меницкий Ю. Л. Дубы Азии. Ленинград: Наука – Ленинградское отделение, 1984. 316 с.
- Семерикова С.А., Исаков И.Ю., Семериков В.Л. Изменчивость хлоропластной ДНК и филогеография дуба черешчатого *Quercus robur* L. в восточной части ареала // Генетика. 2021. Т. 57. № 1. С. 56–71.
- Семерикова С.А., Алиев Х.У., Семериков Н.В., Семериков В.Л. Филогеография видов дуба на Кавказе по результатам анализа хлоропластной ДНК // Генетика. 2023а. Т. 59. № 7. С. 772–788.

- Семерикова С.А., Подергина С.М., Ташев А.Н., Семериков В.Л.* Филогеография видов дуба в Крыму выявляет плейстоценовые рефугиумы и пути миграций // Экология. 2023б. Т. 54. № 3. С.188–203.
- Bandelt H.J., Forster P., Röhl A.* Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Molecular biology and evolution. 1999. Vol. 16. № 1. P. 37–48.
- Deguilloux M.F., Dumolin-Lapegue S., Gielly L. et al.* A set of primers for the amplification of chloroplast microsatellites in *Quercus* // Molecular Ecology notes. 2003. Vol. 3 № 1. P. 24–27.
- Guichoux E., Lagache L., Wagner S. et al.* Two highly validated multiplexes (12-plex and 8-plex) for species delimitation and parentage analysis in oaks (*Quercus* spp.) // Molecular Ecology Resources. 2011. Vol. 11. № 3. P. 578–585.
- Hall T.A.* BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series. 1999. Vol. 41. № 41. P. 95–98.
- Peakall R., Smouse P.E.* GenALEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update // Bioinformatics. 2012. Vol. 28. № 19. P. 2537–2539.
- Pritchard J. K., Stephens M., Donnelly P.* Inference of population structure using multilocus genotype data // Genetics. 2000. Vol. 155. № 2. P. 945–959.
- Semerikova S.A., Aliev Kh.U., Semerikov V.L.* Differentiation and Taxonomic Identification of Roburoid Oaks in the Caucasian and Crimean Regions Using Nuclear Microsatellite Markers // Russian Journal of Genetics. 2024. Vol. 60. № 8. P. 1022–1039.
- Yurukov S., Zhelev P.* The woody flora of Bulgaria: a review // Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 2001. Vol. 152. № 2. P. 52–60.

DOI: [10.5281/zenodo.14745713](https://doi.org/10.5281/zenodo.14745713)

Население жужелиц (*Carabidae*) участков травянистой растительности Ботанического сада ПГНИУ

Е.В. Плакхина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: жужелицы, видовое разнообразие, сезонные аспекты

Урбанизация снижает доступность местообитаний, и в целом в городах наблюдается меньшее видовое разнообразие (Yadav et. al, 2023), но высокая мозаичность городских условий способствует формированию относительно разнообразной городской фауны (Бабенко, 2007). Большинство исследований по экологии жужелиц посвящено изменению видового разнообразия жужелиц в градиенте урбанизации (Золотарев, Бельская, 2015), лишь немногие рассматривают его сезонные изменения (Бабенко, Нужных, 2012). Население жужелиц ботанических садов исследуется еще реже. Тем не менее существование «садовых» видов в сочетании с высоким альфа-разнообразием и численным обилием при заметной унификации видового состава позволяет признать самостоятельность «садового типа» населения жужелиц в городской среде (Алексанов, 2013). **Цель данной работы:** изучение видового разнообразия жужелиц участков травянистой растительности ботанического сада ПГНИУ, а также его сезонной динамики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводился на основной территории учебного ботанического сада ПГНИУ (далее БС ПГНИУ) с апреля по ноябрь 2021 – 2023 годов при помощи почвенных ловушек (10 ловушек на расстоянии 2 м, пластиковые стаканчики объемом 200 мл, диаметром 70 мм, фиксатор – 4% формалин, продолжительность экспонирования – 14 дней). Население жужелиц изучалось на 4 участках: газон за фондовой оранжереей (2021), рудеральная растительность (2021), посадки флоксов (2022), газон на границе БС и кампуса ПГНИУ (2023). Статистическая обработка данных производилась в программе Past и MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего на участках травянистой растительности БС ПНИУ было отловлено 2460 особей, отмечено 56 видов жужелиц. Данные о количестве видов, количестве особей и показатели α -разнообразия участков

представлены в табл. 1. В табл. 2 отражен комплекс видов, вносящих наибольший вклад в гетерогенность сообществ жужелиц на исследованных площадках.

Табл. 1. Попадаемость (экз./100 лов.сут.) и показатели альфа-разнообразия группировок жужелиц участков травянистой растительности БС ПГНИУ

	Газон 2021			Рудеральная растительность			Посадки флоксов			Газон 2023		
	В	Л	О	В	Л	О	В	Л	О	В	Л	О
Количество видов	19	17	4	31	25	14	21	41	10	18	26	12
Средняя попадаемость	0.4	3.9	3.2	1.5	9.2	9.0	8.6	8.2	1.0	3.4	3.9	1.9
Индекс Шеннона	2.3	1.9	1.2	2.4	2.3	2.5	2.5	2.6	2.6	2.3	2.6	2.4
Индекс Маргалефа	3.8	3.3	1.4	4.9	3.6	3.6	4.2	6.1	3.6	3.03	4.6	3.2
Chao-1**	20	22	6	53	30	15	22	48	18	19	33	15
Всего видов на участке	25			38			45			27		
Всего особей на участке	259			1022			652			517		

Примечание. В – весна, Л – лето, О – осень, Chao 1 – эстиматор видового богатства.

Табл. 2. Виды, вносящие наибольший вклад в различия сообществ различных участков травянистой растительности БС ПГНИУ

	Среднее различие (%)	Вклад в различия (%)	Накопленные различия (%)	Среднее значение			
				Г1	Р	Ф	Г2
<i>Amara aenea</i> (DeGeer, 1774)	11.3	13.4	13.4	4.0	0.9	20.6	4.5
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	11.7	13.2	26.7	6.5	5.0	22.5	0.8
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	9.4	11.2	37.8	5.3	10.8	2.7	7.3
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)	8.4	9.9	47.8	1.5	24.9	4.8	1.3
<i>Harpalus rufipes</i> (DeGeer, 1774)	6.8	8.1	55.9	0.9	8.3	11.8	1.5
<i>Calathus erratus</i> (C.R.Sahlberg, 1827)	6.2	7.4	63.3	0.2	14.2	4.8	0.9
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1796)	4.2	5.0	68.3	0.0	13.3	1.5	0.7
<i>Amara municipalis</i> (Duftschmid, 1812)	2.8	3.3	79.4	0.0	0.7	0.7	5.6

Примечание. Г1 – газон за фондовой оранжереей, Р – рудеральная растительность, Ф – посадки флоксов, Г2 – газон на границе с кампусом.

Несмотря на то, что населения жужелиц исследованных участков различаются по видовому разнообразию, попадаемости и сезонной динамике, неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) показало наличие сезонных кластеров группировок жужелиц (Рис.1.).

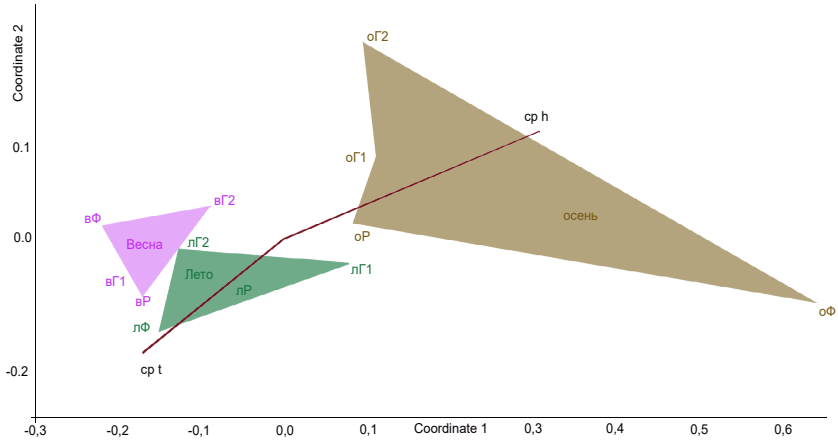


Рис. 1. Неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) группировок жужелиц участков травянистой растительности БС ПГНИУ.

(ср t – средняя температура, ср h – средняя влажность воздуха, в – весна, л – лето, о – осень, Г1 – газон за фондовой оранжереей, Р – рудеральная растительность, Ф – посадки флоксов, Г2 – газон на границе с кампусом).

Видовой комплекс жужелиц наиболее разнообразен на посадках флоксов, максимальное количество особей наблюдается на участке с рудеральной растительностью, что может быть обусловлено отсутствием на этой территории какой-либо хозяйственной деятельности. Доминантные комплексы жужелиц исследованных площадок имеют общие черты на всех площадках, кроме участка с рудеральной растительностью, который отличается особым составом жужелиц. Неметрическое многомерное шкалирование (NMDS) показало наличие сезонных кластеров группировок жужелиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования комплекса жужелиц на четырёх участках травянистой растительности ботанического сада ПГНИУ было отловлено 2460 особей, относящихся к 56 видам. Самая богатая по видовому разнообразию площадка – с посадками флоксов, где обнаружено 45 видов жужелиц. Наибольшее количество особей собрано на участке с рудеральной растительностью – 1022. Самое высокое видовое разнообразие жужелиц наблюдалось на площадке с флоксами летом, а самое

низкое — осенью на газоне за фондовой оранжереей. Неметрическое многомерное шкалирование позволило выделить хорошо различающиеся сезонные кластеры группировок жуужелиц на разных участках травянистой растительности ботанического сада ПГНИУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров В.В.* Структура населения жуужелиц на урбанизированной территории (на примере города Калуги). Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 2013. 26 с.
- Бабенко А.С. Еремеева Н.И.* Особенности населения жуужелиц урбанизированных территорий в условиях сибирских городов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2007. № 1(1). С. 5–17.
- Бабенко А.С. Нужных А.С.* Фауна и сезонная динамика активности хищных герпетобионтов ягодных насаждений экспериментального участка Сибирского ботанического сада г. Томска. Сообщение 1. Фауна и сезонная динамика активности жуужелиц Coleoptera: Carabidae // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 3(19). С. 81–91.
- Золотарев М.П., Бельская Е.А.* Население беспозвоночных герпетобионтов в крупном промышленном городе: разделение эффектов рекреации и урбанизации // Сибирский экологический журнал. 2015. Т. 22. №1. С. 102–111.
- Yadav R., Naz F., Nalwaya S., Saxena K. Impact of anthropogenic disturbance on beetle diversity, with special reference to ground beetles (Coleoptera - Carabidae) and dung beetles (Coleoptera - Scarabaeidae): A review // International Journal of Entomology Research. 2023. Vol. 8. № 1. P. 47–51.

DOI: [10.5281/zenodo.14746224](https://doi.org/10.5281/zenodo.14746224)

Плотность одноядерных гепатоцитов у грызунов: эффекты доли печени и зоны ацинуса

Д.В. Полуэктова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, микроморфология печени, гетерогенность печеночной ткани, морфометрический анализ

Печень – полифункциональный орган животных, обеспечивающий гомеостаз в организме. Она участвует во всех видах обмена, выполняет барьерную функцию между организмом и средой, накапливает и нейтрализует токсиканты (Безель, 2006; Pereira et al., 2006; Ивантер, Медведев, 2015). Признаки морфологических изменений печени используют в качестве биомаркеров токсического воздействия. На тканевом уровне исследуют признаки воспаления, фиброза или дистрофии, на клеточном – качественные (наличие гранул, вакуолей или липидных капель, деформированных ядер) и количественные признаки (размеры и плотность клеток, ядерно-цитоплазматическое отношение и др.) (Pereira et al., 2006).

Печень анатомически разделена вырезками на доли, количество которых у млекопитающих варьирует. На тканевом уровне в печени выделяют ацинусы – мельчайшие участки паренхимы, ориентированные вокруг оси, состоящей из терминальных разветвлений портальной вены и печеночной артерии. По мере удаления от них ацинус подразделяется на три концентрические зоны клеток (в первую очередь, самых многочисленных – гепатоцитов): афферентную, промежуточную и эфферентную (зоны 1–3 соответственно) (Rappaport et al., 1954). Считают, что зональное распределение гепатоцитов в ацинусе определяет их структурную и функциональную гетерогенность (Gebhardt, Matz-Soja, 2014). Гетерогенность клеток обусловлена различной концентрацией кислорода, гормонов и метаболитов в ацинусе (Rappaport et al., 1954).

С учетом сложной анатомической структуры печени (расчлененность на доли) и гетерогенности печеночной ткани, возникает вопрос о влиянии выбора участка на морфометрические характеристики клеток, например, плотность гепатоцитов. Гепатоциты – основные клетки печеночной паренхимы, качественные и количественные изменения которых обуславливают перестройки метаболизма как самого органа, так и взаимосвязанных с ним систем организма. Плотность гепатоцитов (количество клеток на единицу площади) – счетный признак, который используют для выявления и формализации структурных нарушений в печеночной ткани.

Цель этой работы – оценить на примере модельного вида грызунов (рыжая полевка) плотность одноядерных гепатоцитов в каждой доле печени (за исключением самой маленькой – сосочковой) и двух контрастных зонах ацинуса (1-й и 3-й). Мы предположили, что этот признак будет различаться в разных зонах ацинуса. В то же время, основываясь на данных эмбрионального и постэмбрионального развития печени (Уша, 1979), мы не ожидали обнаружить различия между долями.

Для исследования выбрали рыжую полевку (*Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780)) – широко распространенный вид в лесных экосистемах бореальной зоны. Животных отлавливали с помощью живоловок в пихтово-еловых лесах (Средний Урал). После умерщвления цервикальной дислокацией производили необходимые измерения: определяли пол, массу и размеры тела, а также массу печени. В выборку включили 10 самцов и 10 самок одной репродуктивно-возрастной группы (неполовозрелые сеголетки).

Печень полевок сразу после вскрытия помещали в 10%-й раствор формалина. После фиксации орган разделяли на 6 анатомических долей: правую и левую медиальную, правую и левую латеральную, хвостатую, сосочковую. Сосочковую долю из-за ее малых размеров и расчлененности не исследовали. Для микроскопического исследования из каждой доли готовили парафиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином. Всего подготовлено 100 препаратов печени, которые исследовали с помощью камеры Leica DFC 295 микроскопа Leica DM1000 LED (Германия) (ув. об. $\times 63$) и программного обеспечения ImageScore M (Россия). В каждом поле зрения определяли количество одноядерных гепатоцитов. Площадь одного поля зрения на снимке составляла 10 000 мкм². Для каждой особи просмотрено 50 полей зрения.

Анализ данных выполняли в пакете Statistica 8.0. Данные по 5-ти полям зрения суммировали для каждой зоны ацинуса. Зависимость плотности гепатоцитов от того или иного фактора (при учете остальных) исследовали с помощью моделей GRM/GLM, значения плотности клеток предварительно логарифмировали. Оценивали эффекты следующих факторов: пол животного, доля печени, зона ацинуса.

В результате различия в плотности одноядерных гепатоцитов обнаружены между самцами и самками и зонами ацинуса. Однако, несмотря на статистическую значимость, различия оказались малы: у самцов этот показатель всего на 3% меньше, чем у самок, а в 1-й зоне ацинуса на 6% меньше, чем в 3-й. В разных долях печени этот показатель не различался (табл. 1).

Табл. 1. Зависимость log-плотности одноядерных гепатоцитов *Clethrionomys glareolus* от факторов ($F_{(6; 193)} = 4.94, p < 0.001, R^2 = 0.13$)

Фактор	<i>b</i>	SE(<i>b</i>)	<i>t</i>	<i>p</i> ≤	95% ДИ	
<i>b</i> ₀	4.63	0.01	389.24	0.001	4.61	4.66
Пол (самцы)	-0.03	0.01	-2.20	0.03	-0.05	-0.03
Зона ацинуса (1-я)	-0.06	0.01	-4.73	0.001	-0.08	-0.03
Доля						
правая латеральная	0.01	0.02	0.62	0.50	-0.03	0.06
правая медиальная	-0.02	0.02	-0.95	0.30	-0.07	0.02
левая медиальная	0.01	0.02	0.37	0.70	-0.04	0.06
левая латеральная	0.02	0.02	0.66	0.50	-0.03	0.06

Примечание. Примечание. *b*₀ (референтная группа) – 3-я зона ацинуса, хвостатая доля печени, самки. Значения при $p < 0.05$ выделены полужирным шрифтом.

Функциональные различия гепатоцитов (на уровне ацинуса) между самцами и самками лабораторных животных (крыс и мышей) ранее обнаруживали и другие исследователи (Sirma et al., 1996; Massimi et al., 1999). Вероятно, половые гормоны регулируют активность и распределение ферментов в печени, что также отражается на морфологии клеток. Можно предположить, что с наступлением половой зрелости (увеличением секреции гонадостероидов) различия между самцами и самками будут увеличиваться.

Морфологическую гетерогенность гепатоцитов в разных зонах ацинуса можно объяснить балочным строением печеночной ткани, при котором клетки неправильными рядами (печеночными трабекулами или балками) сходятся к центральной вене – 3-й зоне ацинуса. Поскольку эта зона наиболее чувствительна к действию повреждающих факторов (Rappaport et al., 1954), в функциональном отношении высокая плотность гепатоцитов может служить дополнительным резервом гликогена в случае повреждения органа.

Наши предположения подтвердились: плотность одноядерных гепатоцитов была одинаковой в разных долях печени, но различалась в разных зонах ацинуса и у животных разного пола. Несмотря на то, что исследуемая группа животных была максимально однородной, мощность анализа позволила «уловить» небольшие (3–6%) различия плотности гепатоцитов. Это означает, что при «достройке» нашего экспериментального плана (добавлении других факторов, например, возраста, загрязнения среды и т.д.) могут быть оценены не менее слабые эффекты. Однозначный ответ на свой вопрос мы получили отно-

нительно выбора доли печени – для морфометрического исследования гепатоцитов можно использовать образцы ткани из любой доли.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Ю.А. Давыдовой и И.А. Кшняеву за обсуждение работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безель В.С.* Экологическая токсикология: популяционный и биоэкологический аспекты. Екатеринбург: Гошицкий, 2006. 279 с.
- Ивантер Э.В., Медведев Н.В.* Влияние техногенных загрязнений на популяции мелких лесных грызунов // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464. № 6. С. 758–761.
- Уша Б.В.* Ветеринарная гепатология. М.: Колос, 1979. 263 с.
- Gebhardt R., Matz-Soja M.* Liver zonation: novel aspects of its regulation and its impact on homeostasis // World Journal of Gastroenterology. 2014. Vol. 20(26). P. 8491–8504.
- Massimi M., Lear S.R., Williams D.L.* et al. Differential expression of apolipoprotein E messenger RNA within the rat liver lobule determined by in situ hybridization // Hepatology. 1999. Vol. 29(5). P. 1549–1555.
- Pereira R., Pereira M.L., Ribeiro R., Gonçalves F.* Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal) // Environmental Pollution. 2006. Vol. 139(3). P. 561–575.
- Rappaport A.M., Borowy Z.J., Loughheed W.M., Lotto W.N.* Subdivision of hexagonal liver lobules into a structural and functional unit // Anatomical Record. 1954. Vol. 119(1). P. 11–33.
- Sirma H., Williams G.M., Gebhardt R.* Strain- and sex-specific variations in hepatic glutamine synthetase activity and distribution in rats and mice // Liver. 1996. Vol. 16(3). P. 166–173.

DOI: [10.5281/zenodo.14746464](https://doi.org/10.5281/zenodo.14746464)

Реактивация диапаузирующих эмбрионов мышей *in vitro* при добавлении в культуральную среду путресцина

Т.А. Рахманова^{1,2}, В.С. Козенёва^{1,2}, И.Н. Рожкова¹,
Е.Ю. Брусенцев¹, С.Я. Амстиславский¹

¹ФГБУН ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

²ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск

Ключевые слова: мыши, эмбрионы, диапауза, овариэктомия, путресцин

Задержки в эмбриональном развитии характерны для многих видов, принадлежащих к различным таксонам животного царства (Easwaran, Montell, 2023). Среди млекопитающих облигатная эмбриональная диапауза, т. е. приостановка развития эмбриона на стадии бластоцисты и отсроченная имплантация, присутствующая в каждом цикле развития, встречается не менее чем у 60 видов, относящихся к 12 семействам (Fenelon et al., 2014). Облигатная диапауза распространена среди хищных видов в таких семействах как Mephitidae, Mustelidae, Otariidae и Phocidae, однако так же представлена среди насекомоядных и травоядных животных (Fenelon et al., 2014; Renfree, Fenelon, 2017). Факультативная диапауза представлена, в основном у грызунов, некоторых насекомоядных и сумчатых (Mead, 1993; Lopes et al., 2004). Данный вид диапаузы встречается как ответ организма матери на истощение и стресс (Lopes et al., 2004).

В преимплантационных эмбрионах млекопитающих диапауза регулируется через синтез полиаминов (путресцин, спермидин, спермин), главным образом благодаря работе фермента орнитиндекарбоксилазы (ornithine decarboxylase – ODC), превращающего орнитин в путресцин, из которого в последствии синтезируется спермидин и спермин (Van Winkle, Campione, 1983; Fenelon, Murphy, 2017). Культивирование *in vitro* диапаузирующих бластоцист норки с путресцином вызывает их реактивацию, что указывает на важную роль полиаминов в регуляции данного процесса (Fenelon et al., 2016). Экспериментальное моделирование эмбриональной диапаузы у сельскохозяйственных и лабораторных животных полезно для банка генетических ресурсов диапаузирующих видов млекопитающих. Поскольку у некоторых редких и находящихся под угрозой исчезновения видов млекопитающих наблюдается эмбриональная диапауза, существует мотивация для разработки репродуктивных технологий, нацеленных на диапаузирующие

эмбрионы (Wauters et al., 2020). **Целью** данной работы было вызвать реактивацию диапаузирующих эмбрионов *in vitro* с использованием мыши в качестве экспериментальной модели эмбриональной диапаузы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте использовали 28 половозрелых самок и 10 самцов мышей линии CD1. Животных содержали в стандартных условиях SPF-виварии Института цитологии и генетики (Новосибирск, Россия). У самок индуцировали суперовуляцию путем инъекции 7 МЕ орионического гонадотропина лошади (Folligon; MSD Animal Health, Нидерланды), а затем, через 45–48 часов, 5 МЕ хорионического гонадотропина человека (Chorulon, MSD Animal Health, Нидерланды). После чего, самок ссаживали на ночь с фертильными самцами этой же линии. Присутствие вагинальной пробки было индикатором первого дня беременности. Диапауза у мышей была вызвана при помощи овариэктомии (ОЭ) на четвертый день беременности самок как описано ранее (Amstislavsky et al., 2024). Далее сразу после операции самкам подкожно вводили 2.5 мг прогестерона и 2 мг препарата медроксипрогестерона ацетата («Депо-Провера – ДП»; Pfizer, Бельгия). На следующий день самкам продолжали вводить прогестерон в дозе 2.5 мг подкожно в то же время суток. Диапаузирующие эмбрионы вымывали модифицированной средой M199 (Gibco, США) с добавлением 20 мМ NEPES (Merck, Германия), 2.2 мМ пирувата натрия (Merck, Германия), 2.2 мМ лактата натрия (Merck, Германия), 3 г/л бычьего сывороточного альбумина («Merck», Германия) и 50 мкг/мл гентамицина («Merck», Германия) из рогов матки утром на шестой день беременности.

Культивирование эмбрионов *in vitro* проводили в каплях питательной среды KSOM (Merck, Германия) с 1% незаменимых аминокислот (Paneco, Россия), 0.5 % заменимых аминокислот (Thermo Fisher Scientific, США), 0.5 % витаминов (Gibco, США) и 5 % фетальной телячьей сыворотки – FCS (Thermo Fisher Scientific, США), объемом 20 мкл с добавлением 5 % фетальной бычьей сыворотки и 100 мкМ путресцина (Sisco Research Laboratories, Индия), либо без него как описано ранее (Amstislavsky et al., 2024). Для программного замораживания эмбрионов использовали модифицированный протокол Sommerfelda и Ниманна (Sommerfeld, Niemann, 1999), адаптированный нами для замораживания эмбрионов мышей (Amstislavsky et al., 2024). Эмбрионы оттаивали, выдерживая 40 с соломины с эмбрионами на воздухе, после чего на водяной бане при 30 °C также в течение 40 с. После отмывки от криопротектора, эмбрионы помещали в питательную среду для культивирования *in vitro*. Эмбриональное развитие контролировали визуаль-

но под микроскопом S8 APO (Leica Microsystems, Германия). Площадь адгезии эмбрионов к чашке Петри измеряли с использованием инвертированного DM IL LED микроскопа (Leica Microsystems, Германия) с помощью программы ImageJ.

10 гибридных мышей CD1 × C57BL/6 самок использовали в качестве реципиентов для переноса эмбрионов (эмбриотрансфера). Самок-реципиентов в стадии проэструс или эструс спаривали с вазэктомизированными мышами CD1 самцами с доказанной стерильностью по стандартному протоколу. На следующее утро (8:00–9:00 утра) самок проверяли на наличие вагинальных пробок. Диапаузирующие эмбрионы после криоконсервации и 24 ч культивирования *in vitro* с путресцином переносили самкам-реципиентам на 3.5 день их псевдобеременности. Диапаузирующие эмбрионы (9–15 на самку) переносили с помощью стеклянного капилляра в правый рог матки в 5 мкл среды FertiCult™ Flushing (FertiPro, Бельгия).

Данные проверяли на нормальное распределение с помощью критерия Шапиро-Уилка и анализировали с помощью STATISTICA v 8.0, StatSoft, Inc. Группы с нормальным распределением были представлены как среднее значение ± стандартная ошибка среднего значения и сравнивали с использованием t-критерия Стьюдента. Количество диапаузирующих и распластанных ко дну чашки Петри эмбрионов после культивирования *in vitro* сравнивали с помощью критерия χ^2 . Различия при $p < 0.05$ считали статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты культивирования *in vitro* диапаузирующих бластоцист в течение 32–48 ч в среде KSOMaa с/без добавления путресцина представлены в таблице и на рис. 1. Площадь распластывания через 48 ч культивирования *in vitro* была больше ($p < 0.05$) для эмбрионов находившихся в среде KSOMaa с добавлением путресцина, чем для эмбрионов, культивируемых в среде KSOMaa без путресцина (43084.1 ± 4608.6 против 27069.8 ± 3598.8 мкм²) (Рис. 1). Однако не было выявлено значимых различий между группами по скорости дегенерации и количеству бластоцист, прикрепившихся ко дну чашки Петри (таблица). Реактивация диапаузирующих бластоцист мыши происходит постепенно: процесс начинается в внутриклеточной массе и далее распространяется по всему эмбриону (Kamemizu, Fujimori, 2019). Протеомное исследование бластоцист мышей показало, что при реактивации повышен синтез 585 белков (Fu et al., 2014). Культивирование *in vitro* диапаузирующих бластоцист с путресцином как в нашем исследовании, так и в работах на норках вызывает их реактивацию, что указывает на участие полиаминов в регуляции данного процесса (Fenelon et al., 2016).

Табл. 1. Культивирование диапаузирующих эмбрионов *in vitro* в течение 48 ч без или с добавлением 100 мкМ путресцина

Среда культивирования	0 ч IVC	32 ч IVC		48 ч IVC		
	№ эмбрионов	Диапаузирующие эмбрионы	Разрушенные эмбрионы	Диапаузирующие эмбрионы	Распластаные эмбрионы	Разрушенные эмбрионы
KSOMaa	45	41 (93.2%)	4 (6.8%)	14 (46.7%)	12 (30.0%)	4 (13.3%)
KSOMaa + Putrescine	52	51 (98.1%)	1 (1.9%)	17 (50.0%)	13 (38.2%)	4 (11.8%)

Примечание. Число эмбрионов включало в себя 11 повторов, 28 самок. Часть эмбрионов после 32 ч культивирования фиксировали в 4% формалине для других анализов

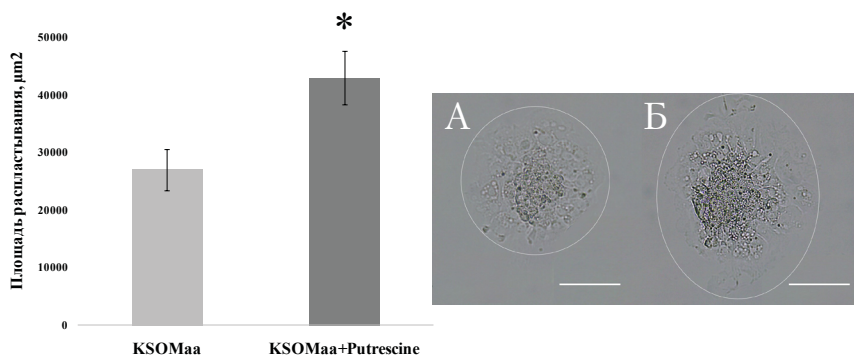


Рис. 1. Площадь расплывания диапаузирующих эмбрионов после 48 ч культивирования *in vitro* с добавлением 100 мкМ путресцина.

А – диапаузирующие эмбрионы, культивированные 48 ч в среде KSOMaa без добавления путресцина. Б – диапаузирующие эмбрионы, культивированные в среде KSOMaa с 100 мкМ путресцином.

Масштаб – 100 мкм.

* - $p < 0.05$ по сравнению с эмбрионами, культивированными в среде KSOMaa без добавления путресцина (*t*-критерий Стьюдента).

После криоконсервации диапаузирующих эмбрионов и их культивирования *in vitro* в течение 24 ч с путресцином был осуществлен успешный эмбриотрансфер эмбрионов 10 самкам-реципиентам и получено живое потомство у 6 самок (60%) (рис. 2). Ранее была показана возможность криоконсервации диапаузирующих бластоцист, но авторы оценивали успешность криоконсервации *in vitro* без эмбриотрансфера самкам-реципиентам (Wang et al., 2022; Amstislavsky et al., 2024).



Рис. 2. Живое потомство на 11-й день жизни, полученное после криоконсервации и эмбриотрансфера диапаузирующих эмбрионов самкам-реципиентам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно нашим результатам, полученным в ходе выполнения данного исследования, добавление путресцина в культуральную среду *in vitro* может ускорить активацию диапаузирующих бластоцист мышей. После криоконсервации диапаузирующих эмбрионов и их культивирования *in vitro* с путресцином был проведен эмбриотрансфер самкам-реципиентам и впервые получено живое потомство.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 23-24-00313).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Amstislavsky S., Okotrub S., Rozhkova I. et al.* Program freezing of diapausing embryos in the mouse // *Theriogenology*. 2024. Vol. 217. P. 1–10.
- Easwaran S., Montell D.* The molecular mechanisms of diapause and diapause-like reversible arrest // *Biochemical Society Transactions*. 2023. Vol. 51. № 5. P. 1847–1856.
- Fu Z., Wang B., Wang S. et al.* Integral proteomic analysis of blastocysts reveals key molecular machinery governing embryonic diapause and reactivation for implantation in mice // *Biology of Reproduction*. 2014. Vol. 90. № 3. P. 1–11.

- Fenelon J., Banerjee A., Murphy B.* Embryonic diapause: development on hold // *The International Journal of Developmental Biology*. 2014. Vol. 58. № 2–4. P. 163–174.
- Fenelon J., Banerjee A., Lefevre P.* et al. Polyamine-mediated effects of prolactin dictate emergence from mink obligate embryonic diapause // *Biology of reproduction*. 2016. Vol. 95. №1. P. 1–13.
- Fenelon J.C., Murphy B.D.* Inhibition of polyamine synthesis causes entry of the mouse blastocyst into embryonic diapause // *Biology of reproduction*. 2017. Vol. 97. № 1. P. 119–132.
- Kamemizu C., Fujimori T.* Distinct dormancy progression depending on embryonic regions during mouse embryonic diapause // *Biology of reproduction*. 2019. Vol. 100. № 5. P. 1204–1214.
- Lopes F.L., Desmarais J.A., Murphy B.D.* Embryonic diapause and its regulation // *Reproduction*. 2004. Vol. 128. № 6. P. 669–678.
- Mead R.A.* Embryonic diapause in vertebrates // *The Journal of experimental zoology*. 1993. Vol. 266. № 6. P. 629–641.
- Renfree M.B., Fenelon J.C.* The enigma of embryonic diapause // *Development*. 2017. Vol. 144. № 18. P. 3199–3210.
- Sommerfeld V., Niemann H.* Cryopreservation of bovine *in vitro* produced embryos using ethylene glycol in controlled freezing or vitrification // *Cryobiology*. 1999. Vol. 38. № 2. P. 95–105.
- van Winkle L.J., Campione A.L.* Effect of inhibitors of polyamine synthesis on activation of diapausing mouse blastocysts *in vitro* // *Journal of reproduction and fertility*. 1983. Vol. 68. № 2. P. 437–444.
- Wang X., Liu D., Liu F.* et al. Cathepsin L involved in the freezing resistance of murine normal hatching embryos and dormant embryos // *Reproductive Biology*. 2022. Vol. 22. № 1. P. 1–8.
- Wauters J., Jewgenow K., Goritz F.* et al. Could embryonic diapause facilitate conservation of endangered species // *Bioscientifica Proceedings*. 2020. Vol. 10. P. 76–84.

DOI: [10.5281/zenodo.14747491](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747491)

Влияние нарушений полога древостоя на изменчивость климатического отклика *Abies nephrolepis* на юго-востоке России

М.Е. Рублева¹, А.С. Возмищева¹, С.Н. Бондарчук²

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

²Сихотэ-Алинский государственный природный биосферный заповедник, п. Терней

Ключевые слова: нарушения полога, изменения климата, возрастная структура, годовичные кольца, Abies nephrolepis, Дальний Восток

Изменения климата и нарушения полога приводят к таким динамичным процессам как изменение структуры и состава лесных сообществ (Altman et al., 2018; Dommain et al., 2015). Ускоренные темпы повышения температуры воздуха в приземном слое со второй половины XX века, миграция тропических циклонов к полюсам, учащение катастрофических явлений уже отразились на многих лесных экосистемах мира (Deb et al., 2018; Korznikov et al., 2019; Ruiz-Pérez et al., 2020; Vozmishcheva et al., 2019). Одним из методов оценки поддержания устойчивости лесов в условиях изменения внешних факторов является дендрохронологический анализ (Roshani et al., 2022).

Кедрово-широколиственные леса в горах среднего Сихотэ-Алия (Дальний Восток) имеют высокую значимость как ненарушенные, разновозрастные, сложные по структуре сообщества с доминированием в пологе сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.). Одним из ключевых видов кедрово-широколиственных лесов является пихта белокорая (*Abies nephrolepis* (Trautv. Ex Maxim.) Maxim). Это теневыносливый доминант второго яруса, достигающий 25 м высоты и 30 см в диаметре в благоприятных условиях (Усенко, 1984). Однако, мало что известно об её климатическом отклике в условиях изменения окружающей среды и воздействия тропических циклонов на возобновление пихты. **Цель исследования:** оценка влияния климатических факторов и нарушений полога на рост *Abies nephrolepis* на юго-востоке России.

Было отобрано 136 ядер пихты с 5 постоянных пробных площадей (ППП) Сихотэ-Алинского заповедника, расположенных на восточном макросклоне Сихотэ-Алинского хребта. Пробные площади однородны по природным условиям, тип леса – кедрово-широколиственный. Деревья пихты белокорой были отобраны в 2020 году на высоте 150-400 м н.у.м. Обработка ядер в лабораторных условиях была проведена согласно стандартным дендрохронологическим методам (Шиятов,

2000). Основываясь на метеорологических данных с 1941 г., под климатическими факторами понимались среднемесячная температура и суммарное количество осадков. Стандартизация данных о ширине годовичных колец была проведена методом отрицательной экспоненциальной кривой. Расчет корреляций Пирсона между индексированной шириной годовичных колец и климатическими переменными проводился в программе R пакете treeclim (Zang, Biondi, 2015), создание хронологии нарушений – в пакете TRADER (Altman et al., 2014), а также создание индексированной стандартной хронологии – в пакете dplR (Bunn, 2008). Анализ возрастной структура пихты белокорой проводился на основе древесных кернов и отображён на графике распределения количества деревьев по декадам их появления.

В результате анализа выявлена абсолютно разновозрастная структура древостоя пихты белокорой (рис. 1). Возраст пихты из выборки варьируется от 27 до 180 лет согласно перекрёстной датировке. Наибольшие всплески численности наблюдались в 1920-х, 1930-х, и 1960-х гг. Максимальное количество молодых деревьев (23% от общего числа выборки) отмечается в 1930-х гг. Молодое поколение пихты могло развиться в результате образования световых окон в лесном пологе после тропических циклонов, последствия деятельности которых зафиксированы в литературе (Elliott, Nino, 1960; Kubota et al., 2021).

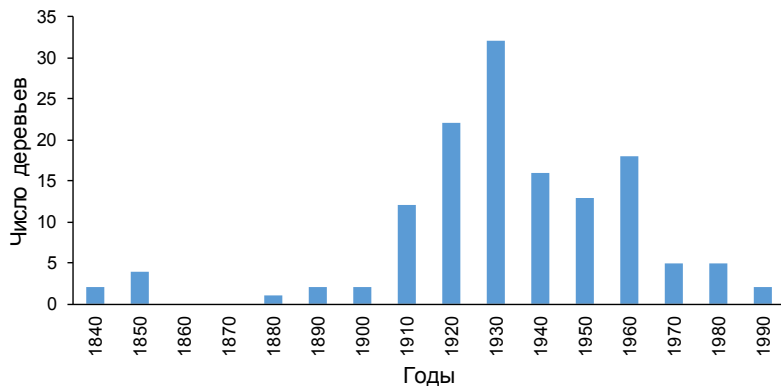


Рис. 1. Распределение количества деревьев *Abies nephrolepis* по периодам их появления на 5 ППП Сихотэ-Алинского заповедника.

По оси абсцисс показан год начала роста деревьев,
по оси ординат – количество деревьев.

Для пихты белокорой установлена наиболее выраженная отрицательная корреляция с температурой июня и сентября, а также положительная связь с осадками сентября (рис. 2), которая усилилась с ростом температур (Aubry-Kientz et al., 2015). Повышение температуры в начале вегета-

ционного периода способствовало росту пихты, что объясняется её термофильностью, при этом нехватка осадков является одним из основных факторов, ограничивающих её рост в Приморье (Манько, Гладкова, 2003).

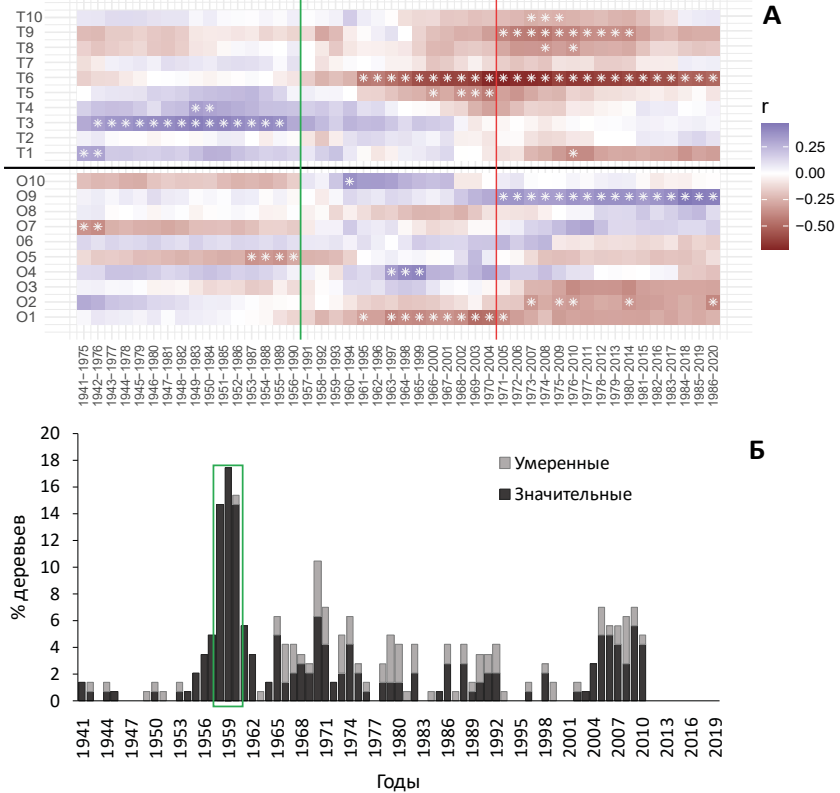


Рис. 2. Связь между климатической чувствительностью (А) и хронологической нарушенностью (Б) *Abies perfoliata* за период 1941-2019 гг. А. Скользящая корреляционная зависимость ШГК показана со среднемесячными температурами (Т) и суммой осадков (О) с января (1) по октябрь (10) текущего года роста с длиной окна 35 лет и шагом 1 год. «*» отмечены значимые значения. Шкала коэффициентов корреляции Пирсона варьируется от ячеек положительного фиолетового цвета до отрицательных ячеек темно-красного цвета. Зеленой линией отмечен тайфун «Эмма» (1956), красной - начало тренда роста температур воздуха. Б. По оси абсцисс показаны годы, по оси ординат - % деревьев, показавших ускорение роста в ответ на нарушение. Значительный уровень нарушенности показан тёмно-серым цветом, умеренный - светло-серым. Зеленым прямоугольником обозначен период с самым высоким % отреагировавших деревьев.

На территории среднего Сихотэ-Алиня пихта демонстрирует высокую устойчивость к избыточному увлажнению почв, а также отличается повышенной термофильностью и теневыносливостью (Манько, Гладкова, 2003). Однако, конкуренция за влагу с другой растительностью приводит к возникновению водного стресса у пихты при её недостатке в вегетационный сезон, что приводит к замедлению роста (Lee et al., 2024).

Воздействие одного из самых мощных тайфунов XX века «Эмма» (Elliott, Nino, 1960), прошедшего в районе исследований, вероятно могло отразиться не только на усиленном росте пихты вследствие ветровалов, но и на её климатической чувствительности. Повышенная корреляция с мартовскими температурами наблюдалась в течение пяти лет после прохождения тайфуна, также как и средняя по силе связь по шкале корреляции Пирсона с температурой июня ($r > -0.3$). В результате исследования было обнаружено, что до 18% деревьев продемонстрировали ускоренный прирост, что связано с серьезными нарушениями лесного покрова в 1958–1960 гг.

В заключение, можно отметить, что разрушительное воздействие на лесной полог тайфунов начала XX века и самого сильного по скорости ветра тайфуна прошлого века «Эмма» (1956 г.) повлияли положительным образом на возобновление *Abies nephrolepis* на юго-востоке России. Однако, ускоренный рост после образования световых окон наряду с повышением приземной температуры воздуха могли привести к изменению климатической чувствительности этого вида. Замечено, что замедление роста *Abies nephrolepis* в основном определяется температурными условиями июня в связи с водным стрессом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-24-00511, <https://rscf.ru/project/23-24-00511/> в лаборатории комплексных исследований динамики лесов Евразии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Манько Ю.И., Гладкова Г.А. Массовое усыхание пихтово-еловых лесов на российском Дальнем Востоке: основные итоги изучения // Комаровские чтения. 2003. №. 49. С. 131–171.
- Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. – 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск: Приамурские ведомости, 2009. 271 с.
- Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. и др. Методы дендрохронологии. Учебно-методическое пособие. Красноярск: КрасГАУ, 2000. 80 с.

- Altman J., Fibich P., Dolezal J.* et al. TRADER: a package for tree ring analysis of disturbance events in R // *Dendrochronologia*. 2014. Vol. 32. № 2. P. 107–112.
- Altman J., Ukhvatkina O.N., Omelko A.M.* et al. Poleward migration of the destructive effects of tropical cyclones during the 20th century // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018. Vol. 115. № 45. P. 11543–11548.
- Aubry-Kientz M., Rossi V., Wagner F.* et al. Identifying climatic drivers of tropical forest dynamics // *Biogeosciences*. 2015. Vol. 12. № 19. P. 5583–5596.
- Bunn A.G.A.* dendrochronology program library in R (dplR) // *Dendrochronologia*. 2008. Vol. 26. № 2. P. 115–124.
- Deb J. C., Phinn S., Butt N.* et al. Climate change impacts on tropical forests: identifying risks for tropical Asia // *Journal of Tropical Forest Science*. 2018. Vol. 30. № 2. P. 182–194.
- Dommain R., Cobb A. R., Joosten H.* et al. Forest dynamics and tip-up pools drive pulses of high carbon accumulation rates in a tropical peat dome in Borneo (Southeast Asia) // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. 2015. Vol. 120. № 4. P. 617–640.
- Elliott J.C., Nino Y.* Okinawa's dry typhoons // *American Midland Naturalist*. 1960. Vol. 63. № 2. P. 211–222.
- Korznikov K., Kislov D., Doležal J.* et al. Tropical cyclones moving into boreal forests: Relationships between disturbance areas and environmental drivers // *Science of the total environment*. 2022. Vol. 844. № 156931. P. 1–11.
- Kubota H., Matsumoto J., Zaiki M.* et al. Tropical cyclones over the western north Pacific since the mid-nineteenth century // *Climatic Change*. 2021. Vol. 164. P. 1–19.
- Lee S.J., Lee A.R., Byeon J.G., Oh S.H.* Pre-drought effects on northern temperate trees and vine invasion in forest gaps hindering regeneration // *Science of the total environment*. 2024. Vol. 951. № 175707. P. 1–14.
- Roshani G.H., Sajjad H., Kumar P.* et al. Forest vulnerability to climate change: a review for future research framework // *Forests*. 2022. Vol. 13. № 6(917). P. 1–18.
- Vozmishcheva A.S., Bondarchuk S.N., Gromyko M.N.* et al. Strong Disturbance Impact of Tropical Cyclone Lionrock (2016) on Korean Pine-Broadleaved Forest in the Middle Sikhote-Alin Mountain Range, Russian Far East // *Forests*. 2019. Vol. 10. № 11(1017). P. 1–14.
- Zang C., Biondi F.* Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxyclimate relationships // *Ecography*. 2015. Vol. 38. P. 431–436.

Метагеномный анализ бактериальных сообществ радиоактивно загрязненных почв

А.В. Рыбак, Е.С. Белых, Т.А. Майстренко, И.О. Велегжанинов, Е.Е. Расова, М.М. Тавлеева

ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, почвенные бактерии, NGS, естественные радионуклиды, 16S рРНК

Радиоактивное загрязнение почвы представляет долгосрочную угрозу для всех почвенных обитателей (Rogiers et al., 2021). Использование современных генетических технологий позволяет получить более полную картину изменений, происходящих в почвенных микробиомах в результате воздействия токсикантов, а также оценить принципиальную возможность восстановления сообществ микроорганизмов до нативного уровня или выбрать способы снижения негативного влияния загрязнения. Мы предположили, что состав и структура сообществ бактерий в радиоактивно загрязненной почве может отличаться от таковых в почвах фоновой территории. **Цель исследования** заключалась в сравнении состава и структуры сообществ бактерий на участках с повышенным и фоновым уровнем радиоактивности.

Исследования проводили на референсном и импактном участках, расположенных в подзоне северной тайги вблизи пос. Водный (Республика Коми), где загрязнение произошло в результате деятельности предприятия по добыче и производству радия и складирования отходов этого производства. На каждом участке отбирали образцы почв для метагеномного секвенирования и физико-химического анализа. Влажность, pH, концентрации ^{238}U , ^{226}Ra , Fe, P_2O_5 , общего N и C определяли общепринятыми методами на базе лаборатории миграции радионуклидов и радиохимии и аккредитованной лаборатории “Экоаналит” ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Тотальную ДНК из почвы выделяли набором HiPure Soil DNA Kit (Magen, China) с дополнительной очисткой набором ColGen (Синтол, Россия) на базе ЦКП «Молекулярная биология» ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Амплификацию региона V3-V4 гена 16S рРНК осуществляли с применением универсальных бактериальных праймеров. Секвенирование реализовано на платформе MiSeq (Illumina, USA). Биоинформатический анализ полученных данных осуществляли в среде R 4.4.1 с применением пакетов dada 2, phyloseq и vegan (Callahan et al., 2016; McMurdie, Holmes, 2013; Oksanen et al., 2024). Анализ различий в обилии таксонов провели с помощью DESeq2 (Love et al., 2014).

Удельные активности ^{238}U и ^{226}Ra в почве загрязненного участка оказались в 61 и 131 раз выше значений, определенных в почве фоновой территории. Важно отметить, что на загрязненном участке отмечено техногенно повышенное содержание общего С.

Различия в разнообразии бактерий между референсным и радиоактивно загрязненным участками оказались статистически незначимыми. При этом наблюдаемое разнообразие на обоих изученных участках оказалось несколько ниже, чем значение данного показателя для почв других участков этого географического района (Zverev et al., 2023). В составе бактериальных сообществ наиболее многочисленными оказались отделы Pseudomonadota, Acidobacteriota, Actinomycetota, Bacteroidota, Verrucomicrobiota, Planctomycetota, Gemmatimonadota, Saccharibacteria и candidate division WPS1. Причем Pseudomonadota и Acidobacteriota доминировали как на референсном, так и загрязненном радионуклидами участках, что соотносится с данными, полученными для почв лесной зоны умеренного пояса (Zverev et al., 2023) Около 24 % вариантов ампликонной последовательности (ASVs) отнесены к неклассифицированным бактериям.

Дифференциальный анализ обилия разных ASVs показал различия в структуре бактериальных сообществ участков. Представители Acidobacteriota из родов *Terriglobus*, *Granulicella*, *Holophaga* обнаружены только в контрольной почве. Исключительно в почвах, загрязненных радионуклидами, отмечены бактерии из родов *Sphingomonas*, *Geobacter*, *Rhodoplanes*, *Sulfuricaulis*, относящиеся к отделу Pseudomonadota. Разные ASVs, относящиеся к *Limnoglobus roseus* (Kulichevskaya et al., 2020), определены в почвах обоих участков. Обнаруженные в загрязненной почве бактерии родов *Geobacter*, *Sphingomonas* и *Gaiella* часто встречаются в техногенно нарушенных почвах, активно участвуют в окислительно-восстановительных трансформациях металлов и иных токсиантов (Li et al., 2022; Naseem et al., 2024).

Таким образом, не выявлено снижения разнообразия бактериальных сообществ и изменения обилия на уровне доминирующих отделов в сообществах почвенных бактерий фонового и радиоактивно загрязненного участков. Статистически значимые различия обнаружены на более низких таксономических уровнях. Зарегистрированные нами среди доминирующих в составе бактериальных сообществ почв радиоактивного участка роды *Geobacter*, *Sphingomonas*, *Gaiella* отмечены также другими исследователями в техногенно загрязненных почвах, что подтверждает ключевую роль этих бактерий в поддержании нормального функционирования антропогенно измененной среды. Присутствие *Limnoglobus roseus* как в нарушенных, так и нетронутых почвах, вероятно, указывает на высокую функциональную пластичность этого организма.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 23-74-01125 (<https://rscf.ru/project/23-74-01125/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Callahan B.J., McMurdie P.J., Rosen M.J.* et al. DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data // *Nature Methods*. 2016. Vol. 13. № 7. P. 581–583.
- Zverev A.O., Gladkov G.V., Kimeklis A.K.* et al. Microbial Composition on Abandoned and Reclaimed Mining Sites in the Komi Republic (North Russia) // *Microorganisms*. 2023. Vol. 11. P. 1–12.
- Kulichevskaya I.S., Naumoff D.G., Miroshnikov K.K., Ivanova A.A.* et al. *Limnoglobus roseus* gen. nov., sp. nov., a novel freshwater planctomycete with a giant genome from the family Gemmataceae // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2020. Vol. 70. № 2. P. 1240–1249.
- Li D., Li X., Tao Y., Yan Z.* et al. Deciphering the bacterial microbiome in response to long-term mercury contaminated soil // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. Vol. 229. № 15. P. 1–9.
- Love M.I., Huber W., Anders S.* Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2 // *Genome Biology*. 2014. Vol. 15. № 12. P. 1–21.
- McMurdie P.J., Holmes S.* phyloseq: An R Package for Reproducible Interactive Analysis and Graphics of Microbiome Census Data // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8. № 4. P. 1–11.
- Naseem M., Verma P.C., Raghuvanshi R.* et al. Soil Microbiome and its Functional Attributes Under the Gradient of Arsenic Contamination in Paddy Soils // *Water Air Soil Pollut.* 2024. Vol. 235. P. 1–16.
- Oksanen J., Simpson G.L., Blanchet F.G.* et al. vegan: Community Ecology Package. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan>
- Rogiers T., Claesen J., Van Gompel A.* et al. Soil microbial community structure and functionality changes in response to long-term metal and radionuclide pollution // *Environmental Microbiology*. 2021. Vol. 23. № 3. P. 1670–1683.

DOI: [10.5281/zenodo.14747954](https://doi.org/10.5281/zenodo.14747954)

Морфологический облик муравьёв *Formica aquilonia* Yarrow (Hymenoptera, Formicidae) из мирмекокомплекса в Тигирекском заповеднике

М.В. Сильченко

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Ключевые слова: Тигирекский заповедник, *Formica aquilonia*, морфологическая изменчивость муравьёв, мирмекокомплекс

Морфологические характеристики муравьёв закономерно меняются в ответ на изменение условий среды, поэтому они перспективны для биоиндикации и находятся в центре внимания исследователей (Федосеева, 2010; Гилёв, 2012). К настоящему времени проанализирована динамика морфологических изменений рабочих особей в ряду лет, по сезонам, её связь с возрастом семьи (Гилёв, 2012). Показано также, что морфологический облик муравьёв может заметно различаться даже в пределах одного и того же мирмекокомплекса (Федосеева, 2010), что должно учитываться при их использовании в мониторинге. **Цель настоящего исследования:** оценка размеров, числа отстоящих волосков на затылочном крае головы и окраски у рабочих особей северного лесного муравья *Formica aquilonia* Yarrow (Hymenoptera, Formicidae) из гнезд, расположенных в центральной и периферийной зонах мирмекокомплекса 1 из Тигирекского заповедника.

Материалом для исследований послужили рабочие муравьи *F. aquilonia*, собранные в июле 2022 г. на горе Львиный камень, в отроге Тигирецкого хребта (Северо-Западный Алтай) в окрестностях села Тигирек. Мирмекокомплекс общей площадью 106458 м², состоит из 47 жилых гнёзд, расположенных на высоте 1000–1300 м над уровнем моря, в разреженном пихтовом лесу на северо-восточном макросклоне хребта, вдоль конной тропы.

Центральная часть комплекса расположена в пределах плоского участка на водоразделе гривы, что обуславливает сравнительно интенсивное прогревание поверхности почвы. Здесь сосредоточено большое количество гнезд муравьёв, они приурочены к просветам между деревьями. За пределами водораздела распространение муравейников ограничено верхней частью крутого северного склона, где зарегистрировано всего несколько гнёзд. Предположительно, на северном склоне меньше освещённость и, соответственно, теплообеспеченность, что является препятствием для дальнейшего распространения муравейников.

В рамках настоящего исследования измерения проведены для рабочих особей из двух гнёзд, расположенных в центре комплекса (гнездо 26) и на его периферии (гнездо 2). Расстояние между гнёздами составляет около 950 м. Гнездо 26 крупнее, чем гнездо 2 (табл. 1).

Табл. 1. Размерные характеристики гнёзд *F. aquilonia*, использованных в работе

	D (диаметр вала), см	d (диаметр купола), см	H (высота купола и вала), см	h (высота купола), см	N (число дорог)
Гнездо 2	180–190	160	55–70	40–45	6
Гнездо 26	320	180	50-80	25-40	4

Муравьи центрального гнезда 26 собраны с дороги, связывающей его со вспомогательным гнездом 26а. Особи периферийного гнезда 2 взяты с его купола, Измерения проведены для 57 особей из гнезда 26 и для 60 особей из гнезда 2.

Для оценки морфологического облика муравьёв использованы стандартные параметры: длина головы, ширина головы, длина правого и левого скапусов, длина груди, суммарное количество волосков правой и левой стороны затылочного края головы, окраска головы и груди (по отделам, баллы) (Гилёв и др., 2013). Все измерения выполнены в программе ImageFocusAlpha на микрофотографиях, полученных с помощью стереомикроскопа и прикрепленной к нему камеры Nexiuszoom 0.67–4.5 (wf 10x/22mm). Статистическая обработка данных была проведена с использованием программ Microsoft Excel 2016 и Statistica 8.0 (StatSoft Inc., 1984–2008). Рассчитывались средняя (M) и стандартное отклонение (σ). Оценка изменчивости данных проводилась путем расчета коэффициента вариации (Cv). Для оценки значимости различий размеров муравьев из сравниваемых гнёзд использовали однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для сравнения встречаемости частот вариантов окраски использовали критерий Пирсона хи-квадрат. Распределение анализируемых данных соответствует нормальному закону.

По всем измеренным параметрам головы и груди рабочие муравьи из центрального гнезда 26 превосходят рабочих из периферийного гнезда 2 (табл. 2). Для ширины головы различия значимы статистически ($p=0.01$); для всей совокупности изученных признаков различия близки к статистически значимым ($p=0.052$). Значения Cv указывают на более высокую изменчивость всех изученных признаков у рабочих с периферии.

Табл. 2. Морфометрические характеристики рабочих муравьёв *F. aquilonia* из изученных гнёзд

	Гнездо 2 (периферия комплекса)		Гнездо 26 (центр комплекса)	
	М±σ	Cv, %	М±σ	Cv, %
Длина головы, мм	1.55±0.15	9.67	1.60±0.14	8.75
Ширина головы*, мм	1.27±0.15	11.45	1.34±0.13	10.02
Скапус левый, мм	1.28±0.12	9.22	1.35±0.12	8.80
Скапус правый, мм	1.29±0.15	11.67	1.36±0.11	8.32
Длина груди, мм	2.06±0.26	12.57	2.11±0.22	10.52
Число волосков*, шт	6.89±3.09	42.65	5.53±2.70	48.97

В то же время муравьи из периферийного гнезда достоверно превосходят особей из центра по числу отстоящих волосков на затылочном крае головы ($p=0.000005$).

Окраска муравьёв из изученных гнёзд также различается. Наиболее выражены отличия в окраске пронотума. У муравьёв в центральном гнезде отчётливо преобладает сравнительно светлый вариант 3 (74.5%), в то время как в периферийном гнезде его доля составляет лишь 40%, высока встречаемость более тёмных вариантов (вариант 4 – 20%, вариант 5 – 38.5%). Таким образом, муравьи из периферийного гнезда темнее (критерий хи-квадрат 18.9, $p=0.0003$).

Таким образом, для муравьёв *F. aquilonia*, собранных в центре комплекса, наблюдается тенденция к увеличению размеров, наиболее отчётливо заметная для ширины головы. Для особей периферийного гнезда отмечена более высокая изменчивость размеров, большее количество отстоящих волосков на затылочном крае и более высокая доля тёмных вариантов окраски. Ранее мирмекологами были выявлены изменения размеров в связи с различными факторами среды. Е.Б. Федосеева (2010) показала уменьшение размеров рабочих муравьёв на фоне общего угнетения комплекса. А.В. Гилёв (2012) выявил достоверное снижение размеров муравьёв в зоне выбросов СУМЗа. В случае Тигирецкого хребта угнетение со стороны человека исключено, поскольку район крайне труднодоступен и удалён от зоны любой хозяйственной деятельности. Можно предположить, однако, что ограничение в пространстве муравейников (граница комплекса) связано с изменением условий обитания, неблагоприятным для муравьёв. В данном случае это может быть северная экспозиция склона, снижающая количество солнечного света, получаемого муравейниками. Гипотеза об уменьшении размеров рабочих муравьёв на периферии комплекса представляет собой предположение, требующее дальнейшей проверки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гилёв А.В. Эколого-морфологический анализ популяционной структуры и изменчивости рыжих лесных муравьёв (*Formica* s. str.) на Среднем Урале. Автореф. дис. ... д.б.н. Екатеринбург, 2012. 24 с.
- Гилёв А.В., Зрянин В.А., Федосеева Е.Б. Методы сбора, хранения и морфометрии муравьёв // Мониторинг муравьёв Формика. М.: КМК, 2013. С. 42–49.
- Федосеева Е.Б. Морфометрические характеристики муравьёв *Formica aquilonia* в мониторинге их поселений // Зоологический журнал. 2010. Т. 89. № 12. С. 1432–1447.

DOI: [10.5281/zenodo.14748055](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748055)

Динамика неструктурных углеводов у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в смешанном горном лесу в Центральной Сибири

Т.А. Степина, О.В. Сергеева, А.А. Кнорре, А. Арзак

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Ключевые слова: хвойные деревья, динамика неструктурных углеводов, ширина годичного кольца, смешанный лес

Хвойные деревья составляют большую часть бореальных лесов, которые в свою очередь занимают около 27% площади мировых лесов. Более того, они играют важную роль в динамике экосистем, фиксируя атмосферный CO₂, обеспечивая баланс теплового излучения и оказывая регулирующее воздействие на климат планеты. В последние десятилетия эти леса находятся под угрозой вымирания, из-за сверх среднего потепления (Дмитриев, 2023).

Хвойные смешанные леса представляют большой интерес для дендрохронологии в контексте изменения климата, поскольку там сосуществуют различные виды деревьев со специфическими физиологическими и экологическими характеристиками. Это дает возможность для оценки содержания неструктурных углеводов (НСК) у разных видов деревьев, растущих в одинаковых условиях.

НСК – неструктурные углеводы это по большей части углерода, который присутствует в виде растворимых сахаров (в основном глюкозы) и нерастворимых сахаров (крахмала), обычно хранящихся в живых тканях и используемых для роста, осморегуляции и дыхания (Hartmann & Trumbore, 2016). Многочисленные исследования были сосредоточены на сезонной динамике НСК (Fermaniuk et al., 2021; Schoonmaker et al., 2021; Каплина & Кулакова, 2015). Модель, упомянутая Dietze с соавторами, (Dietze et al., 2014) показывает сезонный цикл в пулах НСК, он снижается во время распускания листьев и восполняется в течение вегетационного периода; в период покоя (т. е. зимой) НСК в основном используются для дыхания, поскольку фотосинтез отсутствует.

Мы изучили динамику НСК в древесине ствола сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в течение вегетационного периода 2021 года. Изучая динамику НСК в течение вегетационного периода, мы планируем сравнить использование НСК хвойными видами с различными стратегиями и выяснить влияние кли-

матических условий. Таким образом, ставились следующие **задачи**: 1) определить концентрацию НСК, запасаемого в стволовой древесине каждые пять лет; 2) сравнить динамику изменения НСК у двух выбранных видов в течение вегетационного периода. Мы предполагаем, что более высокое содержание НСК будет наблюдаться в кольцах деревьев, расположенных ближе к коре, из-за более легкой доступности для роста. Кроме того, по сравнению с лиственницей сибирской, динамика изменения НСК у сосны обыкновенной может быть менее выражена, поскольку она сохраняет свою хвою в течение всего года.

Исследование проводилось в природном заповеднике «Столбы», г. Красноярск (55°53' с.ш., 92°46' в.д.), это место представлено смешанной горной тайгой. Среднегодовая температура составляет -1.2 °С, самые теплые и самые холодные месяцы — июль и январь, соответственно. Продолжительность вегетационного периода, когда дневная температура воздуха больше или равна 5° , составляет около 110 дней, с конца мая до середины сентября. Общее годовое количество осадков составляет 686 мм, большая часть которых выпадает зимой.

По 20 образцов *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* были отобраны в начале вегетационного периода (май), в середине (июль) и в конце (октябрь). Один керн диаметром 5 мм с дерева был взят во время первого отбора проб для перекрестного датирования, и дополнительный керн диаметром 10 мм был взят с каждого дерева при каждом отборе проб для определения НСК. Керна были взяты на высоте груди. 5-миллиметровые керны были высушены на воздухе, потом была извлечена смола при помощи этанола в аппарате Сокслета. 10-миллиметровые керны были подвергнуты микроволновой обработке (5 мин при 800 Вт), для остановки ферментативных реакций (Würth et al., 2005). Ширина колец и возраст деревьев были определены с использованием кернов диаметром 5 мм. Для этого, керны были вклеены в деревянную основу с помощью клея, затем отшлифованы на шлифовальном станке с последовательным увеличением размера зерна наждачной бумаги (до P800). После этого были отсканированы с разрешением 3200 точек на дюйм с помощью сканера (Epson Perfection V800 (Epson, Япония)).

Измерения годовичных колец и перекрестное датирование были выполнены с помощью Coorecorder версии 9.3 (Cybis Elektronik & Data AB, Швеция). Точность перекрестного датирования была проверена с помощью программы COFESHA (Grissino-Mayer, 2001). Остаточные хронологии годовичных колец были получены с помощью программы ARSTAN (Cook & Holmes, 1996), где исходные временные ряды были стандартизированы, а долгосрочные возрастные тенденции были удалены путем подгонки сплайн-функции с окном 32 года и уровнем подавления дисперсии 50%.

Содержание углеводов было определено методом Антрона, и его концентрация была измерена с помощью спектрофотометра при 630 нм (Unico 2100, Россия). (Yemm and Wiillis, 1954). 10-миллиметровые керны были разделены на 7 сегментов по 5 перекрестно датированных лет (самые крайние 30 лет) и остальной керн. Каждый сегмент был помечен и высушен при 60 °С в течение 48 часов. Высушенные образцы были измельчены в порошок с помощью шаровой вибрационной мельницы (Retsch MM 400, Германия).

Анализ изменчивости радиального прироста деревьев сосны обыкновенной за исследуемый период (1966–2022 гг.) показал следующие значения ширины годичного кольца: 0.9 ± 0.1 мм (среднее значение \pm SD). Средний возраст исследованных деревьев составил 109.3 ± 16.1 года, а средняя высота – 16.9 ± 4.1 м, а диаметр ствола на уровне груди (1.3 м) – 38.7 ± 16.9 см. Исследуемые деревья лиственницы сибирской были ниже – 18.1 ± 2.8 м, но старше – 129.4 ± 10.3 года, диаметр ствола на уровне груди составил 27.8 ± 5.1 см, а значения ширины годичного кольца составили 0.9 ± 0.2 мм.

Для обоих видов количество нерастворимых углеводов было больше, чем растворимых углеводов в исследуемый период. Однако более высокое содержание НСК было обнаружено в самых наружных сегментах (возле коры) (рис. 1), поскольку деревьям необходимо сформировать резервный пул сахаров, используемых для дальнейшего роста (Фонти, 2020).

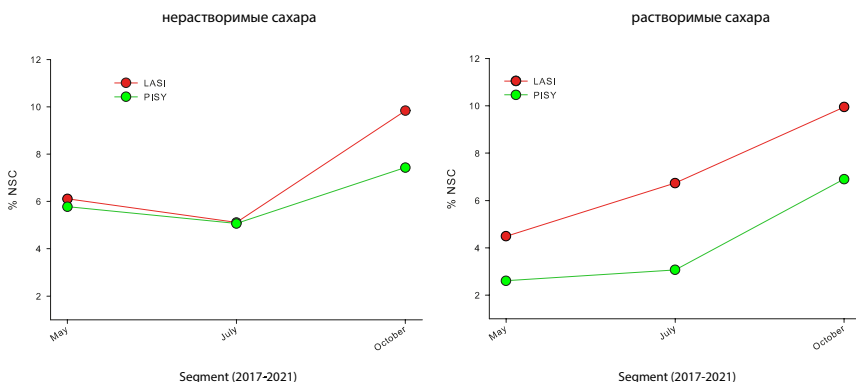


Рис. 1. Содержание нерастворимых и растворимых сахаров в последнем сегменте (2017–2021). LASI – лиственница сибирская, PISY – сосна обыкновенная

Самая высокая концентрация НСК была обнаружена у деревьев сосны обыкновенной в начале вегетационного периода (май), тогда как у лиственницы сибирской она была обнаружена в конце вегетационного

периода (октябрь). Различия в распределении пула НСК между видами могут быть связаны с различиями в стратегиях роста, поскольку сосна является вечнозеленым видом, а лиственница — листопадным. Таким образом, более высокое содержание НСК в конце вегетационного периода может соответствовать более высокому потреблению НСК на формирование хвои у лиственницы в начале следующего вегетационного периода.

Полученные данные свидетельствуют, что нерастворимые углеводы преобладают над количеством растворимых в течение исследуемых периодов. Наши результаты согласуются с предыдущими результатами (von Arx et al., 2017), которые также показали схожие результаты в своей работе. В соответствии с литературными данными, это исследование показало, что лиственница запасает НСК в конце вегетационного периода, чтобы иметь запас сахаров для формирования хвои в следующем году.

Проведенное исследование дает информацию о значительной разнице в динамике НСК среди листопадных (*L. sibirica*) и вечнозеленых видов (*P. sylvestris*) деревьев. Особенно это заметно у *L. sibirica*, т.к. эти виды сохраняют большее количество растворенных сахаров к концу вегетационного периода, которые потенциально могут быть использованы в начале следующего вегетационного периода. Динамика изменений неструктурных углеводов и различные стратегии их использования позволяют лучше понять, когда деревья используют эти углеводы для собственного роста, и потенциально предсказать будущую реакцию динамики НСК на изменение климата. Наши результаты указывают на многообещающее направление для будущих исследований. Поскольку НСК радиально запасаются и мобилизуются в лучевой паренхиме по всему стволу, а лучевая паренхима, в свою очередь, реагирует на климатические условия, необходимо оценить связь между количеством запасаемых НСК и теоретической возможностью их хранения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: проект ФСРЗ-2020-0014 «Разработка новых методов анализа цифровой анатомии древесных растений для изучения процессов изменения климата Евразии» в рамках Государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дмитриев О.В., Орлик В.Г. Глобальное потепление // Сфера. Нефть и газ. 2023. № 1. С. 52–54.

- Каплина Н.Ф., Кулакова Н.Ю. Содержание неструктурных углеводов в органах дуба черешчатого в условиях южной лесостепи Европейской части России // Вестник ПГТУ. 2015. № 4(28). С. 84–87.
- Фонти М.В. Климатический сигнал в параметрах годичных колец (плотности древесины, анатомической структуре и изотопном составе) хвойных и лиственных видов деревьев в различных природно-климатических зонах евразии. Автореф. дис. ... д.б.н. Красноярск, 2020. 318 с.
- Cook E.R., Holme R.L. Guide for computer program ARSTAN // The International Tree-Ring Data Bank Program Library Version. 1996. Vol. 2. P. 75–87.
- Dietze M.C., Sala A., Carbone M.S. et al. Nonstructural carbon in woody plants // Annual Review of Plant Biology. 2014. Vol. 65. P. 667–687.
- Fermaniuk C., Fleurial K.G., Wiley E. et al. Large seasonal fluctuations in whole-tree carbohydrate reserves: Is storage more dynamic in boreal ecosystems? // Annals of Botany. 2021. Vol. 128. № 7. P. 943–957.
- Grissino-Mayer D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA // Tree-Ring Research. 2001. Vol. 57. № 2. P. 205–221.
- von Arx G., Arzac A., Fonti P. et al. Responses of sapwood ray parenchyma and non-structural carbohydrates of *Pinus sylvestris* to drought and long-term irrigation. Functional Ecology. 2017. Vol. 31. № 7. P. 1371–1382.
- Würth M.K., Peláez-Riedl S., Wright S.J. et al. Non-structural carbohydrate pools in a tropical forest. Oecologia. 2005. Vol. 143. № 1. P. 11–24.
- Yemm E.W., Willis A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. The Biochemical Journal. 1954. Vol. 57. № 3. P. 508–547.

DOI: [10.5281/zenodo.14748262](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748262)

Распространение складчатокрылых ос (Hymenoptera: Vespidae) в ульях *Apis mellifera* на пасеках Тюменской области

В.В. Столбова

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской Академии Наук, г. Тюмень

Ключевые слова: биоценоз, медоносная пчела, *Vespula germanica*, шершень

Складчатокрылые осы (Hymenoptera: Vespidae) являются частью апиофильного нидикольного биоценоза медоносных пчёл. По отношению к *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 они являются комменсалами и/или хищниками (Сидоров, 1968).

Среди насекомых-вредителей медоносных пчёл осы занимают первое место по наносимому ими ущербу, который заключается главным образом в хищничестве и расхищении кормовых запасов пчелиных семей. На сегодняшний день список складчатокрылых ос-вредителей *A. mellifera* включает 21 вид и подвид из 4 родов: *Polistes* Latreille, 1802, *Vespa* Linnaeus, 1758, *Vespula* Thomson, 1869, *Dolichovespula* Rohwer, 1916 (Коновалова, 2018).

Осы рода *Vespula* конкурируют с пчёлами за пищевые ресурсы, пронося в ульи и расхищая запасы мёда (одна оса способна вынести из улья от 40 до 132 мг мёда). При вторжении в улей большого количества ос кормовые ресурсы пчелиной семьи сокращаются значительно. Помимо этого, осы рода *Vespula* нападают на рабочих пчёл, и используют их в качестве пищи для потомства (Buteler et al., 2021). Шершни обычно охотятся на пчел около ульев, один шершень способен уничтожить за день до 30 рабочих пчёл. *Vespa crabro* Linnaeus, 1758 – единственный вид шершней, достоверно вредящий пчёлам в России и наиболее опасный представитель семейства Vespidae для *A. mellifera* (Коновалова, 2018).

На территории Тюменской области исследования видового разнообразия ос на пасеках не проводилось. Вместе с тем, большинство пчеловодов отмечают их присутствие как на пасеках, так и непосредственно в ульях пчёл. **Цель исследования:** получить данные о видовом составе и распространении ос в ульях медоносных пчёл Тюменской области.

Исследование проводилось в 2021–2024 годах. Пчеловоды доставляли в лабораторию материал подмора из ульев, часть материала была отобрана нами при выезде на пасеки. Пробы (мёртвые пчелы / мёртвые пчелы с восково-перговой крошкой) просматривались на предмет наличия ос. Объем пробы зависел от количества подмора в улье на момент отбора (от 0.1 до 2 л материала). Обнаруженные экземпляры этикетировали и размещали на энтомологических матрасах. Часть ос помещали в 70% спирт для дальнейшей молекулярной диагностики. Видовую идентификацию ос проводили с использованием определителя (Лер, 1995).

Всего было исследовано 344 пробы подмора из ульев пчёл с 33 пасек, расположенных в 11 районах Тюменской области. С каждой пасеки изучено от 1 до 62 проб. В ходе исследования было обнаружено 4 вида складчатокрылых ос (Vespidae): *Polistes nimpha* (Christ, 1791), *Vespa crabro* Linnaeus, 1758, *Vespula germanica* (Fabricius, 1793) и *Vespula vulgaris* (Linnaeus, 1758) (табл. 1).

Табл. 1. Видовой состав, встречаемость и численность складчатокрылых ос в пчелиных ульях Тюменской области

Вид	N, экз	Количество проб (ульев)	Количество пасек	Встречаемость общая, %	Встречаемость по пасекам, %	Число ос на 1 улей- Min-Max, (median)
<i>Polistes nimpha</i>	2	2	2	0.6	6.1	1-1 (1)
<i>Vespa crabro</i>	1	1	1	0.3	3.0	1-1 (1)
<i>Vespula germanica</i>	56	20	9	5.8	27.3	1-9 (1.5)
<i>Vespula vulgaris</i>	25	9	5	2.6	15.2	1-10 (2)
Всего с осами		26	10	7.6	30.3	1-10 (1)
Всего без ос		318	23			
Всего	84	344	33			

Осы были обнаружены в 26 пробах подмора со дна ульев (7.6%), в материале с 10 пасек (30.3%). В некоторых ульях совместно встречались представители 2х и более видов ос. По численности и встречаемости преобладали осы *Vespula germanica* и *Vespula vulgaris*. Единично отмечены *Polistes nimpha* и шершень *Vespa crabro*.

Осы большей частью были обнаружены в материале из ульев, в которых произошел слёт или гибель семьи (65.4%). Большая часть ос (81%) выделена из материала, содержащего, помимо мёртвых пчел, восково-перговую крошку. Снижение функции очистки гнезда у медоносных пчёл может указывать на слабость пчелиной семьи, такие семьи хуже противостоят вторжению в улей ос.

В нашем исследовании отмечено 2 случая строительства гнёзд *Vespula germanica* и *Polistes nimpha* в хранящихся ульях на территории пасеки. В обоих случаях гнезда ос были обнаружены в конце весны (середина апреля-начало мая 2024 г.) в верхней части ульев. Согласно литературным данным, осы в условиях пасеки часто поселяются под крышей омшаников или других помещений для хранения пчеловодного инвентаря, в сохранилищах, в пустых ульях (Сидоров, 1968).

Таким образом, в результате исследования выявлено всего два вида ос, активно вторгающихся в ульи медоносных пчёл в Тюменской области – *Vespula germanica* и *V. vulgaris*. Эти социальные виды ос тесно связаны с гнездами медоносных пчел, используют ресурсы пчелиных семей и способны ослаблять и/или вытеснять пчёл из их гнезда (Бакалова, 2011). Обнаруженные в исследовании *Polistes nympha* и *Vespa crabro*, вероятно, являются случайным компонентом фауны жилого улья. Изучение видового разнообразия и распространения ос, связанных с медоносными пчёлами Тюменской области, следует продолжить, расширив область исследования от непосредственно пчелиных ульев до территории всей пасеки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-26-00065, <https://rscf.ru/project/24-26-00065/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакалова М.В. Апиофильные нидиколоценозы медоносной пчелы *Apis mellifera mellifera* в заповеднике «Шульган-Таш». Автореф. дис. ... к.б.н. Тольятти, 2011. 19 с.
- Коновалова Т.В. Видовой состав ос-вредителей медоносной пчелы *Apis mellifera* L. // Ветеринария и кормление. 2018. № 1. С. 28–31.
- Лер П.А. Определитель насекомых Дальнего Востока России (под общей редакцией П.А. Лера). Сетчатокрылообразные, скорпионницы, перепончатокрылые. Том 4. Ч. 1. СПб.: Наука, 1995. 606 с.
- Сидоров Н.Г. Симбионты медоносной пчелы. Автореф. дис. ... к.б.н. Казань, 1968. 24 с.
- Buteler M., Yossen M.B., Alma A.M., Lozada M. Interaction between *Vespula germanica* and *Apis mellifera* in Patagonia Argentina apiaries // Apidologie. 2021. Vol. 52. P. 848–859.

DOI: [10.5281/zenodo.14748373](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748373)

Размерная структура населения божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae) Свердловской области

А.И. Тимченко

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: божьи коровки, размерная структура, сообщества, правило Хатчинсона

Божьи коровки (Coleoptera: Coccinellidae) играют важную роль в экосистемах как активные хищники тлей, то есть афидофаги. Работ, в которых анализируется структура сообщества божьих коровок сравнительно немного (Пекин 2007, 2024; Тюмасева, 2013). Наша работа посвящена изучению размерной структуры населения божьих коровок Свердловской области.

Цель работы: изучить размерную структуру населения божьих коровок. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Оценить качественный и количественный состав населения божьих коровок на примере модельной территории – биостанции УрФУ;
2. Выявить основные размерные характеристики массовых видов божьих коровок;
3. Описать закономерности в размерной структуре населения божьих коровок.

На территории биостанции УрФУ (Свердловская обл., Сысертский р-н, окрестности ПГТ Двуреченск) было обнаружено 25 видов. Мы измерили 6 наиболее многочисленных видов кокцинеллид, которые являются доминантами на исследуемой территории: *Adonia variegata* (Goeze, 1777) (96 экз.), *Coccinella quinquepunctata* (Linnaeus, 1758) (35 экз.), *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (187 экз.), *Coccinula quatuordecimpustulata* (Linnaeus, 1758) (137 экз.), *Hippodamia tredecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (25 экз.), *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (27 экз.). Все эти виды обычны для территории Урала (Тюмасева 2013, Пекин 2024). Всего было измерено 507 особей божьих коровок. Материал был собран в конце июня – начале июля 2021 г. двумя методами (энтомологическое кошение и ручной сбор) в луговых биотопах. У каждой коровки измерялась общая длина тела и ширина переднеспинки при помощи бинокулярного микроскопа МБС-10 с окуляр-микрометром. Результаты измерений представлены на рис. 1.

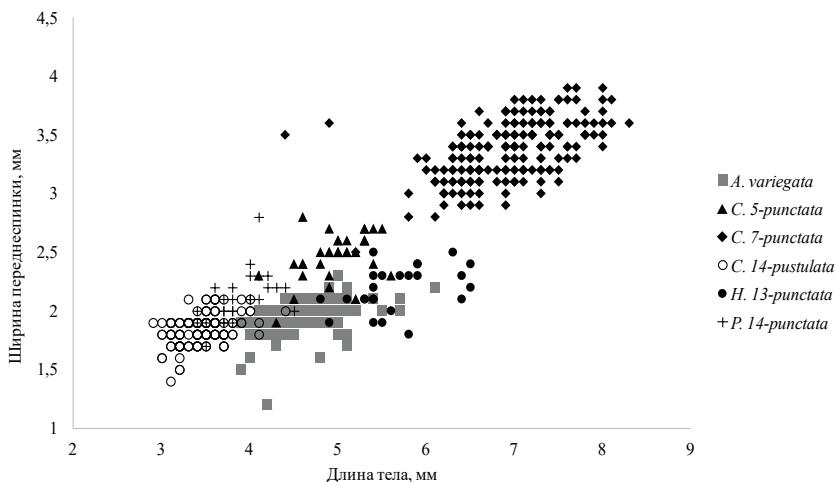


Рис. 1. Размерная структура населения божьих коровок на исследуемой территории.

Из рисунка 1 видно, что изученные виды божьих коровок существенно различаются по своим размерным характеристикам. Непараметрический критерий Краскел-Уоллиса показывает высокую значимость различий: $N = 456.20$, $p < 0.001$ для общей длины тела и $N = 420.22$, $p < 0.001$ для ширины переднеспинки.

Изученные виды божьих коровок в пространстве двух измеренных признаков образуют две четко очерченные размерные группы, разделенных отчетливым разрывом, хиатусом. Группа крупных коровок представлена исключительно *C. septempunctata*. В группу мелких коровок входят все остальные изученные виды (см. рис. 1). При исключении семиточечной коровки критерий Краскел-Уоллиса также показывает высокую значимость различий: $N = 282.86$, $p < 0.001$ для общей длины тела и $N = 157.82$, $p < 0.001$ для ширины переднеспинки.

Таким образом, сообщество божьих коровок оказывается существенно дифференцированным по своим размерным характеристикам, и представляется интересным выяснить, нет ли в этой дифференциации каких-либо закономерностей.

Поскольку все изученные нами виды обитают в сходных биотопических условиях, являясь преимущественно хортобионтами, и питаются сходной пищей, то можно рассматривать их как гильдию (Roy, Migeon 2010: Буга и др. 2016). Размерная структура гильдии может быть описана правилом Хатчинсона. Правило Хатчинсона тесно связано с концепцией лимитирующего сходства, описывающей степень перекрытия между сосуществующими видами (Джиллер 1988). Отношение длины

тела ближайших по размеру видов составило 1.03 – 1.36, отношение ширины переднеспинки – 1.07 – 1.22, что оказалось близко к 1.2. На рис. 2 чёрными треугольниками показаны теоретические значения длины тела и ширины переднеспинки с коэффициентом 1.2, рассчитанные от вида с наименьшими размерами (*C. quatuordecimpustulata*). Видно, что размеры большинства видов сгруппированы вблизи соответствующих теоретических значений.

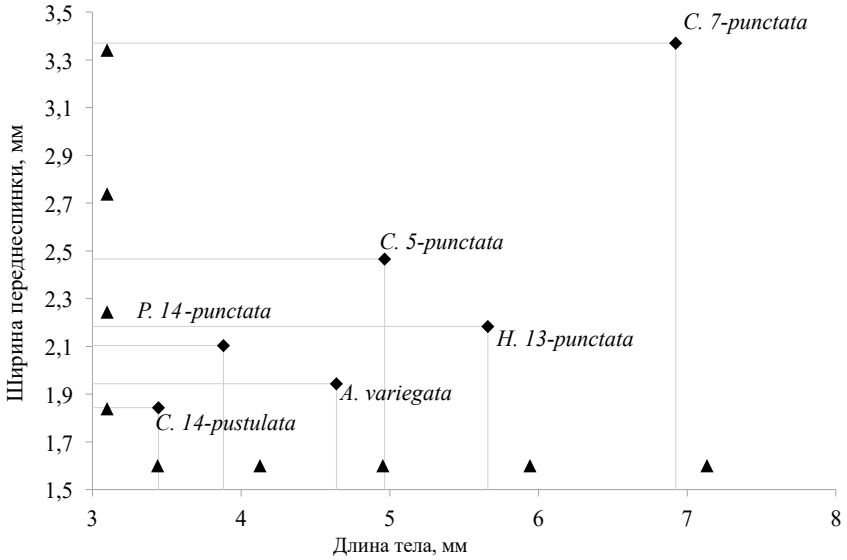


Рис. 2. Средние величины морфологических характеристик видов божьих коровок.

Следует отметить, что коэффициент 1.2 меньше, чем предсказываемый правилом Хатчинсона 1.28. Однако и у Хатчинсона разброс значений коэффициента был достаточно велик, от 1.1 до 1.7 (Джиллер 1988). Кроме того, нами использовались общие размеры тела, а не размеры пищедобывательных структур (ротовых органов), что может вносить определенные искажения.

ВЫВОДЫ

1. Население божьих коровок на исследуемой территории состоит из 25 видов, из них многочисленными являются 6.
2. У измеренных видов отмечена размерная дифференциация по общей длине тела и ширине переднеспинки.
3. Соотношение размеров в сообществе божьих коровок соотносится с правилом Хатчинсона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буга С.В., Колбас А.П., Синчук О.В.* Кокциnellиды (Coleoptera: Coccinellidae) в структуре комплексов маломобильных энтомофагов дендрофильных тлей (Sternoorrhyncha: Aphidoidea) // Труды БГУ. 2016. Т. 11. Ч. 2. С 359–367.
- Джиллер П.* Структура сообществ и экологическая ниша. М.: Мир, 1988. 184 с.
- Пекин В.П.* Эколого-фаунистический обзор кокциnellид (Coleoptera, Coccinellidae) Урала и юга западной Сибири // Вестник Челябинского университета. 2007. № 6. С. 95–107.
- Пекин В.П.* Атлас: кокциnellиды (Coleoptera, Coccinellidae) Урала и юга Западной Сибири. Челябинск: Издательство ЧГУ, 2024. 137 с.
- Тюмасева З.И.* Кокциnellиды Урала и сопредельных территорий. Челябинск: Издательство ЧГПУ, 2013. 248 с.
- Roy H., Migeon A.* Ladybeetles (Coccinellidae). Chapter 8.4 // Alien terrestrial arthropods of Europe. BioRisk. 2010. Vol. 4. P. 293–313.

DOI: [10.5281/zenodo.14748498](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748498)

Стереотип охотничьего поведения паука-кругопряда *Cyclosa conica* (Pallas, 1772)

А.Л. Устинова, А.В. Тиунов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: пауки-кругопряды, стереотип поведения

Пауки – один из самых многочисленных отрядов членистоногих. Большинство пауков являются неспециализированными хищниками с различными стратегиями охоты. Они имеют широкое распространение и выполняют важную роль в регуляции численности беспозвоночных, в особенности насекомых (Bristowe, 1958). С этой точки зрения перспективным направлением является изучение роли пауков в трофических цепях. Однако наиболее полное понимание роли пауков как хищников требует подробного многоаспектного изучения самого процесса охоты.

Большинство пауков-кругопрядов семейства Araneidae для поимки жертв используют колесовидную радиально-симметричную ловчую сеть. Удобным модельным объектом изучения охоты пауков-кругопрядов является широко распространенная на территории России *Cyclosa conica* (Pallas, 1772).

Цель исследования: описание охотничьего поведения паука-кругопряда *Cyclosa conica*.

Задача исследования: составить схему охотничьего стереотипа *C. conica*.

Исследования проводились в полевых условиях на территории Троицкого государственного природного комплексного заказника в период с 1 июня по 17 июля с использованием видеосъемки. Позади сети устанавливался штатив с белым полотном. Съемка охоты начиналась с момента попадания в сеть потенциальных жертв – комаров. Для каждой особи в среднем было отснято 4 акта охоты.

Всего было проанализировано 80 актов охоты 19 особей *C. conica*, на основе которых выделено 23 элемента поведения. Каждому поведенческому акту было присвоено буквенное обозначение (табл. 1). Терминология актов поведения частично заимствована из работ М. Робинсона и других авторов (Robinson, Olazarri, 1971; Willey, Johnson, Adler, 1990). Каждый отснятый акт охоты записывался в текстовый файл как последовательность элементов. Обработка данных выполнена с использованием среды Python 3.11, для манипуляции с данными и предварительной визуализации последовательностей поведения разработана

библиотека markovish (<https://github.com/TiunovAV/markovish>). Анализ цепей Маркова выполнен в соответствии с (Davis, 1986). Визуализация итоговой схемы выполнена в Microsoft PowerPoint.

Табл. 1. Элементы охотничьего поведения паука-кругопряда *C. conica*

Элемент поведения (обозначение)	Описание
Встряхивание сети (shake)	Ноги I и II пары синхронно тянут ловчие нити-радиусы, создавая вибрации сети.
Движение (move)	Движение паука.
Удержание (retention)	Удержание жертвы I-III парами, хелицеры жертвы не касаются.
Ощупывание (palpate)	Ноги I-III пар поднимаются вверх и опускаются на жертву
Укус (bite)	Хелицеры вводятся в тело жертвы. Паук почти неподвижен.
Оплетение жертвы (wrap)	IV пара ног набрасывает на жертву паутинные нити. При этом ноги поочередно двигаются от паутинных бородавок к жертве.
Оплетение с вращением (spin wrap)	Паутина наматывается на жертву непосредственно от паутинных бородавок, ноги I-IV пар вращают жертву.
Сложение жертвы (fold)	I-III пары ног складывают жертву, при этом не происходит оплетения.
Отдых (rest)	Паук находится в центре сети. Ноги располагаются вдоль нитей радиусов.
Чистка хелицерами (groom)	Последовательное поднесение ног и/ или педипальп к хелицерам.
Чистка ногами (legs)	Несколько ног поднимаются вверх и начинают тереться друг о друга.
Вырезание (cut)	Педипальпы ощупывают жертву и/ или сеть, хелицеры разрезают нити паутины.
Фиксация1 (fix1)	Брюшко в области паутинных бородавок прижимается к сети/ жертве с целью закрепить паутинную нить.
Фиксация2 (fix2)	Ноги IV пары касаются сначала паутинных бородавок, потом сети с целью закрепить паутинную нить.
Перенос ногами (legs carry)	Паук движется по сети с жертвой, которая удерживается IV парой ног.
Перенос хелицерами (cheliceraes carry)	Паук движется в центр сети с жертвой, которая удерживается хелицерами и педипальпами.
Поворот (turn)	Поворот на месте вокруг себя.
Поднесение (bring)	Паук притягивает к себе жертву ногами I-II пары.
Манипуляции (manipulate)	I-III пары ног поворачивают жертву. Хелицеры наносят ряд укусов. Педипальпы выполняют ощупывание.
Питание (feed)	Паук находится в центре сети, ноги вытянуты вдоль радиусов. Хелицеры и педипальпы удерживают жертву.
Остановка (stop)	Прерывание любого действия. Паук замирает и прекращает осуществлять начатое ранее действие. Фиксируется только в том случае, если длится от 2 секунд и более.
Сброс жертвы (reject)	Паук сбрасывает добычу с паутины ногами I-II пары.
Прыжок (jump)	Паук спрыгивает с сети

На рис. 1 изображена визуализация вероятностей перехода от одного элемента поведения к другому в процессе охоты паука-кругопряда *C. conica*. Схема стереотипа охотничьего поведения демонстрирует сильное варьирование, что заметно по преобладанию неустойчивых связей ($p < 0.20$) между элементами. Как правило варьирование поведения при охоте связывают с различиями в реакции пауков на разные типы жертв (Robinson, Olazarri 1971; Willey, Johnson, Adler, 1990). Однако нами в качестве жертв использовались исключительно комары. Можно предположить, что гибкость поведения может быть выгодна охотнику при реализации наиболее выгодной стратегии охоты в конкретных сложившихся в данный момент условиях окружающей среды (силе и направлении ветра, активности жертвы и др.).

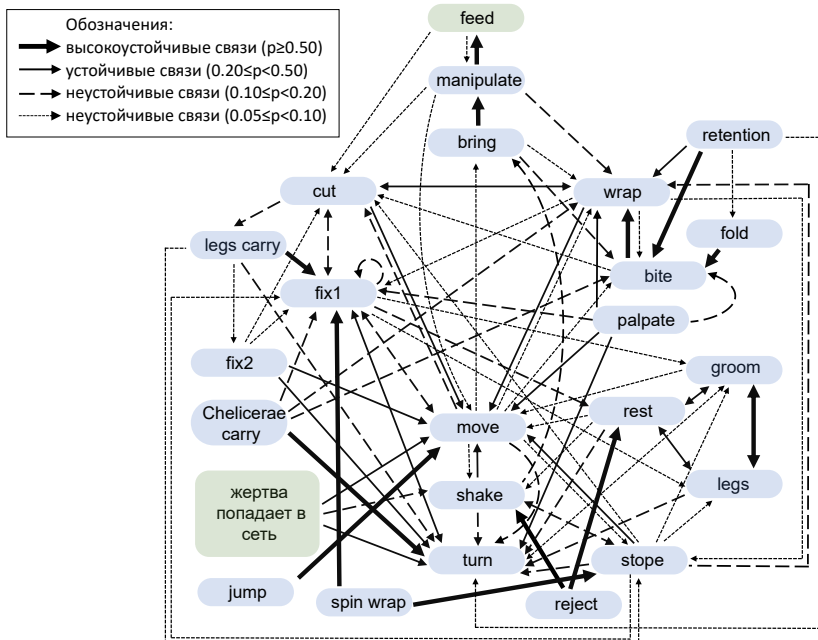


Рис. 1. Схема стереотипа охотничьего поведения паука-кругопряда *C. conica*.

Но, несмотря на вариабельность поведения, можно выделить и ряд высокоустойчивых связей ($p \geq 0.50$). Например: после укуса жертвы следует ее оплетение ($p = 0.84$), после переноса жертвы в центр паук фиксирует паутинную нить на сети ($p = 0.71$), чтобы в случае падения быстро вернуться в центр; после поднесения жертвы паук осуществляет различные манипуляции с ней ($p = 0.65$), а затем приступит к питанию ($p = 0.52$). Элементы чистки не одиночные, чистка конечностей хелицерами чередуется с чисткой ног друг о друга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bristowe W.S.* The world of spiders. London: Collins, 1958. 304 pp.
- Davis J.C., Sampson R.J.* Statistics and data analysis in geology. New York: Wiley, 1986. 257 pp.
- Robinson M.H., Olazarri J.* Units of behavior and complex sequences in the predatory behavior of *Argiope argentata* (Fabricius): (Araneae: Araneidae). Washington: Smithsonian Institution Press, 1971. 36 pp.
- Willey M.B., Johnson M.A., Adler P.H.* Predatory behavior of the basilica spider, *Mecynogea lemniscata* (Araneae, Araneidae) // Psyche: A Journal of Entomology. 1992. Vol. 99. № 2–3. P. 153–168.

DOI: [10.5281/zenodo.14748588](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748588)

Использование метода «изоляции опада» для оценки вклада почвенной фауны в процессы деструкции органического вещества на вырубках разного возраста

А.А. Фатеева, А.А. Кудрин

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар

Ключевые слова: почвенные беспозвоночные, рубка леса, деструкция

Лесозаготовка, будучи одним из наиболее мощных антропогенных факторов воздействия на лесные экосистемы, влечет за собой множественные экологические последствия, такие как смена растительного покрова и изменение физико-химических свойств почв (Дымов, 2017), а также как следствие и условий обитания живущих в почве организмов (Zenner and Berger, 2008).

Почвенная фауна играет ключевую роль в экосистемных функциях: она участвует в разложении опада, круговороте питательных веществ, определяет плодородие почв и контролирует активность микрофлоры (Wardle et al., 2004; Cassani et al., 2021). Активность почвенных сапрофагов влияет на количество перерабатываемого растительного вещества и отражает их участие в экосистемных процессах (Wardle et al., 2004).

Изучение влияния рубок на комплексы почвенной фауны в настоящее время сосредоточено на оценке их разнообразия и таксономической структуры (Kudrin et al., 2023). Исследования показывают, что сплошные рубки приводят к изменениям в видовом богатстве (Дорохов, Шелухо, 2014), плотности, структуре и трофическом составе почвенной фауны (Theenhaus and Schaefer, 1995). Однако изменения функциональной роли почвенных беспозвоночных в условиях рубок остаются малопонятными.

Деструкция органического вещества представляет собой ключевой процесс, обеспечивающий возврат питательных веществ в почву и определяющий продуктивность наземных экосистем (Swift et al., 1979; Frouz et al., 2015). Учитывая возможное участие почвенной фауны в процессах деструкции опада, важно понять, как последствия рубки лесов могут повлиять на её функциональную активность.

Для решения данной проблемы был проведён полевой эксперимент, направленный на оценку вклада почвенных беспозвоночных в процессы деструкции опада на различных этапах восстановительной сукцессии: свежая рубка (возраст 2–3 года) и молодые лиственные насаждения (возраст 15–20 лет). Эксперимент базировался на исполь-

зования метода «изоляции опада» от почвенной фауны с применением сетчатого материала с ячейей различного размера.

Исследование было проведено в подзоне средней тайги Республики Коми. В качестве исследуемых участков были выбраны сплошнолесосечные вырубки (с естественным лесовозобновлением) разного возраста: свежие вырубки 2–3 года и молодые насаждения возрастом 15–20 лет, являющиеся ранее ельниками чернично-зеленомошного типа, а также зрелые чернично-зеленомошные ельники, выполняющие роль контроля. Эксперимент проводился в трех локациях расположенных на значительном удалении друг от друга. В каждой локации были подобраны участки каждого из трех типов в трехкратной повторности.

Вклад почвенной фауны в деструкционные процессы оценивали на основе сравнения скорости разложения опада в пластиковых боксах, куда доступ почвенной фауны контролировался при помощи нейлоновой сетки с ячейей разного размера. Сетка 50 мкм – блокировала доступ, тогда как сетка с ячейей 8 мм не препятствовала проникновению почвенных беспозвоночных внутрь контейнера с опадом (Frouz et al., 2015). Скорость деструкции опада оценивали по % убыли массы опада за фиксированный период времени (12 месяцев) (Kampichler and Bruckner, 2009; Frouz et al., 2015). В качестве опада использовали листья березы (Б), хвою ели (Е) и смесь из них (Б+Е) в количестве 4 г. Контейнеры были заложены в 3-х повторностях для каждого типа опада и размера ячеей. Опад предварительно высушивался в сушильном шкафу при 60°С на протяжении 72 часов.

Всего было заложено 162 контейнера (3 локации × 3 возраста × 3 типа опада × 2 размера ячеей × 3 повторности). Различия между вариантами эксперимента оценивали по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони при $p < 0.05$. Для представления размера эффекта по вкладу почвенной фауны использовали «RR» – коэффициент логарифмического отклика (responseratio), отражающий различие в значениях потери массы опада в боксах с доступом фауны к опад и без:

$$RR_s = \ln(S/L)$$

, где RR_s это вклад фауны в разложении опада; S – процент потери массы опада без доступа беспозвоночных в боксы; L – процент потери массы опада со свободным доступом беспозвоночным.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программ PAST 4.0 и STATISTICA 12.

Эксперимент показал, что общая скорость деструкции уменьшалась от контроля к молодой вырубке (U test; $p < 0.05$). Потерянный объем опада в боксах на контроле составляет 52%, в молодом насаждении 15–20 лет – 51%, а на молодой вырубке 2–3 года – 49%.

Однако стоит отметить, что полученные значения относительно слабо отличаются в зависимости от типа рубки, всего несколько процентов.

Показано, что на молодых вырубках возрастом 2–3 года на вклад почвенных беспозвоночных в разложении хвой ели приходится примерно 13% ($RR = -0.14$), тогда как на контрольных участках на 7% ($RR = -0.07$), в молодых насаждениях 15–20 лет всего на 3% ($RR = -0.03$). По всей видимости, вклад почвенных животных в деструкционные процессы, можету силиться в первые годы после рубки леса и через 15–20 лет приближаться к контрольным значениям. Однозначно говорить о причинах таких изменений пока трудно. Вероятно, в первое время после рубки леса микроорганизмы начинают менее эффективно выполнять свои функции или наоборот увеличивается непосредственная трофическая активность почвенных животных вследствие изменения численности отдельных групп.

Таким образом, полученные данные указывают на то, что рубка леса вполне вероятно может оказывать влияние на изменение степени участия почвенных животных в деструкционных процессах. Однако требуются дополнительные исследования для подтверждения значимости такого влияния.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-24-00530, <https://rscf.ru/project/23-24-00530/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дорохов К.В., Шелуха В.П.* Влияние антропогенных воздействий на динамику трофической структуры и плотности мезофауны // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2014. Т. 18. №. 4(104). С. 103–111.
- Дымов А.А.* Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор). // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798.
- Cassani M.T., Sabbatè M.L., Rubin M.A.R. et al.* Litter decomposition by soil fauna: effect of land use in agroecosystems // Heliyon. 2021. Vol. 7. № 10. P. 108–127.
- Frouz J., Roubíckov A., Hedeneč P., Tajovský K.* Do soil fauna really hasten litter decomposition? A meta-analysis of enclosure studies // European Journal of Soil Biology. 2015. Vol. 68. № 264. P. 18–24.
- Kampichler C., Bruckner A.* The role of microarthropods in terrestrial decomposition: a meta-analysis of 40 years of litterbag studies. // Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society. 2009. Vol. 84. № 3. P. 375–389.

- Kudrin A., Perminova E., Taskaeva A., Ditts A.* et al. A meta-analysis of the effects of harvesting on the abundance and richness of soil fauna in boreal and temperate forests // *Forests*. 2023. Vol. 14. № 5. P. 9–23.
- Swift M.J., Heal O.W., Anderson J.M.* Decomposition in terrestrial ecosystem // Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1979. 372 pp.
- Theenhaus A., Schaefer M.* The effects of clear-cutting and liming on the soil macrofauna of a beech forest // *Forest Ecology and Management*. 1995. Vol. 77. №. 1–3. P. 35–51.
- Wardle D.A., Bardgett R.D., Klironomos J.N.* et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota // *Science*. 2004. Vol. 304(5677). P. 1629–1633.
- Zenner E.K., Berger A.L.* Influence of skidder traffic and canopy removal intensities on the ground flora in a clearcut-with-reserves northern hardwood stand in Minnesota, USA // *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 256. № 10. P. 1785–1794.

DOI: [10.5281/zenodo.14748836](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748836)

Ультраструктура яичника мышевидных грызунов: опыт химической фиксации для СЭМ

К.Я. Чаринцева

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: сканирующая электронная микроскопия, суправитальное контрастирование, лантановиды, мышевидные грызуны, структура и ультраструктура яичника

Яичник – парный орган репродуктивной системы самок млекопитающих. Большое значение для оценки его функционального состояния имеют морфологические методы – широкая группа подходов к изучению внешнего и внутреннего строения биологических объектов. При изучении яичника предпочтение часто отдают гистологическим методам, позволяющим сохранять клеточность органа и анализировать микроструктуру ткани (например, подсчитывать фолликулы и желтые тела беременности и выявлять патологические изменения) (Волкова, Боровая, 1990; Бессалова, 2006). Минус этого метода – длительная и трудоемкая пробоподготовка.

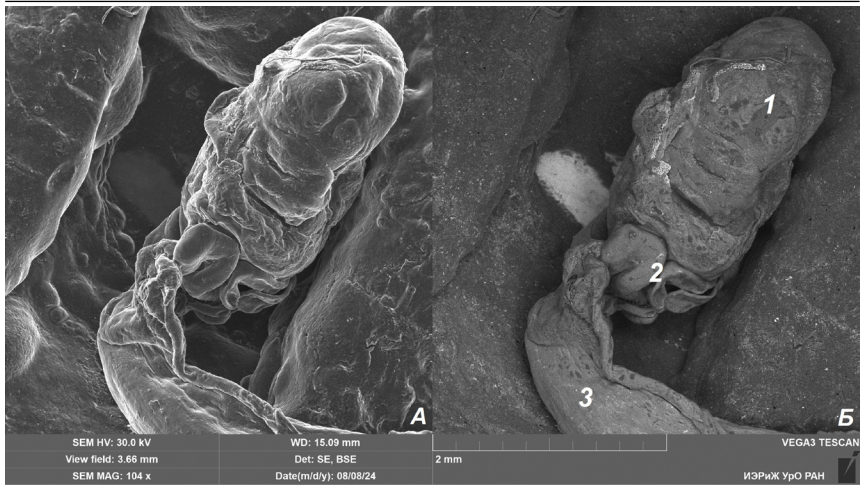
В настоящее время активно развиваются экспериментальные морфологические методы. Один из них – сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) – метод изучения поверхностной структуры объекта путем анализа отраженного «электронного изображения». Важным преимуществом СЭМ перед световой микроскопией является получение объемных изображений с разрешением до 1 нм и информации о структуре верхнего слоя, рельефе и фазовых различиях поверхности, а также возможность качественной (в некоторых случаях и количественной) оценки пространственных характеристик органа и его структур (Погорелова и др., 2016).

Некоторые методы СЭМ также требуют сложной подготовки образца – предварительного обезвоживания или фиксации, а также напыления токопроводящим слоем (Electron microscopy, 2014). Биологическая ткань обладает низкой контрастностью за счет наличия в ее составе атомов элементов с небольшим количеством электронов, которые уменьшают эффективность взаимодействия образца с электронным пучком, поэтому необходимо использование веществ, увеличивающих контрастность поверхности. При этом контрастирующие вещества могут быть токсичными для биоматериала (Кравчик, Новиков, 2021).

И.А. Новиков с соавт. (2015) разработали новый подход к подготовке образцов мягких тканей (на примере эпителия роговицы человека), позволяющий значительно сократить ее время и изучать структуру и ультраструктуру с наименьшими искажениями. Его суть заключается в использовании в качестве контрастирующего вещества изотонического водного раствора одного из хлоридов редкоземельных элементов (в частности хлорида неодима – NdCl_3) или их смеси. В присутствии редкоземельных элементов не происходит мгновенной гибели и лизиса клеток, а токсический эффект на клеточном уровне приводит к апоптозу, что подтверждает их включенность в метаболические цепочки клетки и позволяет использовать в качестве суправитального красителя (Новиков и др., 2016, 2018).

Мы попытались оценить возможности СЭМ с использованием суправитального контрастирования для исследования поверхностной структуры и пространственных характеристик яичника мышевидных грызунов. Исследовали яичники животных из природных популяций – рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и малой лесной мыши (*Sylvaeomys uralensis*). Для эксперимента отбирали оба яичника у самок на разных стадиях полового развития (неполовозрелые, беременные, с инволюцией желтых тел беременности).

После извлечения каждый яичник (образец) промывали в изотоническом растворе NaCl (ПРОТЕКС, Россия) в течение 1–2 мин., затем экспонировали в изотоническом растворе NdCl_3 (ВЕКТОН, Россия) и промывали в дистиллированной воде в течение 1–10 сек. Время экспонирования в NdCl_3 варьировали от 20 мин. до 6 часов, однако на качество контрастирования продолжительность химической фиксации не влияла. После промывания образец размещали на предметном столике сканирующего микроскопа (VEGA \ \ SBU, Tescan, Czech Republic). Для исследования различных характеристик поверхностной структуры яичника использовали детекторы SE и BSE. Комбинация нескольких детекторов и режимов вакуума в устройстве создает разноформатные изображения за счет большего или меньшего вклада одного из параметров (Makabe et al., 1992). Для того, чтобы сохранить часть образцов для световой микроскопии, один яичник из пары просматривали в режиме низкого и высокого вакуума (при ускоряющем напряжении 15–30 кВ), другой – только низкого (см. рис. 1). После использования режима низкого вакуума образец снова помещали в физиологический раствор, а затем в гистологический фиксатор (10% формалин). В результате мы пришли к выводу, что химическая фиксация яичника с помощью хлорида неодима позволяет отказаться от избыточных этапов пробоподготовки для СЭМ и получить информацию о структуре органа, которую можно сочетать с информацией, полученной другими



*Рис. 1. Ультроструктура (общий план) яичника половозрелой (с инволюцией желтых тел беременности) самки *S. uralensis* в режиме вторичных электронов (А), в режиме отраженных электронов (Б): 1 – яичник, 2 – фаллопиевы трубы, 3 – матка.*

методами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность к.б.н. С.В. Зыкову за помощь в проведении экспериментальной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бессалова Е.Ю.* Физиологические и структурные методы оценки морфофункционального статуса яичников млекопитающих // Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2006. Т. 5. № 3. С. 85–90.
- Волкова О.В., Боровая Т.Г.* Методы количественного анализа в оценке морфофункционального состояния яичника // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1990. Т. 99. № 11. С. 81–84.
- Кравчик М.В., Новиков И.А.* Проблемы классификации химических элементов в биомедицинских исследованиях // Аналитика. 2021. Т. 11. № 3. С. 234–239.
- Новиков И.А., Суббот А.М., Федоров А.А., Грибоедова И.Г.* и др. Суправитальное контрастирование лантаноидами для визуализации структуры биологических образцов на сканирующем электронном микроскопе // Гены и клетки. 2015. Т. 10. № 2. С. 90–96.
- Новиков И.А., Федоров А.А., Суббот А.М., Грибоедова И.Г.* Способ подготовки биологического образца к исследованию при помощи сканирующей электронной микроскопии. Патент № 2 578 977. 2016.
- Новиков И.А., Суббот А.М., Пак О.А., Чеботарь И.В.* Последовательное

маркирование ультраструктуры биологических объектов неодимом и свинцом для сканирующей электронной микроскопии // Аналитика. 2018. Т. 8. № 4(41). С. 358–363.

Погорелова М.А., Панаит А.И., Погорелов А.Г. Лазерная сканирующая микроскопия применительно к раннему эмбриону мыши: цитометрия и изучение морфологии клетки // Биофизика. 2016. Т. 61. № 3. С. 528–536.

Kuo J. (ed.) *Electron Microscopy: Methods and Protocols*. 3rd ed. Hatfield: Humana Press, 2014. 132 pp.

Makabe S., Naguro T., Motta P.M. A new approach to the study of ovarian follicles by scanning electron microscopy and ODO maceration // *Archives of Histology and Cytology*. 1992. Suppl. 55. P. 183–190.

DOI: [10.5281/zenodo.14748929](https://doi.org/10.5281/zenodo.14748929)

Предварительные данные по фауне и таксономии хирономид (Diptera, Chironomidae) южной тундры полуострова Ямал

Е.Н. Шутова^{1,2}

¹Арктический научно-исследовательский стационар ИЭРиЖ УрО РАН, г. Лабытнанги

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

Ключевые слова: Diptera, Chironomidae, новые виды, Ямал

Хирономиды (комары-звонцы) (Diptera, Chironomidae) – повсеместно распространенное семейство двукрылых длинноусых насекомых. Оно насчитывает огромное количество родов и видов, а его представители играют важную роль как в природных экосистемах, так и в жизни человека. Однако, хирономидофауна в разных регионах мира изучена неравномерно и полуостров Ямал здесь не исключение: исследования на этой территории проводились в основном в рамках гидробиологических исследований (Степанов, 2016, 2017, 2018), а также при исследовании кариотипов рода *Chironomus* из подсемейства Chironominae (Беянина, 2020). **Целью** нашей работы было изучение таксономического состава хирономид южной тундры полуострова Ямал.

Материалом для исследования послужили сборы имаго самцов комаров-звонцов на территории полевого стационара «Еркута» в юго-западной части полуострова Ямал (N 68.22° E 69.15°) Полевые материалы собирали летом 2023 года в период с 10 июня по 5 июля и с 28 июля по 16 августа. Сборы имаго осуществлялись энтомологическим сачком путём кошения по прибрежной растительности. Укос проходит 5-7 минут, после чего сачок просматривается, выбираются нужные нам насекомые и при помощи пинцета перемещаются в пробирку, заполненную 70% этиловым спиртом с примесью глицерина. При помощи сачка было отобрано 55 проб из 40 разных точек стационара. Помимо методов активного сбора имаго, использовались ловушки на насекомых – Мерике и Малеза. В качестве ловушек Мерике мы использовали пять чаш жёлтого цвета, которые установили на территории стационара (N 68.22443° E 69.15051°) и проверяли ежедневно. Всего ловушками Мерике было собрано 14 проб. Ловушка Малеза была установлена на ручье, вытекающем из озера Мерцямпэртятто (68.23718° N, 69.13847° E), её мы проверяли один раз в неделю и собрали 4 пробы.

Дальнейшая обработка материала осуществляется в лаборатории. Содержимое пробирок мы рассматривали под биноклем и выбирали по одному экземпляру каждого вида. Для видовой диагностики были изготовлены постоянные препараты в сандарачовом бальзаме (Крашенинников, 2011). Видовая идентификация осуществляется под микроскопом, в ходе работы мы использовали световой микроскоп Axio Imager.A2 используя 10- 40-кратное увеличение. Всего было изготовлено 311 препаратов, которые были идентифицированы до видового или родового уровней с помощью определителя (Определитель насекомых, 2006). Часть собранного материала находится в обработке, в частности представители подсемейств Tanypodinae и Chironominae в данной работе детально не рассмотрены.

Согласно полученным данным, фауна хирономид юго-западной части полуострова Ямал представлена 59 видами из подсемейств Tanypodinae (2 вида из 2 родов), Diamesinae (1 вид из 1 рода), Protanypodinae (1 вид из 1 рода), Prodiamesinae (2 вида из 2 родов), Orthoclaadiinae (42 вида из 22 родов) и Chironominae (12 видов из 11 родов).

В Северном полушарии наблюдается тенденция возрастания таксономического разнообразия большинства насекомых от приполярных областей к субтропическим. Однако, хирономиды являются исключением из данного правила (Крашенинников, 2011). Мы дополнили литературные данные по полуострову Ямал нашими сведениями, полученными в ходе определения материала имаго самцов, собранных летом 2023 года на территории полевого стационара Еркута. По суммированным данным, на территории полуострова Ямал были обнаружены представители шести подсемейств – Tanypodinae, Protanypodinae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthoclaadiinae и Chironominae. Доминирующими группами в фауне хирономид полуострова Ямал является подсемейство Orthoclaadiinae (47%) и Chironominae (40%), вклад остальных подсемейств невелик (13 %).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ СПИСОК ВИДОВ ХИРОНОМИД ЮЖНОЙ ТУНДРЫ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ ПО ДАННЫМ НАШИХ СБОРОВ

Подсемейство Diamesinae

Род *Pothastia* Kieffer, 1922

Pothastia longimana (Kieffer, 1922)

Материал: 1♂, 3.VII.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Подсемейство Protanypodinae

Род *Protanypus* Kieffer, 1906

Protanypus morio (Zetterstedt, 1838)

Материал: 1♂, 30.VI.2023, безымянное озеро, N 68.195798° E 69.284826°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Подсемейство Prodiamesinae

Род *Monodiamesa* Kieffer, 1922

Monodiamesa bathyphila (Kieffer, 1918)

Материал: 1♂, 3.VIII.2023, озеро Хасрето, N 68.25011° E 69.12389°

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Род *Propsilocerus* (Kieffer, 1923)

Propsilocerus taimyrus (Zelentsov, 2000)

Материал: 1♂, 4.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.20974° E 68.97496°.

Распространение: Ранее был отмечен только на Таймырском полуострове, в окрестностях города Норильск.

Замечания: Для Ямала отмечен впервые.

Подсемейство Orthocladiinae

Род *Camptocladius* van der Wulp, 1874

Camptocladius stercorarius (De Geer, 1776)

Материал: 1♂, 29. VII. 2023, тундра, N 68.27325° E 69.15572°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Chaetocladius* Kieffer, 1911

Chaetocladius (s. str.) c.f. *perennis* (Meigen, 1830)

Материал: 1♂, 10.VI.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°; 1♂, 13.VI.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°; 2♂, 13.VI.2023, тундра, N 68.25911° E 69.11662°;

1♂, 14.VI.2023, тундра, N 68.28235° E 69.33750°; 1♂, 20.VI.2023, тундра, N 68.22878° E 69.14447°; 2♂, 24.VI.2023, ручей Хаёмятосё, N 68.19043° E 69.16695°; 1♂, 24.VI.2023, левый берег реки Еркутаяха, N 68.21957° E 69.10449°; 3♂, 25.VI.2023, тундра, N 68.203769° E 68.687227°;

1♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.23975° E 69.14400°; 2♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.24289° E 69.15930°; 2♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.225524° E 69.273213°; 1♂, 30.VI.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683°

Е 69.15079°; 2♂, 2.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.22406° E 69.12104°; 2♂, 30.VII.2023, тундра, N 68.17226° E 68.98569°; 1♂, 5.VIII.2023, озеро Ямбута, N 68.19798° E 68.97484°; 1♂, 8.VIII.2023, ручей Хаёматосё, N 68.19043° E 69.16695°. 1♂, 16.VIII.2023, ручей Хэмсё, N 68.13753° E 68.87497°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011)

Род *Corynoneura* Winnertz, 1846

Corynoneura arctica (Kieffer, 1923)

Материал: 1♂, 30.VI.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.198383° E 69.262726°; 1♂, 16.VIII.2023, ручей Хэмсё, N 68.13753° E 68.87497°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Corynoneura celeripes (Winnertz, 1852)

Материал: 1♂, 30.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.22683° E 69.15079°; 1♂, 31.VII.2023, тундра, N 68.325093° E 69.408875°; 1♂, 16.VIII.2023, ручей Хэмсё, N 68.13753° E 68.87497°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Corynoneura scutellata (Winnertz, 1846)

Материал: 1♂, 29.VI.2023, тундра, правый берег реки Паютаяха, N 68.23301° E 69.22744°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Род *Hydrobaenus* Fries, 1830

Hydrobaenus pilipodex (Saether, 1976)

Материал: 2♂, 21.VI.2023, безымянный ручей, N 68.14965° E 69.01839°; 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.225524° E 69.273213°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2014).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Limnophyes* Eaton, 1875

Limnophyes asquamatus Andersen, 1937

Материал: 1♂, 13.VI.2023, тундра, N 68.25911° E 69.11662°; 1♂, 25.VI.2023, тундра, N 68.203769° E 68.687227°; 4♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.23975° E 69.14400°; 1♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.24289° E 69.15930°; 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.23091° E 69.22993°; 1♂, 30.VI.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°; 1♂, 1.VII.2023, озеро Мерцямпэртятто. 1♂, 2.VIII.2023, стационар.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Limnophyes bidumus Saether, 1990

Материал: 1♂, 30.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.22683° E 69.15079°.

Распространение: Западная Палеарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Limnophyes minimus (Meigen, 1818)

Материал: 1♂, 13.VI.2023, тундра, N 68.25911° E 69.11662°; 1♂,

25.VI.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.20974° E 68.97496°;

1♂, 29.VI.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.23301° E 69.22744°;

1♂, 30.VI.2023, ручей Томбойсё, N 68.206174° E 69.285166°; 1♂,

30.VI.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.198383° E 69.262726°; 1♂,

29.VII.2023, тундра, N 68.28250° E 69.05322°; 2♂, 30.VII.2023, безымян-

ное озеро, N 68.17466° E 69.00333°; 1♂, 5.VIII.2023, озеро Ямбуто,

N 68.19798° E 68.97484°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Limnophyes pumilio (Holmgren, 1869)

Материал: 2♂, 1.VIII.2023, озеро Явхалыто, N 68.24377° E 69.03636°;

2♂, 16.VIII.2023, ручей Хэмсё, N 68.13753° E 68.87497°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Род *Metriocnemus* van der Wulp, 1874*Metriocnemus* (s.str.) *berengiensis* (Cranston & Oliver, 1988)

Материал: 1♂, 2.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.22406°

E 69.12104°; 1♂, 29.VII.2023, тундра, N 68.28250° E 69.05322°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Metriocnemus (s.str.) *fuscipes* (Meigen, 1818)

Материал: 1♂, 2.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.22406°

E 69.12104°; 1♂, 30.VI.2023, ручей Томбойсё, N 68.206174° E 69.285166°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Metriocnemus (s.str.) *intergerivus* (Saether, 1995)

Материал: 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.23091° E 69.22993°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2015).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Metriocnemus (s.str.) *ursinus* (Holmgren, 1869)

Материал: 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.23091° E 69.22993°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Nanocladius* Kieffer, 1913

Nanocladius (s.str.) *distinctus* (Malloch, 1915)

Материал: 1♂, 4.VII.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.20974° E 68.97496°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Paracladius* Hirvenoja, 1973

Paracladius seutakanus (Makarchenko & Makarchenko, 2006)

Материал: 1♂, 7.VIII.2023, безымянное озеро, N 68.16545° E 68.72988°; 1♂, 13.VIII.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°; 1♂, 16.VIII.2023, ручей Хэмсё, N 68.13753° E 68.87497°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Parakiefferiella* Thienemann, 1936

Parakiefferiella bathophila (Kieffer, 1912)

Материал: 1♂, 3.VIII.2023, озеро Хасрёто, N 68.25011° E 69.12389°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Parakiefferiella bilobata (Tuiskunen, 1986)

Материал: 2♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.24289° E 69.15930°.

Распространение: Транспалеарктика (Макарченко, 2008).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Parakiefferiella smolandica (Brundin, 1947)

Материал: 1♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.24289° E 69.15930°.

1♂, 3.VIII.2023, озеро Хасрёто, N 68.25011° E 69.12389°.

Распространение: Транспалеарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Paraphaenocladius* Thienemann, 1924

Paraphaenocladius impensus (Walker, 1856)

Материал: 2♂, 25.VI.2023, тундра, N 68.203769° E 68.687227°;

1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.225524° E 69.273213°;

1♂, 31.VII.2023, тундра, N 68.325093° E 69.408875°.

Распространение: Голарктика (Крашенинников, 2011).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Smittia* Holmgren, 1869

Smittia aterrima (Meigen, 1818)

Материал: 1♂, 30.VI.2023, правый берег реки Еркутаяха, N 68.198383° E 69.262726°; 1♂, 30.VII.2023, безымянное озеро, N 68.17466° E 69.00333°; 2♂, 1.VIII.2023, озеро Явхалыто, N 68.24377° E 69.03636°; 1♂, 7.VIII.2023, безымянное озеро, N 68.16545° E 68.72988°

Распространение: Палеарктика (Макарченко, 2006).

Замечание: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Smittia extrema (Holmgren, 1869)

Материал: 1♂, 30.VI.2023, ручей Томбойсё, N 68.206174° E 69.285166°; 1♂, 29.VII.2023, тундра, N 68.28250° E 69.05322°; 1♂, 30.VII.2023, безымянное озеро, N 68.17466° E 69.00333°; 1♂, 7.VIII.2023, безымянное озеро, N 68.16545° E 68.72988°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Замечание: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Smittia joganbrevicosta (Sasa & Okazawa, 1991)

Материал: 2♂, 29.VII.2023, тундра, N 68.28250° E 69.05322°.

Распространение: Восточная Палеарктика (Макарченко, 2008).

Замечание: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Smittia nudipennis (Goetghebuer, 1913)

Материал: 1♂, 30.VII.2023, правый берег реки Паютаяха, N 68.22683° E 69.15079°.

Распространение: Транспалеарктика (Крашенинников, 2011).

Замечание: для полуострова Ямал отмечен впервые.

Род *Zalutchia* Lipina, 1939

Zalutschia tatrica (Pagast, 1935)

Материал: 3♂, 14.VI.2023, безымянный ручей, N 68.26027° E 69.33342°; 2♂, 16.VI.2023, безымянное озеро, N 68.32349° E 69.40252°; 1♂, 27.VI.2023, ручей Хуцясё, N 68.27754° E 69.12609°; 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.225524° E 69.273213°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006)

Zalutchia trigonacies (Saether, 1976)

Материал: 1♂, 29.VI.2023, безымянное озеро, N 68.225524° E 69.273213°.

Распространение: Голарктика (Макарченко, 2006).

Замечание: Для полуострова Ямал отмечен впервые.

Подсемейство Chirinominae

Род *Tanytarsus* Van Der Wulp, 1874

Tanytarsus miriforceps (Kieffer, 1921)

Материал: 1♂, 16.VI.2023, безымянное озеро, N 68.32349° E 69.40252°; 1♂, 20.VI.2023, тундра, N 68.22878° E 69.14447°; 1♂, 26.VI.2023, безымянный ручей, N 68.23975° E 69.14400°.

Распространение: Западная Палеарктика (Крашенинников, 2014).

Замечания: для полуострова Ямал отмечен впервые.

В представленный список не вошли виды родов *Cricotopus*, *Orthocladius*, *Psectrocladius* и *Chironomus*. Для видового определения родов *Cricotopus*, *Orthocladius* и *Psectrocladius* необходимы их преимагинальные стадии развития. Видовая идентификация рода *Chironomus* невозможна без исследования его кариотипа. Подсемейства Tanypodinae и Chironominae в данной работе детально не рассматривались, часть материала по подсемейству Orthoclaudiinae ещё не идентифицирована, и указанный выше список будет дополняться.

По результатам нашей работы, новыми для полуострова Ямал стали 6 родов: *Camptocladius*, *Metriocnemus*, *Paracladius*, *Paraphaenocladus*, *Prosilocerus*, *Smittia*. Впервые отмечены 19 видов: *Camptocladius stercorarius*, *Hydrobaenus pilipodex*, *Limnophyes bidumus*, *Metriocnemus berengienseis*, *M. fuscipes*, *M. intergerivus*, *M. ursinus*, *Nanocladus distinctus*, *Paracladius seutakanus*, *Parakiefferiella bilobata*, *P. Smolandica*, *Paraphaenocladus impensus*, *Prosilocerus taimyrus*, *Smittia aterrima*, *S. extrema*, *S. joganbrevicosta*, *S. nudipennis*, *Zalutchia trigonacies*, *Tanytarsus miriforceps*. Следует отметить интересную находку: *Prosilocerus taimyrus*, который до нахождения на полуострове Ямал был известен лишь по описанию Н.И. Зеленцова (2000) на полуострове Таймыр, в окрестностях города Норильск.

В ходе работы приведён предварительный список комаров-звонцов юго-западной части полуострова Ямал, определение которых проводилось по имагинальному материалу. В него включены представители 31 вида из 17 родов и 6 подсемейств. Из них, 6 родов и 20 видов хирономид стали новыми для полуострова Ямал. Нами был проведен таксономический анализ хирономидофауны полуострова, по собственным и опубликованным данным, согласно которому на Ямале доминируют подсемейства Orthoclaudiinae и Chironominae. Следует отметить, что полевые выезды в 2023 г. могли не захватить сроки массового лёта, которые проходили в течение июля. В перспективе, видов на исследуемой территории может быть гораздо больше, и список, представленный выше, будет пополняться.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках госзадания Лаборатории динамики арктических экосистем ИЭРиЖ УрО РАН «Наземные экосистемы севера Западной Сибири: оценка современной трансформации сообществ» FUWU-2022-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белянина С.И. Морфология личинки и кариотип *Chironomus tschubareva* sp.n.(Diptera, chironomidae) с полуострова Ямал, Северный ледовитый океан // Зоологический журнал. 2020. Т. 99, № 12. С. 1411–1414.
- Городков К.Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон европейской части СССР. Л.: Наука. 1984. С. 3–20
- Зеленцов Н.И. A new Orthoclaadiin species of the genus *Propilocerus* (Diptera, Chironomidae) from Taimyr Peninsula // Зоологический журнал. 2000. Т. 79. № 10. С 1245–1246.
- Крашенинников А.Б. Фауна и систематика хирономид (Diptera, Chironomidae) Урала и Приуралья // Афтореф. дис. ... к.б.н. Владивосток, 2011. 17 с.
- Крашенинников А.Б. Предварительные сведения по фауне комаров - звонцов (Diptera, Chironomidae) берегового хребта Пай - Хой (Югорский полуостров) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 340–346.
- Крашенинников А.Б., Орёл О.В., Лоскутова О.А. Новые сведения по фауне комаров-звонцов (Diptera, Chironomidae) хребта Пай-Хой и Полярного Урала // Евразийский энтомологический журнал. 2015. Т. 14. № 5. С. 416–428.
- Макарченко Е.А., Макарченко М.А. Дополнения и уточнения к фауне хирономид подсемейства Orthoclaadiinae (Diptera, Chironomidae) Российского Дальнего востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 172–186.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2006. 934 с.
- Степанов Л.Н. Зообентос водоёмов и водотоков бассейна реки Яраяха (Южный Ямал, Ямало-Ненецкий автономный округ) // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 116–130.
- Степанов Л.Н. Разнообразие зообентоса водоёмов и водотоков бассейнов рек Сетная и Нгояха (полуостров Ямал, Ямало-Ненецкий Автономный округ) // Фауна Урала и Сибири. 2016. № 1. С. 90–104.
- Степанов Л.Н. Зообентос озёр мыса Каменный (полуостров Ямал, Ямало-Ненецкий Автономный округ) // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1. С 126–137.

DOI: [10.5281/zenodo.14749049](https://doi.org/10.5281/zenodo.14749049)

Толерантность инвазивных и аборигенных собственно-почвенных видов дождевых червей юга Западной Сибири к низким температурам в лабораторных и полевых экспериментах

В.Е. Щербаков, Е.В. Голованова

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Ключевые слова: *Eisenia nordenskioldi*, *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, зимовка, диапауза, холодоустойчивость, мезокосмы, акклимация

Инвазивные виды дождевых червей за последние десятилетия стали массово замещать собой аборигенные виды на юге Западной Сибири (Голованова, 2019; Князев, Кислый, 2022; Golovanova, Kniazev, 2021). Одна из причин – изменение климата региона, что привело к уменьшению уровня промерзания почвы (Golovanova, Kniazev, 2021). Из-за этого виды с меньшей толерантностью к низким температурам смогли проникнуть и закрепиться на юге Западной Сибири. Например, вид *Aporrectodea caliginosa* раньше обитал на юге Западной Сибири только в антропогенных условиях огородов и пашен, но за последнее десятилетие он стал вытеснять аборигенные виды из их среды обитания.

Цель работы: Исследование выживаемости и толерантности дождевых червей к низким температурам в условиях юга Западной Сибири.

Задачи:

Изучить стратегии перенесения низких температур видов, распространившихся в Западной Сибири с помощью полевого имитационного эксперимента;

определить морозостойкость аборигенных и инвазивных видов дождевых червей в лабораторном эксперименте;

выявить различия в способности переносить низкие температуры между различными видами дождевых червей юга Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было проведено 2 эксперимента в полевых и лабораторных условиях на 4 видах дождевых червей (*E. nordenskioldi*, *E. nordenskioldi pallida*, *A. caliginosa*, *A. rosea*) из Омска, Тары, Алтайского края и Казахстана (рис. 1, табл. 1).

Для проведения полевого эксперимента были пробурены отверстия в почве глубиной 1 м. Выкопанную почву просеивали при помощи сита для дефаунизации. В полученные отверстия поместили мезокосмы

глубиной 1 м, и засыпали их просеянной почвой по горизонтам. Использовали рандомизированный дизайн эксперимента (рис. 3). Всего было 7 вариантов в шестикратной повторности. В каждый мезокосм поместили по 8 дождевых червей: 4 половозрелых и 4 ювенильных. Перед помещением червей в мезокосмы их взвешивали. После закладки червей мезокосмы закрывали крышками с газовой тканью, а группы мезокосмов накрывали черным спанбондом.

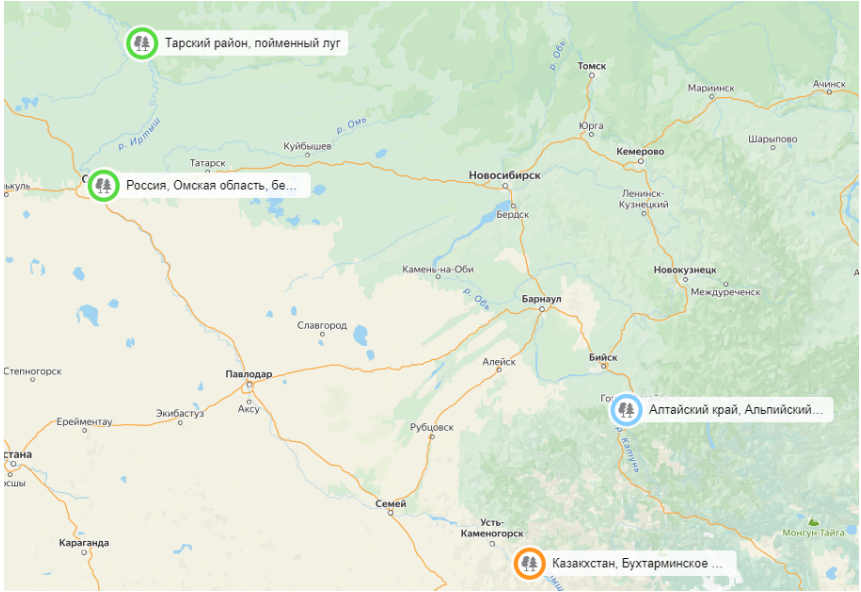


Рис. 1. Карта площадок отбора дождевых червей для исследования. Знаком обозначены площадки сбора дождевых червей для экспериментов.

Табл. 1. Виды дождевых червей, использованных в экспериментах.

Вид	Регион сбора	Инвазивный / аборигенный	Экологическая группа
<i>E. nordenskioldi</i>	Алтайский край, Тара	Аборигенный	Почвенно-подстилочные, норники
<i>E. nordenskioldi pallida</i>	Алтайский край	Аборигенный	Собственно-почвенные
<i>A. caliginosa</i>	Казахстан (Рудный Алтай), Омск, Тара	Инвазивный	Собственно-почвенные
<i>A. rosea</i>	Казахстан (Рудный Алтай), Тара	Инвазивный	Собственно-почвенные

Червей помещали в мезокосмы в конце сентября, первое вскрытие проводили в конце ноября, а второе в конце мая. Разбор мезокосмов в конце осени был необходим для изучения вертикального распределения дождевых червей и стратегий зимовки, а весной – для изучения выживаемости дождевых червей после зимовки в условиях Омской области. В помещении мезокосмы разрезали по вертикали, чтобы получить доступ к почве с дождевыми червями. Их вынимали из почвы, записывая глубину погружения в мезокосм и степень скрученности, и фиксировали в спирте. Далее определяли вид с помощью определителя Т.С. Всеволодовой-Перель (1997) и половозрелость червей, а также измеряли их массу, длину и ширину.

Для проведения лабораторного эксперимента использовали мешки из черного спанбонда, размером 15 на 15 см. В мешки поместили 13 г почвы и 10 г мха и дождевых червей по 2 особи: половозрелая и ювенильная на мешок. Червей взвешивали перед помещением в мешки. В работе использовали 8 вариантов эксперимента, и пять вариантов температур. Работы проведены в 7 повторностях. Всего получилось 280 мешочков (рис. 2).



Рис. 2. Принцип распределения дождевых червей по мезокосмам.
Первая цифра – номер варианта, вторая – повторность.

Для вхождения дождевых червей в состояние диапаузы их выдерживали в холодильнике согласно методике Д.И. Бермана и А.Н. Лейрлих (2019). После этого температуру в морозильнике снижали до

$-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ с шагом $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в час. Следующую неделю червей выдерживали при этой температуре и в конце изымали первый контейнер. Далее температуру понижали до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ с тем же шагом понижения и следующий контейнер также неделю выдерживали, а потом изымали. Далее по такому принципу были изъяты контейнеры при $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Изъятый контейнер помещали на одни сутки в холодильник с температурой $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потом ещё на одни сутки при температуре $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. После этого каждый из мешочков осматривался на наличие живых и мертвых червей. У червей измеряли их ширину, длину, массу, степень скрученности, половую зрелость и состояние организма по пятибалльной шкале: “0” – мёртвый, “1” – множественные повреждения, “2” – единичные повреждения, “3” – слабо активный, “4” – активный.



Рис. 3. Контейнеры с дождевыми червями.

Мертвых червей фиксировали в 96% спирте, живых – содержали на протяжении 4 недель в холодильнике при температуре $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, каждую неделю проверяя состояние и жизнедеятельность червей, записывая в какую неделю дождевой червь погиб. По истечении 4 недель всех оставшихся живых червей фиксировали в спирте. Для дождевых червей из V группы была изменена методика разморозки для проверки её влияния на выживаемость дождевых червей. Разморозку проводили путём помещения контейнера в холодильную камеру на 2 дня при температуре $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Данные, полученные в ходе лабораторного и полевого эксперимента, систематизировали в программе Excel. Соответствие данных нормальному распределению определяли с помощью теста Шапира-Уилка при уровне значимости $p=0.05$. Использовали методы однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с последующим попарным сравнением по критерию Тьюки для проверки предположений о разнице между видами по различным показателям. За статистическую еди-

ницу принимается средняя выживаемость в одной мезоэкосме, изменение массы в одной мезоэкосме.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первой части полевого эксперимента была отмечена зависимость степени скрученности от варианта опыта ($p=0.02$) (рис. 4). Все инвазивные виды находились в скрученном состоянии, часть из них образовывала капсулы. Все аборигенные виды находились в активном состоянии. Не отмечено значимого влияния варианта эксперимента на глубину обнаружения дождевых червей, но аборигенные виды отмечались по всей глубине мезоэкосма, а инвазивные от 40 см до 1 м.

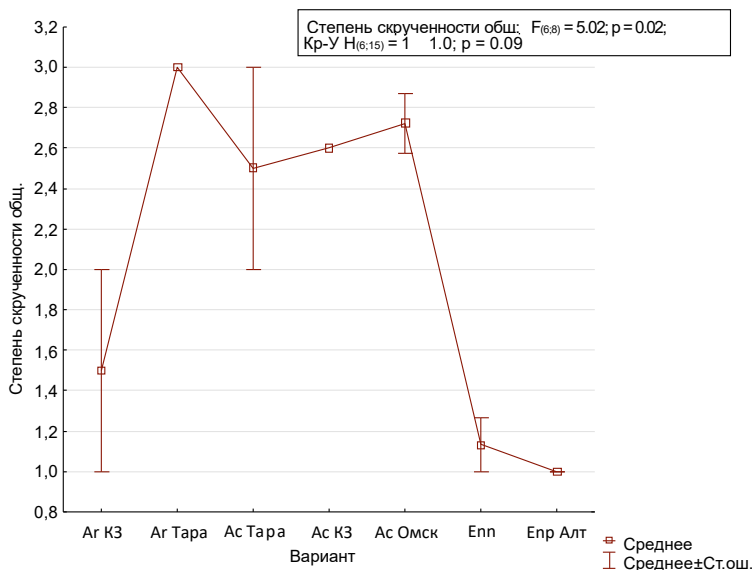


Рис. 4. Степень скрученности в различных вариантах эксперимента.

Во второй части полевого эксперимента не отмечено значимого влияния видов дождевых червей и их популяций на выживаемость и долю потерянной массы. В эксперименте не было вариантов дождевых червей, где все особи пережили зиму, однако не было и вариантов, которые полностью погибли в ходе зимовки. Наибольший процент выживших особей наблюдался у вида *A. caliginosa* Омской популяции. Наименьший процент выживших особей наблюдался у вида *E. n. nordenskioldi* Тарской популяции. Почти все виды дождевых червей потеряли часть массы после зимовки, за исключением особей *A. caliginosa* Омской популяции и *A. rosea* Казахстанской популяции, где масса части особей возросла.

В результате лабораторного эксперимента было выявлено значимое влияние между видом дождевых червей, температурой и выживаемостью у половозрелых особей ($p < 0.0001$). Были выявлены значимые отличия по критерию Тьюки по смертности между половозрелыми особями *E. n. nordenskioldi* Алтайской популяции и *A. rosea* Тарской и Казахстанских популяций, *E. n. pallida* Алтайской популяции, *E. n. nordenskioldi* Тарской популяций, *A. caliginosa* Омской популяции. Были выявлены значимые отличия при одновременном сравнении по смертности и температуре заморозки между половозрелыми особями *A. caliginosa* Тарской и Казахстанской популяций при температуре -4°C и всеми остальными вариантами; *E. n. nordenskioldi* Алтайской популяции при температуре -3 и -4°C и всеми остальными вариантами. Были выявлены значимые отличия по смертности между ювенильными особями *A. rosea* Тарской и Казахстанских популяций и всеми остальными видами, кроме особей *E. n. pallida* Алтайской популяции; *E. n. pallida* Алтайской популяции и *A. caliginosa* Казахстанской популяции. Не были выявлены значимые отличия при одновременном сравнении по смертности и температуре заморозки между всеми ювенильными особями. При этом было выявлено отдельно влияние на выживаемость вида ($p < 0.0001$) и температуры ($p = 0.001$). В эксперименте летальной температурой для большинства видов стало значение в -5°C , когда выжила только одна особь (рис. 5), а летальной для всех видов стало значение в -7°C , когда последний дождевой червь умер на 3 неделе (рис. 6).

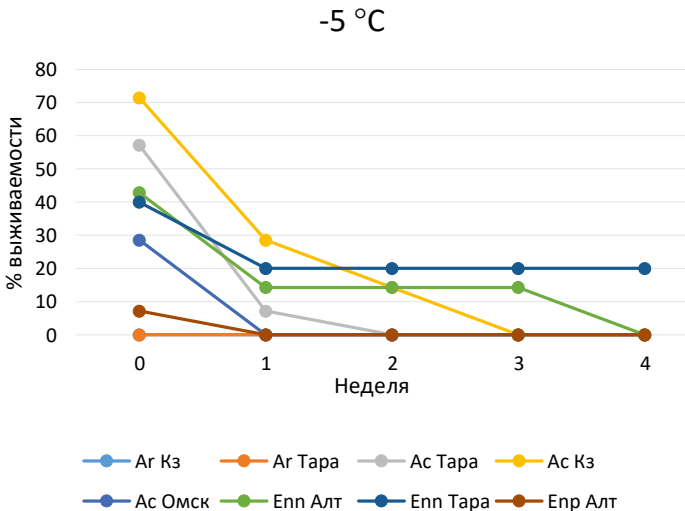


Рис. 5. % выживших дождевых червей III группы после разморозки на протяжении 4 недель.

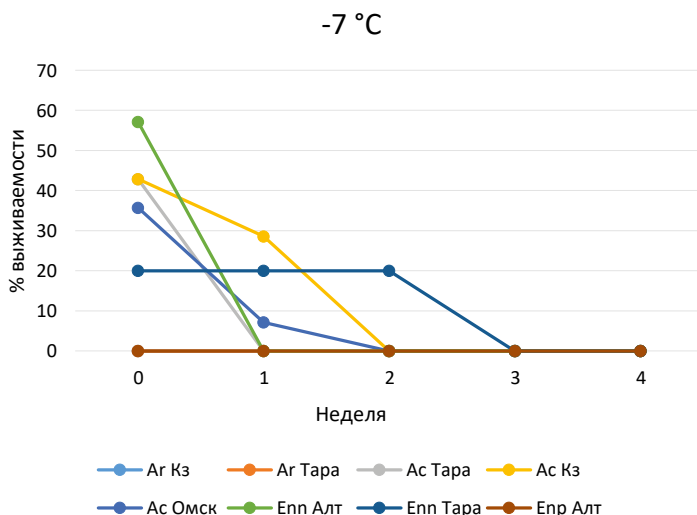


Рис. 6. % выживших дождевых червей IV группы после разморозки на протяжении 4 недель.

Температура оттаивания дождевых червей влияет на выживаемость после разморозки. Так в V группе, где была изменена методика разморозки, выжила одна особь Казахстанской популяции *A. caliginosa*. Особи *A. rosea* являются наименее приспособленными к отрицательным температурам, так как все их представители погибли при разморозке при температуре -3 °C. Аборигенные виды имели более выраженную устойчивость к отрицательным температурам нежели инвазивные виды до температуры -5 °C. Среди инвазивных видов наибольшей устойчивостью обладали особи Казахстанской популяции *A. caliginosa*.

ВЫВОДЫ

1. У аборигенных и инвазивных видов различаются стратегии перенесения низких температур, аборигенные виды позже входят в состояние диапаузы, но при этом имеют минимальную глубину погружения, тогда как инвазивные виды быстрее впадают в состояние диапаузы, не имеют минимальной глубины погружения, но при этом теряют меньше массы после зимовки.
2. Аборигенные виды имеют лучшую приспособленность к низким температурам в диапазоне от -3 °C до -4 °C. При -5 °C большая часть аборигенных видов погибает, а температура -7 °C является критической для них. Тогда как инвазивные виды способны выживать до -9 °C. Из этого следует, что в условиях юга Западной Сибири аборигенные виды не встречаются с температурой ниже -4 °C во

- время зимовки. Инвазивные же виды в ходе своей инвазии приобрели более широкий диапазон толерантности к низким температурам.
3. Особи *A. rosea* являются наименее приспособленными к отрицательным температурам, так как все их представители погибли при разморозке при температуре $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среди инвазивных видов наибольшей устойчивостью обладали особи Казахстанской и Омской популяций *A. caliginosa* а среди инвазивных особи *E. n. nordenskioldi* Алтайской популяции. В условиях зимовки в Омской области наилучшей выживаемостью обладают особи *A. caliginosa* Омской популяции, наихудшей выживаемостью обладают особи *E. n. nordenskioldi* Тарской популяции. Из этого следует, что *A. caliginosa* является наиболее приспособленным видом в условиях юга Западной Сибири, что сходится с данными о их инвазии в этом регионе за последние 30 лет.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 22-14-20034). Выражаем благодарность С.Ю. Князеву, К.А. Бабий, Д.П. Унру, Р.Р. Романчуку, А.С. Абраменко за помощь при закладке и снятии полевого эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Берман Д.И., Лейрих А.Н. Зимовка и холодостойкость беспозвоночных на северо-востоке Азии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 314 с.
- Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: кадастр и определитель. М.: Наука, 1997. 102 с.
- Голованова Е.В. Дождевые черви-вселенцы в Западной Сибири // Экология и эволюция: новые горизонты. Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2019. С. 494–495.
- Князев С.Ю., Кислый А.А., Богомолова И.Н., Голованова Е.В. Территориальная неоднородность населения дождевых червей (*Opisthoroga*, *Lumbricidae*) Омской области и факторы среды: количественная оценка связи // Сибирский экологический журнал. 2022. Т. 29. № 5. С. 550–561.
- Golovanova E.V., Kniazev S.Yu., Babiy K.A., Tsvirko E.I. et al. Dispersal of earthworms from the Rudny Altai (Kazakhstan) into Western Siberia. // *Ecologica Montenegrina*. 2021. Vol. 45. P. 48–61.

DOI: [10.5281/zenodo.14749161](https://doi.org/10.5281/zenodo.14749161)

Свидетельство воздействия древнего человека на кости пещерного медведя (по материалам пещеры Нукатская, Южный Урал)

М.С. Щур^{1,2}, М.В. Павлова¹, Д.О. Гимранов¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: пещерный медведь, Южный Урал, малая берцовая кость, следы на костях, поздний плейстоцен

В позднем плейстоцене важную роль в жизни человека играла охота (Верещагин, 1971; Wilczynski et al., 2017; Wojtal, 2020; Jerjotoma-Ortin et al., 2024; Yravedra et al., 2024). В большинстве случаев добычей выступали крупные травоядные животные. Хищники, такие как волк, россомаха, пещерный лев, бурый и пещерный медведи редко являлись непосредственной добычей (Valensi, Psathi, 2004; Wojtal et al., 2015; Wilczynski et al., 2017; Pinto-Llona et al., 2024). Существуют свидетельства хозяйственного использования туш большого пещерного медведя в позднем плейстоцене (Turk, 1997; Auguste, 2003; Germonpre, Hamalainen, 2007; Miracle, 2007; Wojtal, 2007; Kitagawa et al., 2012; Wojtal et al., 2015; Romandini et al., 2018; Duches et al., 2019). С другой стороны, зубы пещерных медведей могли использоваться для неутилитарных целей (Martisius et al., 2022).

Чаще всего появление следов на костях связано именно с разделыванием туши (Fernandez-Jalvo, Andrews, 2016; Majkić et al., 2018). На европейских палеолитических стоянках среди найденных костей пещерных медведей существует маленький процент костей со следами человеческой деятельности (Munzel, Conard, 2001; Herranz-Rodrigo et al., 2023).

В позднем плейстоцене на Урале большой пещерный медведь являлся распространенным видом (Kosintsev et al., 2016), остатки малого пещерного и бурого медведей также обнаружены на всей территории Урала (Гимранов и др., 2021). Известно несколько свидетельств присутствия костных остатков малого пещерного медведя на палеолитических памятниках (Широков и др., 2011) и лишь одно свидетельство добычи (Гимранов и др., 2021).

На Южном Урале богатым костными остатками пещерных медведей палеонтологическим памятником является пещера Нукатская. Пещера находится в республике Башкортостан, в Белорецком районе в 5 км от деревни Нукатово (54°10'31" с. ш., 57°22'53" в. д.) (Кисагулов

и др., 2022). По количеству костных остатков в этом местонахождении доминирует *Ursus kanivetz* (Яковлев и др., 2000; Кисагулов и др., 2022).

Цель работы: выявление и изучение следов искусственного происхождения на костях пещерного медведя из пещеры Нукатская. **Задачи:**

1. Провести анатомическую диагностику костей пещерного медведя из пещеры Нукатская.
2. Выявить следы на поверхности костей.
3. Проанализировать особенность происхождения следов на поверхностях костей пещерных медведей.

Всего из пещеры Нукатская собрано 416 костей пещерного медведя. Костная коллекция хранится в музее ИЭРиЖ УрО РАН. Собранные кости были первоначально очищены и просмотрены визуально. Кости, на которых были выявлены признаки следов, были подвергнуты трасологическому анализу при помощи стереомикроскопа МБС-1.

В процессе работы с ископаемым материалом идентифицировалась кость, ее положение в скелете, сохранность, таксономическая принадлежность. Все кости были разделены на группы (табл.1). Видовая принадлежность определялась с помощью сравнительной коллекции, хранящейся в ИЭРиЖ УрО РАН. При исследовании поверхности кости на наличие следов фиксировались ямки (следы субтреугольной формы) и насечки (следы линейной формы). С помощью штангенциркуля была измерена длина и ширина следов, расстояние между ними, длина и ширина рабочих поверхностей. В результате проведения анатомической диагностики костного материала выявлено 416 экземпляров (95% фрагментированы). Данные представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты анатомической диагностики костей пещерного медведя из пещеры Нукатская

Кость	Количество	Всего (%)	Количество костей со следами
Кости черепа, нижние челюсти и зубы	140	34	
Позвонки, ребра, грудины	97	23	1 (0.01%)
Проксимальная часть передних конечностей	26	6	1 (0.04%)
Дистальная часть передних конечностей	95	23	
Проксимальная часть задних конечностей	34	8	2 (0.06%)
Дистальная часть задних конечностей	17	4	
Бакулюмы	2	1	
Не идентифицировано	5	1	
	416	100	4 (0.009%)

Из всех фрагментов костей, имеющих на своей поверхности следы, стоит выделить фрагмент малой берцовой кости. Данный фрагмент имеет треугольную в сечении форму и толстую компакту, внутри кость полая. Эти признаки позволяют идентифицировать фрагмент как среднюю часть диафиза малой берцовой кости большого пещерного медведя. На фрагменте малой берцовой кости присутствует две поверхности (А и Б) с разными видами следов: ямками и насечками (рис 1.).

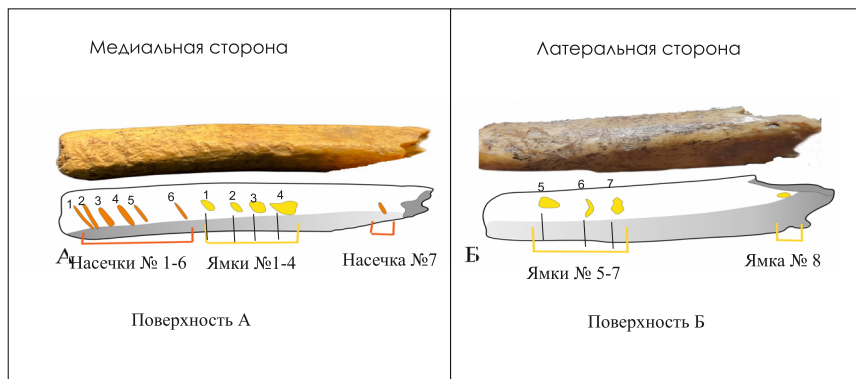


Рис. 1. Следы на малой берцовой кости пещерного медведя

Максимальная длина рабочей поверхности А составляет 38.67 мм, а максимальная ширина — 3.19 мм. На медиальной поверхности находится 7 насечек и 4 ямки. Насечки располагаются параллельно друг к другу, все следы находятся на одной высоте относительно друг друга. Расстояние между следами на поверхности А увеличивается слева направо, начиная с 1.5 мм между насечками №1 и №2 и заканчивая 10.05 мм между ямкой №4 и насечкой №7. Максимальная длина следа на поверхности А составляет 4.96 мм, а ширина — 3.19 мм, глубина насечек на поверхности А не превышает 0.02 мм. Средняя длина следов на медиальной поверхности составляет 3.21 мм, средняя ширина — 1.43 мм.

Максимальная длина поверхности Б составляет 34.88 мм, ширина — 5.18 мм. На поверхности имеется 4 ямки. Ямки располагаются параллельно друг другу, но ямка №5 находится выше относительно других ямок. Расстояние между ямками №5, №6 и №7 не превышает 3.89 мм, но дистанция между ямками №7 и №8 составляет 21.52 мм. Максимальная длина следа на поверхности Б составляет 3.03 мм, ширина — 3.17, глубина насечек не превышает 0.02 мм. Средняя длина следов на рабочей поверхности Б составляет 2.45 мм, средняя ширина — 1.88 мм.

Таким образом, на поверхности А следы делятся на два вида: насечки и ямки с преобладанием первых над вторыми, в то время как на поверхности Б присутствуют только ямки. Размер следов на поверхности

А превышает размер следов на поверхности Б. Все следы на фрагменте кости находятся примерно на одном уровне относительно друг друга, исключение — лишь одна ямка на поверхности Б.

Следы на изучаемом фрагменте малой берцовой кости схожи со следами, оставленными человеком (Abrams et al., 2014; Russo et al., 2023; Pinto-Llona et al., 2024). Об этом свидетельствует глубина следов на фрагменте малой берцовой кости, которая не превышает 0.02 мм, что не соотносится с глубиной следов, оставленных животными, глубина она значительно больше (2-3 мм) (Russo et al., 2023; Pinto-Llona et al., 2024). На краях фрагмента малой берцовой кости нет следов стирания, свойственного для костей со следами животного происхождения (Russo et al., 2023). Все следы на фрагменте кости ориентированы под острым углом к оси диафиза, и подавляющее большинство следов находится на одном уровне (исключением выступает ямка на рабочей поверхности №2), что исключает версию о появлении следов в связи с падением животного с высоты (Russo et al., 2023). Несмотря на наличие двух поверхностей со следами на фрагменте кости, следы на поверхностях не являются результатом давления зубов верхней и нижней челюсти на фрагмент кости, т.к. следы находятся на слишком большом расстоянии друг от друга, а главное — все следы на фрагменте кости кроме одного расположены строго на одной линии, что исключает, что их могли оставить животные (Russo et al., 2023).

Из 416 определенных нами фрагментов костей из пещеры Нукатская четыре фрагмента (0,009 %) имеют на своей поверхности следы. И только на одной кости зафиксированы следы, которые оставил человек. Нами было установлено, что характер ямок свидетельствует об использовании кости для добычи костного мозга, а характер насечек не ясен. Таким образом, эта находка является первым свидетельством использования костей пещерного медведя древним человеком на Урале.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность Жилину М.Г. за помощь в проведении исследования; Ерохину Н.Г. за предоставление музейной коллекции для работы; Косинцеву П.А. за помощь в написании исследовательской работы. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00147 (“Пещерные медведи: таксономия, биология и взаимоотношение с человеком”), <https://rscf.ru/project/24-24-00147/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Верещагин Н.К. Охоты первобытного человека и вымирание плейстоценовых млекопитающих в СССР // Труды ЗИН АН СССР. 1971. Т. 49. С. 200–232.

- Гимранов Д.О., Косинцев П.А., Бачура О.П.* и др. Малый пещерный медведь (*Ursus ex gr. savini-rossicus*) как объект охоты древнего человека // Вестник археологии, антропологии и географии. 2021. № 2(53). С. 5–14.
- Кисагулов А.В., Струкова Т.В., Тарасова М.С.* и др. Новые данные о местонахождении пещера Нукатская (Южный Урал) с массовым скоплением остатков пещерных медведей // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития. Материалы LXVIII сессии палеонтологического общества. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. С. 216–217.
- Широков В.Н., Волков Р.Б., Косинцев П.А., Лантева Е.Г.* Палеолитическая стоянка Богдановка (Южный Урал) // Российская археология. 2011. № 1. С. 125–139.
- Яковлев А.Г., Данукалова Г.А., Алимбекова Л.И.* и др. Биостратиграфическая характеристика геологического памятника природы «Пещера Нукатская» // Плейстоценовые и голоценовые фауны Урала. Сборник научных трудов. Челябинск: Рифей, 2000. С. 81–104.
- Abrams G., Bello S.M., Modica K.D.* et al. When Neanderthals used cave bear (*Ursus spelaeus*) remains: Bone retouchers from unit 5 of Scladina Cave (Belgium) // Quaternary International. 2014. Vol. 326–327. P. 274–287.
- Auguste P.* La chasse à l'ours au Paleolithique moyen: Mythes, réalités et état de la question // Acts of the XIV UISPP Congress. Liège: University of Liège, 2003. Vol. 1105. P. 135–142.
- Duches R., Nannini N., Fontana A.* et al. Archeological bone injuries by lithic backed projectiles: new evidence on bear hunting from the Late Epigravettian site of Cornafessa rock shelter (Italy) // Archaeological and Anthropological Sciences. 2019. Vol. 11. P. 2249–2270.
- Fernandez-Jalvo Y., Andrews P.* Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Ser.: Atlas of Taphonomic Identifications: 1001+ Images of Fossil and Recent Mammal Bone Modification. Dordrecht: Springer, 2016. 359 p.
- Germonpre M., Hamalainen R.* Fossil Bear bones in the Belgian Upper Paleolithic: the possibility of a proto bear-ceremonialism // Arctic Anthropology. 2007. Vol. 44. P. 1–30.
- Herranz-Rodrigo D., Estaca-Gómez V., Yravedra J.* et al. Exploitation of *Ursus spelaeus* in the Middle Palaeolithic. News from Esquilléu Cave (Cillórigo de Liébana, Cantabria) // Zephyrus. 2023. Vol. 92 P. 161–173.
- Jerjotoma-Ortin V., Cuenca-Bescos G., Mazo C.* The Mark of the Beast: a bone assemblage assessment from the North of the Iberian Peninsula (MIS 3) // Journal of Archaeological Science: Reports. 2024. Vol. 54. P. 1–25.

- Kitagawa K., Kronneck P., Conard N.J., Munzel S.C.* Exploring cave use and exploitation among cave bears, carnivores and hominins in the Swabian Jura, Germany // *Journal of Taphonomy*. 2012. Vol. 10. P. 439–461.
- Kosintsev P.A., Gasilin V.V., Gimranov D.O., Bachura O.P.* Carnivores (Mammalia, Carnivora) of the Urals in the Late Pleistocene and Holocene // *Quaternary International*. 2016. Vol. 420. P. 145–155.
- Majkić A., d'Errico F., Milošević S.* et al. Sequential Incisions on a Cave Bear Bone from the Middle Paleolithic of Pešturina Cave, Serbia // *Journal of Archaeological Method and Theory*. 2018. Vol. 25. № 1. P. 69–116.
- Martisius N.L., Spasov R., Smith G.M.* et al. Initial Upper Paleolithic bone technology and personal ornaments at Bacho Kiro Cave (Bulgaria) // *Journal of Human Evolution*. 2022. Vol. 167. P. 1–34.
- Miracle P.T.* The Krapina Paleolithic site: Zooarchaeology, taphonomy and catalog of the faunal remains. Zagreb: Croatian Natural History Museum, 2007. 345 pp.
- Munzel S.C., Langguth K., Conard N., Uerpmann H.P.* Hohlenbärenjagd auf der Schwabischen Alb vor 30.000 Jahren // *Archaeologisches Korrespondenzblatt*. 2001. Vol. 31. P. 317–328.
- Pinto-Llona A.C., Estaca V., Grandal-d'Anglade A.* et al. Alternation between humans and carnivores in the occupations of the Mousterian site of Sopena rock-shelter (Asturias, Spain) // *Quaternary Science Reviews*. 2024. Vol. 16. № 6. P. 1–25.
- Romandini M., Terlato G., Nannini N.* et al. Bears and humans, a neanderthal tale. Reconstructing uncommon behaviors from zooarchaeological evidence in Southern Europe // *Journal of Archaeological Science*. 2018. Vol. 90. P. 71–91.
- Russo G., Milks A., Leder D.* et al. First direct evidence of lion hunting and the early use of a lion pelt by Neanderthals // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13(16405). P. 1–13.
- Turk I.* Mousterian Bone Flute and Other Finds from Divje Babe I Cave Site in Slovenia. Ljubljana: Opera Instituti Archaeologici Sloveniae, 1997. 223 p.
- Valensi P., Psathi E.* Faunal Exploitation during the Middle Palaeolithic in South-eastern France and North-western Italy // *International Journal of Osteoarchaeology*. 2004. Vol. 14. № 3–4. P. 256–272.
- Wilczyński J., Wojtal P., Svoboda J.* Pavlovian hunters on the margin – archaeozoological analysis of the animal remains discovered at the Pavlov II site (1966–67 excavations) // *Fossil Imprint*. 2017. Vol. 73. № 3–4. P. 322–331.
- Wojtal P.* Zooarchaeological studies of the Late Pleistocene sites in Poland. Krakow: Institute of Systematics and Evolution of Animals, 2007. 189 pp.

Wojtal P., Wilczynski J., Nadachowski A., Münzel S.C. Gravettian hunting and exploitation of bears in Central Europe // *Quaternary International*. 2015. Vol. 359–360. P. 58–71.

Wojtal P., Svoboda J., Roblíčková M., Wilczyński J. Carnivores in the everyday life of Gravettian hunters gatherers in Central Europe // *Journal of Anthropological Archaeology*. 2020. Vol. 59. P. 1–14.

Yravedra J., Estaca-Gómez V., Grandal-d'Anglade A., Pinto-Llona A.C. Neanderthal subsistence strategies: new evidence from the Mousterian Level XV of the Sopeña rock shelter (Asturias, northern Spain) // *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2024. Vol. 16. № 6. P. 1–25.

DOI: [10.5281/zenodo.14749306](https://doi.org/10.5281/zenodo.14749306)

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к изданию	3
Таксономический состав и ландшафтное распределение долгоносикообразных жуков (Curculionoidea) Северо-Восточного Алтая Агриколянская Н.И., Гурина А.А., Дудко Р.Ю., Решетников С.В., Легалов А.А.	5
Содержание доступных K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} в почве под воздействием собственно-почвенных дождевых червей после 3 и 12 месяцев инкубации Бабий К.А., Князев С.Ю., Голованова Е.В.	8
Значение краниометрических параметров в видовой дифференциации современных и ископаемых сурков (род <i>Marmota</i>) Болотова А.Э.	16
Первые результаты полногеномного анализа древней ДНК пещерных гиен из пещеры Инейская (Республика Хакасия) Боцманов Е.И., Иванова А.О., Крицкий А.А., Павлова А.В., Прокопьев Н.А., Цедилина Т.Р., Гимранов Д.О., Хантемиров Д.Р., Маликов Д.Г., Климук Е.И., Северинов К.В.	21
Новые виды в микобиоте мучнисторосяных грибов (Helotiales, Erysiphaceae) Южного Урала: вклад аборигенных и чужеродных таксонов Будимиров А.С.	25
Зимующая колония рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) Смолинской пещеры, Свердловская область Векшина Е.С.	34
Видовое разнообразие стрекоз в окрестностях биостанции УрФУ Головатенко Е.К.	38
Первые данные по позднеплейстоценовым энтомо-комплексам низкогорий Северо-Восточного Алтая Гурина А.А., Агриколянская Н.И., Дудко Р.Ю., Легалов А.А.	41
Первые сведения о питании ночницы Брандта <i>Myotis brandtii</i> (Chiroptera, Vespertilionidae) на Среднем Урале Дейнека В.А.	45

Пространственно-временная динамика численности тополевой моли <i>Phyllonorycter populifoliella</i> (Treitschke, 1833) (Lepidoptera: Gracillariidae) в г. Екатеринбурге Дербышев С.В., Доцанова К.С., Солонкин И.А., Захарова Е.Ю.	48
Популяция боярышницы в состоянии вспышки массового размножения: анализ на эмбриональной стадии развития Доцанова К.С., Солонкин И.А., Захарова Е.Ю.	51
Состояние растительных сообществ с доминированием <i>Pinus sylvestris</i> в древесном ярусе в градиенте урбанизации в г. Екатеринбург Дубровина Д.П.	54
<i>Pannonictis</i> (Mustelidae, Carnivora) из пещеры Таврида (Крым, ранний плейстоцен) Захаров Д.А., Гимранов Д.О., Лавров А.В. Лопатин А.В.	57
Пространственная ориентация шмелей <i>Bombus lucorum</i> complex в условиях наличия и отсутствия зрительных ориентиров Ильина А.П., Тимченко А.И.	64
Изменчивость молочных зубов у большого (<i>Ursus kanivetz</i>) и малого (<i>Ursus rossicus</i>) пещерных медведей Урала Камалова Д.Р., Гимранов Д.О.	67
Оценка состояния популяций рододендрона жёлтого (<i>Rhododendron luteum</i> Sweet), приуроченных к растительным сообществам субтропического пояса Кавказа Кащенко Г.А., Василенкова В.Е.	73
Пещерный лев <i>Panthera spelaea</i> ex gr. <i>fossilis-spelaea</i> из позднплейстоценовых отложений пещеры Иманай (Южный Урал) Климова Ф.И., Гимранов Д.О.	77
Морфологические адаптации к водной среде в эволюции исполинских саламандр (Cryptobranchidae) Колчанов В.В.	82
Особенности фауны жуков-долгоносиков (Coleoptera: Curculionoidea) г. Каменск-Уральский (Свердловская область) Комиссаров Е.В., Дедюхин С.В.	84

Анализ морфологической изменчивости обыкновенной бурозубки (<i>Sorex araneus</i>) в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа методами геометрической морфометрии Коноплина А.А., Городилова Ю.В.	87
Влияние погодных факторов на активность малой лесной мыши (<i>Sylvaemus uralensis</i> Pallas, 1811) и обыкновенной полевки (<i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778) Корепанова М.А., Масленникова Т.Д., Куваева Е.И., Толкачев О.В., Маклаков К.В.	92
Изменчивость размеров костного неба и хоан у пещерных медведей Кочнев А.В., Гимранов Д.О.	96
Исследование устойчивости микроорганизмов (дрожжей) к обработке высоким гидростатическим давлением Крылова Д.А., Кругликов Н.А., Бажукова И.Н.	101
К изучению влияния промышленного загрязнения на обилие и разнообразие герпетобионтных пауков (Araneae: Lycosidae, Gnaphosidae) Кудряшкина В.А., Соколова С.С.	105
Эволюция эндокраниальных структур крокодилов (Crocodyliformes: Crocodylia) Кузьмин И.Т., Мазур Е.В.	108
Внутригодовая изменчивость качества семенного потомства <i>Silene latifolia</i> из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа Кузьмина А.С., Шималина Н.С.	112
Роль представителей семейства Collemataceae в формировании лишайникового покрова на береговых скалах реки Чусовая Лаврская Е.А.	116
Мощность лесной подстилки в зарослях инвазионного кустарника рябинника рябинолистного (<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun) в условиях сосновых лесов Среднего Урала Липихина Л.А.	119
Фенологические аспекты булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Papilionoidea) Кировской области Мазеева А.В., Кулакова О.И.	126

Костные остатки низших позвоночных и птиц из отложений пещеры Нукатская (Южный Урал) Маслинцына М.П., Тарасова М.С., Гимранов Д.О.	135
Методологические подходы к изучению генетического полиморфизма берез Медведева С.О., Черепанова О.Е.	141
Изучение канцерогенного риска малых доз диоксинов на рыжей полевке, обитающей за пределами санитарной зоны полигона ТБО / свалки «Саларьево» (г. Москва) Мышлявкина Т.А., Умнова Н.В., Ким А.И., Лавренев А.Р., Румак В.С.	148
<i>Alopecosa</i> ли <i>Mustelicosa</i> ? Обзор рода <i>Mustelicosa</i> (Roewer, 1960) и близких видов группы <i>albostrata</i> из рода <i>Alopecosa</i> Simon, 1885 (Araneae: Lycosidae) Никитенко В.Ю., Азаркина Г.Н.	152
Динамика гнездования кречета на инфраструктурных объектах полуострова Ямал за 2016–2023 год Онучина Ю.Е., Соколов А.А., Соколов В.А.	155
Находки малого пещерного медведя (<i>Ursus rossicus</i> Borissiak, 1930) в среднем плейстоцене Европейского Юга России Павлова М.В., Титов В.В., Гимранов Д.О.	158
Апробация методики обнаружения микропластика в водных объектах города Новосибирска Перминова И.А.	164
Первые данные о генетическом разнообразии малой лесной мыши (<i>Sylvaemus uralensis</i> (Pallas, 1881)) Северо-Восточной части Кавказа Пилевич Д.С.	167
Генетическая структура и дифференциация популяций <i>Quercus frainetto</i> (Faga- seae) на Балканах, изученная различными типами генетических маркеров Писарева М.П., Семерикова С.А.	174
Население жужелиц (Carabidae) участков травянистой растительности Ботанического сада ПГНИУ Плакхина Е.В.	179

Плотность одноядерных гепатоцитов у грызунов: эффекты доли печени и зоны ациноса Полужктова Д.В.	183
Реактивация диапаузирующих эмбрионов мышей при добавлении в культуральную среду путресцина Рахманова Т.А., Козенёва В.С., Рожкова И.Н., Брусенцев Е.Ю., Амстиславский С.Я.	187
Влияние нарушений полога древостоя на изменчивость климатического отклика <i>Abies nephrolepis</i> на юго-востоке России Рублева М.Е., Возмищева А.С., Бондарчук С.Н.	193
Метагеномный анализ бактериальных сообществ радиоактивно загрязненных почв Рыбак А.В., Белых Е.С., Майстренко Т.А., Велегжанинов И.О., Расова Е.Е., Тавлеева М.М.	198
Морфологический облик муравьев <i>Formica aquilonia</i> Yarrow (Hymenoptera, Formicidae) из мирмекокомплекса в Тигирекском заповеднике Сильченко М.В.	201
Динамика неструктурных углеводов у сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i>) и лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i>) в смешанном горном лесу в Центральной Сибири Степина Т.А., Сергеева О.В., Кнорре А.А., Арзак А.	205
Распространение складчатокрылых ос (Hymenoptera: Vespidae) в ульях <i>Apis mellifera</i> на пасеках Тюменской области Столбова В.В.	210
Размерная структура населения божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae) Свердловской области Тимченко А.И.	213
Стереотип охотничьего поведения паука-кругопряда <i>Cyclosa conica</i> (Pallas, 1772) Устинова А.Л., Тиунов А.В.	217
Использование метода «изоляции опада» для оценки вклада почвенной фауны в процессы деструкции органического вещества на вырубках разного возраста Фатеева А.А., Кудрин А.А.	221

Ультраструктура яичника мышевидных грызунов:

опыт химической фиксации для СЭМ

Чаринцева К.Я. 225

Предварительные данные по фауне и таксономии хирономид

(Diptera, Chironomidae) южной тундры полуострова Ямал

Шутова Е.Н. 229

Толерантность инвазивных и аборигенных собственно-почвенных видов

дождевых червей юга Западной Сибири к низким температурам

в лабораторных и полевых экспериментах

Щербаков В.Е., Голованова Е.В. 238

Свидетельство воздействия древнего человека на кости

пещерного медведя (по материалам пещеры Нукатская, Южный Урал)

Щур М.С., Павлова М.В., Гимранов Д.О. 246

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ

Материалы конференции молодых ученых

Редакторы:
А.Н. Созонтов
О.Р. Гизулина
Д.Р. Юнусова
А.С. Будимиров
Д.О. Гимранов

Вёрстка и обложка:
А.Н. Созонтов

Подписано в печать 25.12.2024 г.

Формат 60×90; ¹/₁₆
Гарнитура PeterburgС
Печать офсетная
Печатных листов 11.5

Тираж 100 экз.
Заказ 16346

Отпечатано в ООО Универсальная Типография «Альфа Принт»
г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 77 литер Х, офис 402.