



**ЭКОЛОГИЯ:
ФАКТЫ,
ГИПОТЕЗЫ,
МОДЕЛИ**

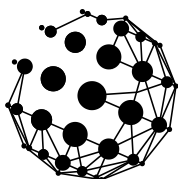
Материалы
Всероссийской конференции
молодых ученых, посвященной
90-летию со дня рождения
профессора С.Г. Шиятова

Екатеринбург
2023

Институт экологии растений и животных УрО РАН

ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ

Материалы Всероссийской конференции молодых ученых,
посвященной 90-летию со дня рождения профессора С.Г. Шиятова
17–21 апреля 2023 г.



Екатеринбург

2023

ИЭРиЖ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ
РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ



**Совет молодых
учёных ИЭРиЖ**

Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы Всерос. конф. Э 40 молодых ученых, 17–21 апреля 2023 г. / ИЭРиЖ УрО РАН. — Екатеринбург : ООО Универсальная Типография «Альфа Принт», 2023. — 284с.

В сборнике опубликованы материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 90-летию со дня рождения профессора С.Г. Шиятова. Конференция проходила с 17 по 21 апреля 2023 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 курса 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 фотоконкурса конференции Болдырева Степана Леонидовича.

ISBN 978-5-9076897-0-8



9 785907 680708

© Авторы, 2023

© ИЭРиЖ УрО РАН, 2023

© ООО Универсальная Типография

ПРЕДИСЛОВИЕ К ИЗДАНИЮ

С 17 по 21 апреля 2023 г. Институт экологии растений и животных УрО РАН принял участников традиционной, уже 57 по счёту, конференции молодых учёных «Экология: факты, гипотезы, модели». В этом году конференция была посвящена выдающемуся сотруднику Института, дендрохронологу с мировым именем – профессору, д.б.н., Степану Григорьевичу Шиятову. Закономерно, что особое внимание было уделено докладам дендрохронологов – как опытных, выступавших с пленарными лекциями, так и молодых, представлявших устные и постерные доклады. Однако конференция прошла продуктивно для всех молодых учёных: независимо от специализации, каждый вынес из неё что-то новое и полезное.

В этом году участниками конференции стали молодые специалисты из 42 научных организаций Российской Федерации, включая 22 вуза, 18 научных организаций и один заповедник. География конференции раскинулась от ЯНАО на севере до Дагестана на юге, а в направлении с запада на восток – от Санкт-Петербурга до Владивостока. Всего вниманию комиссии и слушателей было представлено более сотни докладов, поровну устных и стендовых. Свои доклады представили студенты (38), аспиранты (38), инженеры и лаборанты (12), научные сотрудники (20), преподаватели (1). Небольшая часть гостей принимала участие в конференции в качестве слушателя без доклада.

Мастер-классы, пленарные и научно-популярные лекции – традиционный и неотъемлемый компонент программы молодежной конференции. Несколько пленарных докладов, посвященных воспоминаниям о работе с С.Г. Шиятовым и освещению современных достижений дендрохронологии, сделали акад. Е.А. Ваганов (Институт леса СО РАН, СФУ, г. Красноярск), д.б.н. В.С. Мазепа (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург), д.б.н. П.А. Моисеев, (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург). Изучению палеопочв Московской области была посвящена лекция проф. РАН, д.г.-м.н. С.В. Наугольных (ГИН РАН, г. Москва). Большой интерес вызвала лекция д.б.н. С.Я. Амстиславского (ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск) о криоконсервации эмбрионов и гамет животных для сохранения их генетических ресурсов. О методических подходах к изучению чужеродных растений рассказала д.б.н. Ю.К. Виноградова (ГБС РАН, г. Москва). Лекцию о дистанционном спутниковом зондировании прочитал к.ф.-м.н. К.Г. Грибанов (УрФУ, г. Екатеринбург).

В день закрытия конференции с рассказом об экологии и эволюции морфогенеза выступил д.б.н. В.Л. Вершинин (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург). От компании «Хеликон» доклад о роли новых технологий в решении задач экологии представил А.В. Меньшенин. Помимо лекций, были проведены и мастер-классы, посвященные интегративному подходу к обработке данных (к.б.н. А.Н. Созонтов, ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург), значению полевого дневника для ученого (Н.Г. Ерохин, ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург), проблемам популяризации науки в России (к.ист.н. А.В. Кочнев, УрФУ, г. Екатеринбург). Большая группа участников собралась на орнитологическую экскурсию по Ботаническому саду вместе с директором АНО Центр популяризации биоразнообразия «НатУРАЛист» к.б.н. Н.О. Садыковой (г. Екатеринбург).

На приуроченном к конференции фотоконкурсе 12 участников представили 39 работ, запечатлевших мгновения жизни дикой природы и её изучения. Впечатляющим и познавательным дополнением к фотоконкурсу стала выставка фотографий памяти С.Г. Шиятова «Когда зарастут Уральские горы?».

Мы благодарны всем участникам конференции и ждём их снова в нашем Институте с новыми открытиями. Также оргкомитет выражает благодарность партнерам конференции – Уральскому федеральному университету имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Информационному центру по атомной энергии, компании «Хеликон» и сети магазинов «Жизньмарт».

В настоящем сборнике представлены результаты работ студентов, аспирантов, молодых ученых 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, достижения дендрохронологии. С электронными версиями материалов молодежных конференций 1962–2022 гг. можно ознакомиться по ссылке: https://ipae.uran.ru/library/publications_pdf/proceedings/youth_conference_in_ipae.

Редколлегия

Фауна наземных моллюсков лесов ландшафтного ядра Владимирского ополья на примере лесного массива «Андреевский лес»

С.С. Азовцев

Владимирский государственный университет, г. Владимир

Ключевые слова: наземные моллюски, ополье, леса, фауна

Владимирское ополье – сложное природно-антропогенное образование, представленное на данный момент совокупностью территорий различного типа землепользования от ежегодно обрабатываемых полей и лугов до залежей, от естественно сформировавшихся лесов в неудобьях до искусственных древесных насаждений. Границы Опожья определяются границами распространения серых лесных почв, которые отличаются высокой плодородностью и активно используются человеком, по меньшей мере, последние пару тысяч лет (Трифорова, 2000; Романов, 2008). Особенный интерес в изучении данной территории вызывают условно реликтовые ландшафтные образования, в которых хозяйственная деятельность человека была минимальна.

Началом исследований наземных моллюсков Владимирского ополья послужила работа по фауне и населению наземных моллюсков ООПТ «Лесной парк «Дружба» в черте города Владимира, затем были проведены сборы на территории ООПТ «Барский лес» в 10 км к северу от г. Владимира (Азовцев, 2018). Логичным продолжением работы было изучение лесных массивов ландшафтного ядра Владимирского ополья. Одним из таковых, а также наиболее крупных и доступных, является лесной массив Андреевский лес в 30 км на северо-запад от г. Владимира.

Цель работы – изучение фауны наземных моллюсков лесного массива Андреевский лес. **Задачи:**

1. Произвести сбор проб лесной подстилки на территории лесного массива Андреевский лес;
2. Изучить малакофауну в различных растительных ассоциациях лесного массива Андреевский лес;
3. Сравнить полученные данные с уже имеющимися по югу Опожья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Андреевский лес – лесной массив неподалеку от сел Небылое и Андреевское Юрьев-Польского района Владимирской области,

сформировавшийся на водоразделе высотой до 215 м, изрезанном глубокими оврагами и балками – следами деятельности притоков р. Яхромы и площадью 400 га. По данным Л.И. Красовского (1948 г.) в 40-е годы XX века этот массив представлял собой осиново-широколиственный лес, в котором полностью отсутствовали ель и сосна, однако сейчас это сложный смешанный лес. Чтобы наилучшим образом организовать работы, были выбраны четыре участка: первый – орешниковый подрост (на месте вырубки, темные высокоплодородные почвы); второй – сосновые насаждения (полностью измененное местообитание, суглинистые малоплодородные почвы); третий – осиновый лес (условно не измененный, темные высокоплодородные почвы); четвертый – дубовый лес (на склонах оврагов и балках, темные высокоплодородные почвы) (Трифонова, Романов, 2000).

Работа в Андреевском лесу проводилась в сентябре и октябре 2021, 2022 годов. Для сбора моллюсков был использован стандартный метод проб лесной подстилки – в наиболее однородных по флористическому составу биотопах на выбранных участках закладывались учетные площадки 1×1 метр, в которых методом конверта брали 5 проб 25×25×5 см, пробы упаковывались в пластиковые пакеты и в камеральных условиях разбирались вручную. Всего взято 240 проб (по 60 проб на каждом участке), в которых обнаружен 3221 экземпляр наземных моллюсков.

Для сравнения фаун исследованных местообитаний был использован коэффициент Жаккара, рассчитываемый в программе Past 3.0. Видовые названия и структура таксонов приведены по И.В. Балашову (2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На территории лесного массива Андреевский лес выявлено 23 вида наземных моллюсков, относящихся к 14 семействам (табл. 1). Наибольшее число видов характерно для семейств Vertiginidae (3), Valloniidae (3), Cochlicopidae (3).

В результате сравнения видового состава наземных моллюсков лесного массива Андреевский лес с малакофаунами некоторых лесов юга Владимирского ополья видно, что различие составляет 0.6 (рис. 1). На территории Андреевского леса обнаружено 2 вида, не встречающихся в ООПТ «Лесной парк «Дружба» и Барский лес: *Vertigo substriata*, *Succinella oblonga*.

Наибольшее видовое разнообразие проявляется в наименее антропогенно измененных участках с преобладанием в древостое осины (20 видов) и дуба (18 видов), отличающихся друг от друга на 8 видов. Измененные и бедные по видовому составу наземных моллюсков местообитания – сосновые насаждения (17 видов) и орешниковый подрост (17), различались на 6 видов (см. табл. 2).

Таблица. Малакофауны лесных массивов юга и ландшафтного ядра Владимирского ополья и участков лесного массива Андреевский лес

Название	А	Б	В	В1	В2	В3	В4
<i>Aegopinella nitidula</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Acanthinula aculeata</i>	-	-	+	-	+	-	-
<i>Bulgarica cana</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Carychium minimum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlicopa lubrica</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlicopa lubricella</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlicopa nitens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochlodina laminata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Columella aspera</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Discus uderatus</i>	+	+	+	-	-	-	-
<i>Ena montana</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Euconulus fulvus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Laciniaria plicata</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Macrogastra plicatula</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Perforatella bidentata</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Perpolita hammonis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Punctum pygmaeum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ruthenica filograna</i>	+	+	+	+	-	-	-
<i>Vallonia costata</i>	+	+	+	-	+	-	+
<i>Vallonia excentrica</i>	+	+	+	-	+	-	-
<i>Vertigo modesta</i>	-	-	+	+	-	-	+
<i>Vertigo pusilla</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Vertigo substriata</i>	-	-	+	+	+	+	+
<i>Vitrea crystallina</i>	+	+	+	+	-	+	-
<i>Vitrina pellucida</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Zonitoides nitidus</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Arion fasciatus</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Deroceras reticulatum</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Euomphalia strigella</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Fruticicola fruticum</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helix pomatia</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Krynckillus melanocephalus</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Limax cinereoniger</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Malacolimax tenneius</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Succinea putris</i>	+	+	-	-	-	-	-
<i>Succinella oblonga</i>	-	-	+	+	-	-	+
<i>Discus ruderratus</i>	-	-	-	+	-	+	-
	32	25	23	20	18	17	17

Примечание. А – ООПТ «Лесной парк «Дружба»; Б – ООПТ «Барский лес»; В – Андреевский лес, в т.ч. В1 – Осиновый лес, В2 – Дубовый лес, В3 – Соновые насаждения, В4 – Орешниковый подрост.

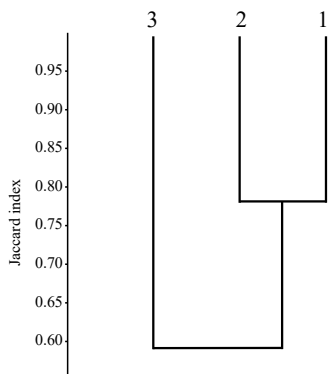


Рисунок 1. Дендрограмма сходства малакофаун лесов юга Владимирского ополья и ландшафтного ядра (коэффициент Жаккара, метод парного сравнения). 1 – ООПТ «Лесной парк «Дружба», 2 – ООПТ «Барский лес», 3 – Андреевский лес.

Как видно из дендрограммы, сходство всех участков лесного массива Андреевский лес достаточно велико, однако наиболее схожими по видовому составу являются участки с осиной и сосной (0.85), вместе объединяются и орешниковый подрост с дубовым лесом (0.75) (рис. 2). Общими для всех четырех участков являются 14 видов.

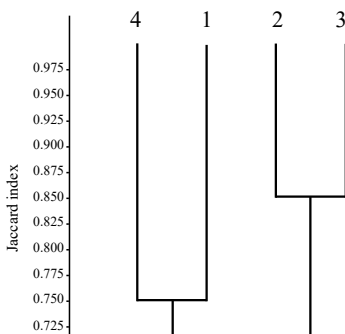


Рисунок 2. Дендрограмма сходства малакофаун участков лесного массива «Андреевский лес» (коэффициент Жаккара, метод парного сравнения). 1 – орешниковый подрост, 2 – сосновые насаждения, 3 – осиновый лес, 4 – дубовый лес.

ВЫВОДЫ

1. Сходство с лесами юга Ополья составляет 0.6. Два вида встречены впервые (*V. substriata*, *S. oblonga*).
2. Наибольшее видовое разнообразие проявляется в наименее антропогенно измененных участках с преобладанием в древостое

осины (20 видов) и дуба (18 видов), отличающихся друг от друга на 8 видов. Общими для всех четырех участков являются 14 видов. Только в одном участке встречены: *A. aculeata* (дубовый лес) и *R. filigrana* (осиновый лес), а также *V. excentrica* (дубовый лес).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Азовцев С.С., Романов В.В. Особенности фауны наземных моллюсков ООПТ Лесной парк «Дружба» г. Владимир // Экология речных бассейнов: Труды 9-й Междунар. науч.-практич. конф Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. С. 123–126.
- Балашов И.В. Фауна Украины Моллюски Стебельчатоглазые (*Stulommatophora*). Киев: Наукова думка, 2016. 560 с.
- Красовский Л.И. Растительность лесов Владимирского ополья. Дисс. ... канд. биол. наук. Ярославль, 1948. 120 с.
- Романов В.В. Ландшафты владимирской области. Ч. 1. Ландшафты Смоленско-Московской провинции. Владимир: Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2008. 56 с.
- Трифонова, Т. А., Романов В.В. Почвенно-ландшафтное районирование Владимирского ополья // Почвоведение. 2000. № 9. С. 47–53.

DOI: [10.5281/zenodo.10042768](https://doi.org/10.5281/zenodo.10042768)

Сравнение конспектов исторической и современной синантропной флоры г. Тобольск (Тюменская область)

В.Р. Аллаярова

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, г. Тобольск

Ключевые слова: урбанофлора, синантропизация, гербарий

Под влиянием человеческой деятельности происходят изменения растительного покрова, формирование новых растительных сообществ, отличающихся от естественных. В такие сообщества внедряются виды растений, которые наиболее приспособлены к антропогенным воздействиям. Синантропный элемент урбанофлоры состоит из адвентивных и аборигенных видов, которые в условиях антропогенной среды имеют преимущество перед другими видами в распространении диаспор и расселении. Выявление, учёт и контроль трансформации флоры необходимы для понимания путей сложения современной флоры. **Целью** исследования является изучение исторической и современной синантропной флоры г. Тобольск. Для этого проведено сравнение списков исторической (XX в.) и современной (с 2000 г. по настоящее время) синантропной флоры разных периодов в развитии города.

При восстановлении конспекта исторической флоры были использованы гербарные материалы Н.Л. Скалозубова (6347 гербарных образцов) и В.А. Ивановского (2596 гербарных образцов), хранящиеся в Тобольском историко-архитектурном музее-заповеднике, гербарий ТОВ ТКНС УрО РАН (11518 гербарных образцов) и музейные коллекции ИЭРиЖ УрО РАН (92 гербарных образца). Кроме того, были исследованы литературные данные о встречаемости видов на исследуемой территории. При изучении современной флоры с 2019 по 2022 г. применен маршрутно-экскурсионный метод. Во время пешеходных экскурсий были использованы общепринятые методики геоботанических описаний, составлены списки видов сосудистых растений и собран гербарий. При сравнении флоры использованы методы таксономического, биоморфологического, экологического, географического анализа (Серебряков, 1962; Schroeder, 1969; Папченков, 2001; Матвеев, 2006). При оценке степени синантропизации флоры г. Тобольск применен метод Р.И. Бурды (1991): $X = S_{\text{вид}} / S_{\text{общ}} * 100\%$, где $S_{\text{вид}}$ – число синантропных видов; $S_{\text{общ}}$ – общее число видов во флоре города.

Историческая флора представлена 58 синантропными видами, которые относятся к 44 родам и 19 семействам. Из-за отсутствия целенаправленных исследований городской флоры в прошлом конспект исто-

рической флоры не является полным. Современная флора, отмеченная нами, отличается высоким видовым богатством, включает 236 видов, которые относятся к 159 родам и 43 семействам. В обеих флорах семейство Asteraceae занимает лидирующее положение, в настоящее время число видов сложноцветных увеличилось. Усилилась позиция богатых сорными видами семейств Poaceae, Rosaceae. Положение богатого сорными растениями рода *Chenopodium* не изменилось. В исторической флоре не приводились роды *Potentilla*, *Poa*, *Rumex*, *Typha*, *Persicaria*, *Salix*. В результате оценки полученных данных степень синантропизации флоры составила 4 балла (34,5%) по шкале Бурды. В городской флоре доля синантропных видов не превышает 50%. Синантропные виды растений преобладают в растительном покрове исследуемой территории.

В результате анализа полученных данных можно сделать вывод, что участие синантропных видов и степень синантропизации городской флоры увеличиваются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бурда Р.И.* Антропогенная трансформация флоры. Киев: Наукова думка, 1991. 168 с.
- Матвеев Н.М.* Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной полосы). Самара: Самар. гос. ун-т, 2006. 311 с.
- Папченков В.Г.* Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья: монография. Ярославль. 2001. 214 с.
- Серебряков И.Г.* Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
- Schroeder F.G.* Zur Klassifizierung der Antropochoren // Vegetatio. 1969. Vol. 16. № 5–6. P. 225–238.

DOI: [10.5281/zenodo.10042867](https://doi.org/10.5281/zenodo.10042867)

Находки скунсов (*Carnivora*, *Mephitidae*) из позднего миоцена Тувы, местонахождение Таралык-Чер

И.Ф. Арасланов, А.В. Лавров

Палеонтологический институт РАН, г. Москва

Ключевые слова: *Musteloidea*, *Mephitidae*, *Promephitis*, поздний миоцен

Mephitidae Geoffroy, Cuvier, 1795 (*Carnivora*, *Musteloidea*) – это мелкие хищные животные с выраженной всеядной специализацией. Характерным признаком семейства является сильное развитие эпителимпанального синуса дорсальнее полости среднего уха, который прикрыт височной костью. Зубная формула I3/3; C1/1; P2-3/3; M1/2. Только у *Conepatus* P2 отсутствует.

Современные представители включают североамериканские роды *Mephitis* Geoffroy, Cuvier, 1795, *Spilogale* (Gray, 1865), *Conepatus* Gray, 1837 и *Mydaus* Cuvier, 1821. По данным молекулярных исследований дивергенция *Mephitidae* от ствола *Musteloidea* произошла в раннем олигоцене в Евразии (Sato et al., 2012; Law et al., 2018). Однако их первое появление датируется ранним миоценом (*Miomephitis pilgrimi* Dehm, 1950, MN 3, Западная Германия).

Promephitis являются наиболее широко распространенными *Mephitidae* в неогене Евразии. Первое появление их датируется валлезием (MN 9), поздний миоцен (Petter, 1963; Wang, Qiu, 2004).

Находки *Promephitis* встречаются в местонахождениях позднего миоцена – раннего плиоцена южной половины Евразии от Испании до Восточного Китая. Из 12 описанных видов только 6 признаны валидными согласно последнему обзору (Geraads, Spassov, 2016): *P. larteti* Gaudry, 1862, *P. maeotica* Алексеев, 1915, *P. majori* Pilgrim, 1933, *P. parvus* Wang, Qiu, 2004, *P. qinensis* Wang, Qiu, 2004, *P. maxima* He, Huang, 1991. На основании ряда краниальных признаков *P. hootoni* Şenyürek, 1954 признан младшим синонимом *P. lartetii* (Geraads, Spassov, 2016). Принадлежность *P. pristinidens* (Petter, 1963), *P. brevirostris* (Meladze, 1967) и *P. malustenensis* (Simionescu, 1930) к *Promephitis* сомнительна. Это связано с фрагментарностью находок и пограничным состоянием ряда родовых признаков.

В 2007–2008 гг. экспедицией ПИН РАН были найдены остатки *Promephitis* в отложениях пестроцветных глин верхнего миоцена Тувы (MN 12–13, местонахождение Таралык-Чер; Гимранов, Лавров, 2018). Это самые северные находки *Promephitis* в Азии. *P. hootoni*, *P. qinensis*, *P. parvus* были описаны из китайских местонахождений в провинциях

Шаньси и Гуанчжоу (Wang, Qui, 2004). Эти самые северные китайские находки были сделаны примерно в 1200 км к югу от Тувы. Новый материал позволяет расширить представления о палеогеографии группы. Первым этапом исследований выбран анализ челюстного аппарата и строения базикрания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе были изучены два деформированных черепа найденных в сочленении с неполными нижними челюстями (ПИН 256/304, ПИН 256/767), верхние зубные ряды (P4, M1; № ПИН 256/802, ПИН 256/805, ПИН 256/806), изолированные фрагменты нижних челюстей с зубными рядами (№ ПИН 256/793, № ПИН 256/794, № ПИН 256/795, № ПИН 256/796, № ПИН 256/797) изолированные зубы (№ ПИН 256/798, № ПИН 256/799, № ПИН 256/800, № ПИН 256/801, № ПИН 256/803, № ПИН 256/804, № ПИН 256/807, № ПИН 256/808).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Описываемый краниальный материал из Тувы был определен как *P. hootoni*. Это сделано на основании четких краниальных и одонтологических признаков (Şenyürek, 1954; Wang, Qui, 2004): передний край вырезки хоан находится на уровне заднего края M1; P4 длинный и массивный, на M1 сильно развиты парастиль и антеролингвальный цингулюм; сильное дистальное расширение гипокона M1 образует глубокую выемку между ним и метаконом; передний край венечного отростка нижней челюсти отклонен на 60–70° от линии нижнего щечного зубного ряда; энтоконид m1 не массивен.

Синонимия *P. hootoni* и *P. lartetii* (Geraads, Spassov, 2016) сомнительна. Самостоятельность *P. hootoni* подтверждается более передним положением вырезки хоан, а также особенностями строения M1: наличием развитого парастиля, антеролингвального цингулюма и более расширенным назад выступом гипокона.

Исследование показало, что используемые видовые таксономические признаки требуют анализа, частичного пересмотра и дополнений. Диапазон изменчивости ряда морфометрических признаков оказался шире ожидаемых (Wang, Qui, 2004). В размерах и пропорциях P4, p4, M1, m1 было обнаружено сходство с *P. parvus*, *P. qimensis* (рис. 1, 2). Степень развития антеролингвального цингулюма M1 у *P. hootoni* обнаруживает сходство с таковыми у *P. parvus*. Гребнеобразная структура окклюзиальной поверхности лабиального цингулюма M1 интерпретируется нами как стилиярная полка. Функционально она соответствует таковой у насекомых (Talpidae Fischer, 1814; Kondo et al., 1998), Deltatheridia Van Valen, 1967, арачихных Carnivora и креодонтов (см.

Van Valen, 1967). У *P. hootoni* из Таралык-Чер наблюдается изменчивость в степени развития стилиарной полки. Степень ее лабиального расширения сходна с *P. parvus*. На одном из восьми изученных m1 (обр. № ПИН 256/793) был обнаружен бугорчатый лабиальный цингулид талонида. Этот признак также наблюдается у *P. maeotica* (Pilgrim, 1933) и *P. hootoni* (UADP Ку. Р. 1, голотип). Установлена стабильность этого признака у *P. maeotica* (отмечен у всех 3 исследованных экземпляров m1 из типовой коллекции сборов А.К. Алексеева). Эти структуры m1 ранее не были отмечены у *P. hootoni* (Şenyürek, 1954; de Bonis, 2005; Wang, Qiu, 2004).

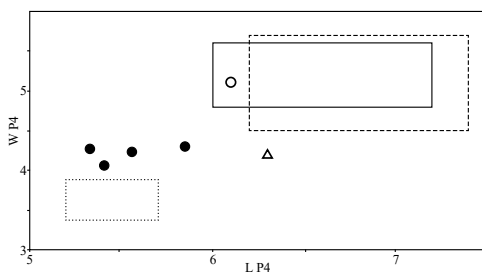


Рисунок 1. Промеры P4 *Protomphitis* позднего миоцена Азии: Δ – *P. qinensis*, пров. Шэньси (Wang, Qiu, 2004); \circ – голотип *P. hootoni*, Кючюккёйозгат (UADP Ку. Р. 1, Şenyürek, 1954); \bullet – *P. hootoni*, Таралык-Чер, Россия; пунктирная линия с чертой – диапазон изменчивости *P. hootoni*, пров. Ганьсу, Китай (по Wang, Qiu, 2004); прямая линия – диапазон изменчивости *P. hootoni*, пров. Шэньси, Китай (по Wang, Qiu, 2004); пунктирная линия с точкой – диапазон изменчивости *P. parvus* (по Wang, Qiu, 2004).

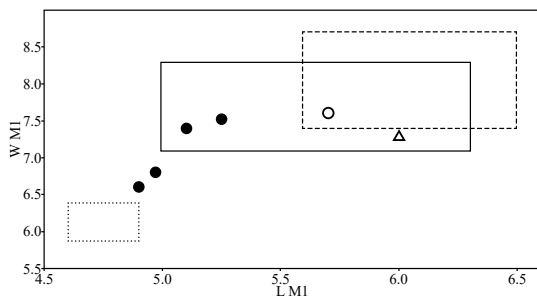


Рисунок 2. Промеры M1 *Protomphitis* позднего миоцена Азии: Δ – *P. qinensis*, пров. Шэньси (Wang, Qiu, 2004); \circ – голотип *P. hootoni*, Кючюккёйозгат (UADP Ку. Р. 1, Şenyürek, 1954); \bullet – *P. hootoni*, Таралык-Чер, Россия; пунктирная линия с чертой – диапазон изменчивости *P. hootoni*, пров. Ганьсу, Китай (по Wang, Qiu, 2004); прямая линия – диапазон изменчивости *P. hootoni*, пров. Шэньси, Китай (по Wang, Qiu, 2004); пунктирная линия с точкой – диапазон изменчивости *P. parvus* (по Wang, Qiu, 2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Находки Mephitidae из верхнемиоценовых отложений местонахождения Таралык-Чер представлены одним видом *P. hootoni*. Морфометрические показатели P4 и M1 не соответствуют полю значений этих зубов у *P. hootoni* из Китая. Однако сходство морфологии зубов из местонахождений Турции, Китая и Тувы указывает на принадлежность их к одному виду. Мелкие размеры зубов *P. hootoni* из Тувы являются отражением внутривидовой изменчивости.

Изучение строения зубов показало, что ряд таксономически важных признаков обладает существенной изменчивостью. Требуются дополнительные исследования одонтологических признаков представителей рода и анализ устойчивости традиционно используемых для таксономии признаков. Это создаст необходимый базис для ревизии рода.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Гимранову Д.О. (ИЭРиЖ УрО РАН), Сотниковой М.В. (ГИН РАН) за предоставленный материал и консультации, сотрудникам НИИ ЗМУ Лебедеву В.С., Крускопу С.В., Лисовскому А.А., Литвину В.Е. за помощь в работе. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФ, проект № 22-14-00214.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А.К. Фауна позвоночных д. Ново-Елизаветовка. Одесса: Техникъ. 1915. 453 с.
- Гимранов Д.О., Лавров А.В. Новые находки *Promephitis* (Mephitidae, Carnivora) из верхнего миоцена Сибири (Таралык-Чер, Тыва) // Фундаментальная и прикладная палеонтология. Матер. LXIV сессии Палеонтологического об-ва. Спб.: ВСЕГЕИ, 2018. С. 187–188.
- de Bonis L. Carnivora (Mammalia) from the late Miocene of Akkasdag, Turkey // Geodiversitas. 2005. Vol. 27. P. 567–589.
- Geraads D., Spassov N. Musteloid carnivores from the upper Miocene of South-Western Bulgaria, and the phylogeny of the Mephitidae // Geodiversitas. 2016. Vol. 38. № 4. P. 543–558.
- Kondo S., Hanamura H., Natori M., Wakatsuki E. Crown structure of the maxillary molars in the Japanese shrew mole, *Urotrichus talpoides* (Insectivora, Talpidae) // Okajimas folia anatomica japonica. 1998. Vol. 74. № 6. P. 237–242.
- Law C.J., Slater G.J., Mehta R.S. 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.

- Petter G.* Mustélidés nouveaux du Vallésien de Catalogne // Annales de Paléontologie. 1967. Vol. 53. P. 93–113.
- Pilgrim G.E.* A fossil skunk from Samos // American Museum Novitates. 1933. Vol. 663. P. 1–15.
- Sato J.J., Wolsan M., Prevosti F.J. et al.* Evolutionary and biogeographic history of weasel-like carnivorans (Musteloidea) // Molecular Phylogenetics and evolution. 2012. Vol. 63. № 3. P. 745–757.
- Şenyürek M.S.* A study of a skull of *Promephitis* from the Pontian of Küçükyozgat // Belleten Türk Tarih Kurumu. 1954. Vol. 18. № 71. P. 279–315.
- Van Valen L.M.* New Paleocene insectivores and insectivore classification // Bulletin of the AMNH. 1967. Vol. 135. № 5. P. 217–284.
- Wang X., Qiu Z.X.* Late Miocene *Promephitis* (Carnivora, Mephitidae) from China // Journal of Vertebrate Paleontology. 2004. Vol. 24. № 3. P. 721–731.
- Werdelin L.* Carnivores, exclusive of Hyaenidae, of the later Miocene of Europe and Western Asia // The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas. New York: Columbia University Press, 1996. P. 271–289.

DOI: [10.5281/zenodo.10042879](https://doi.org/10.5281/zenodo.10042879)

Разница влияния инвазивного *Aporrectodea caliginosa* и аборигенного *Eisenia nordenskioldi pallida* на катионный состав почвы

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

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Ключевые слова: дождевые черви, почвенные макроэлементы, инвазии, полевые мезокосмы, Западная Сибирь

Внедрение инвазивных видов дождевых червей может влиять на перераспределение и доступность питательных веществ (Ca, K, Mg, Na, NH_4^+) в почве для растений (Ferlian et al., 2020). Особо сильное влияние могут оказывать собственно-почвенные виды, так как в процессе жизнедеятельности они пропускают через себя и трансформируют большое количество почвы (Curry, Schmidt, 2007). Одним из самых распространённых собственно-почвенных видов дождевых червей на юге Западной Сибири является *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826). На момент публикации кадастра дождевых червей России (Всеволодова-Перель, 1997), в Западной Сибири этот вид обитал преимущественно в окрестностях населённых пунктов в окультуренных почвах. В настоящее время вид широко распространился в естественных местообитаниях (Голованова и др., 2020). Аборигенным собственно-почвенным видом для территории Западной Сибири является *Eisenia nordenskioldi pallida* (Malevic, 1956), чье влияние на характеристики почвы изучено мало (Всеволодова-Перель, 1997; Всеволодова-Перель, Лейрих, 2014).

Цель работы – исследование влияния нативного *E. n. pallida* и инвазивного *A. caliginosa*, а также их совместного обитания на изменение доступности катионов NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Mg_2^+ , Ca_2^+ в почве. **Задачи:**

1. Определить содержание доступных катионов в послойно отобранных образцах почв;
2. Оценить различия во влиянии аборигенных и нативных видов, а также их совместного обитания, на доступность катионов.

Эксперимент в полевых почвенных мезокосмах был проведён в вегетационный период 2022 года (90 суток). В модельные установки помещали дождевых червей по видам и их комбинации, всего по 6 половозрелых особей в каждый мезокосм. Также закладывали контрольные мезокосмы (без червей). Каждый вариант эксперимента был воспроизведён в пяти повторностях – всего 20 мезокосмов. По окончании экспозиции, установки выкапывали и разбирали послойно. Для анали-

за были отобраны образцы из верхних 40 см почвы с шагом 5 и 10 см. Количественный состав водорастворимых форм катионов в образцах почв был определён с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-104Т» (Люмэкс, Россия) в соответствии с методикой ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.74–2012.

Нормальность данных была оценена с помощью теста Шапиро-Уилка в программном пакете Statistica 13.0. Для получения общих моделей дисперсии использовали метод главных компонент (РСА) (программный пакет R, библиотека “FactoMinerR”). Влияние видов дождевых червей на катионный состав почв оценивали с помощью двух- и однофакторного ANOVA с последующим использованием попарного критерия Тьюки (Tukey HSD test) в программном пакете Statistica 13.0 для выявления разницы между влиянием видов.

Установлены различия во влиянии аборигенного и инвазивного видов, а также их взаимодействия на содержание рассмотренных катионов. В верхних пяти сантиметрах почвы в вариантах с аборигенным *E. n. pallida* доступность магния и кальция значительно снизилась, в отличие от вариантов с *A. caliginosa*. При взаимодействии видов содержание доступных калия и кальция снизилось значительно, чем в монокультурах. В слоях 5–10 и 10–15 см выросло содержание ионов калия в вариантах с инвазивным *A. caliginosa*. Также в слое 5–10 в этих же вариантах выросло содержание ионов кальция. В слое 15–20 см оба вида значительно снижали содержание ионов натрия, но при совместном обитании разница с контролем отсутствует. Наконец, в слое 30–40 см значительно увеличивается доступность ионов натрия при взаимодействии видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ (№ 22-14-20034).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Всеволодова-Перель Т.С. Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. Москва: Наука, 1997. 102 с.
- Всеволодова-Перель Т.С., Лейрх А.Н. Распространение и экология дождевого червя *Eisenia nordenskioldi pallida* (Oligochaeta, Lumbricidae), массового на юге Сибири и Дальнего Востока // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 1. С. 45–52.
- Голованова Е.В., Князев С.Ю., Бабий К.А., Цвирко Е.И. Распространение чужеродного вида дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* в естественных местообитаниях Омской области // Познание и деятельность: от прошлого к настоящему: Сб. науч. тр. конф. Омск: Изд-во Омск. гос. пед. ун-та, 2020. С. 299–302.

-
- Curry J.P., Schmidt O.* The feeding ecology of earthworms – a review // *Pedobiologia*. 2007. Vol. 50. P. 463–477.
- 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.

DOI: [10.5281/zenodo.10042900](https://doi.org/10.5281/zenodo.10042900)

Оценка запаса промысловых рыб нижнего района Воткинского водохранилища

Е.А. Байдина¹, В.Н. Житлухина², А.Г. Мельникова²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

²Пермский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПермНИРО»), г. Пермь

Ключевые слова: ихтиоценоз, мониторинг, биоресурсы, Воткинское водохранилище

Водохранилища – особые водные экосистемы, в формировании которых главное значение имеют антропогенные факторы. В настоящее время установлены основные закономерности становления биологического режима большинства равнинных водохранилищ. Мониторинг состояния водных биоресурсов является важным аспектом для подготовки материалов по определению возможного вылова или для оценки состояния популяций рыб в водоеме. Воткинское водохранилище – это второе по величине водохранилище в Камском бассейне, оно относится к водным объектам рыбохозяйственного значения высшей категории.

Водохранилища в своем развитии проходят ряд стадий, при которых происходит смена реофильного состава гидробионтов на лимнофильный. Для Воткинского водохранилища в конце девяностых годов прошлого века констатировали подобный переход с относительной стабилизацией рыбного населения (Костицын, 1994). Однако, чаще ситуация характеризуется колебаниями биологических показателей популяций рыб, которые чаще можно связать с возрастающей антропогенной нагрузкой, кумуляцией загрязнителей в водохранилищах (Терещенко и др., 2006).

Цель работы – оценка состояния ихтиоценоза нижнего района Воткинского водохранилища в период нереста. Для этого были сформулированы следующие **задачи**:

1. Выявить видовой состав и размерно-весовую характеристику выловленных рыб;
2. Изучить данные за последние 10 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал был собран в нерестовый период 2022 года в нижнем районе Воткинского водохранилища в русловой зоне и в заливах рек Еловка и Видуловка между которыми расположено с. Елово (рис. 1). У рыб определяли видовую принадлежность (Зиновьев и др., 2004), половой

состав и размерно-весовые характеристики. Данные с 2012 по 2022 год получены при ежегодных мониторинговых исследованиях состояния промысловых стад рыб сотрудниками Пермского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Для учетов использовали ставные сети 7 размерных классов. Получен 2891 экземпляр. В улове присутствовали представители 16 видов. Наиболее многочисленный вид – лещ (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) (1890 экз., что составляет 60% общей выборки). Популяции стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) Верхней и Средней Камы включены в Красную книгу РФ с I категорией редкости, в связи с этим пойманная рыба аккуратно была извлечена из сети, промерена на месте и с минимальными повреждениями отпущена обратно в водоем.



Рисунок 1. Карта места лова в нерестовый период 2022 года.

Область № 1 – сети выставляли перпендикулярно береговой линии, размер ячеи 55–60–65; область № 2 – сети выставляли вдоль береговой линии (параллельно), размер ячеи 40–45–50; область № 3 – сети выставляли параллельно береговой линии, размер ячеи 35–40–45–50. Заливы рек указаны стрелками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современная икhtiофауна Воткинского водохранилища, по результатам исследований работников Пермского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПермНИРО») за 1976–2019 гг. и литературным данным (Китаев и др., 1988; Зиновьев и др., 2004), представлена 40 видами рыб, относящимися к 13 семействам. За нерестовый период 2022 года было выловлено 16 видов (рис. 2). Для объектов промысла используются сети с ячейей определенных размеров и селективность лова обусловлена задачами работы. В категорию «Прочие» были объединены виды рыб, ко-

торые составили менее 1% от общего вылова, а именно: синец (*Abramis ballerus* Linnaeus, 1758); стерлядь; ерш обыкновенный (*Gymnocephalus cernua* Linnaeus, 1758); налим (*Lota lota* Linnaeus, 1758); голавль обыкновенный (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758); окунь речной (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758); красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758); сом обыкновенный (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758); язь обыкновенный (*Leuciscus idus* Linnaeus, 1758).

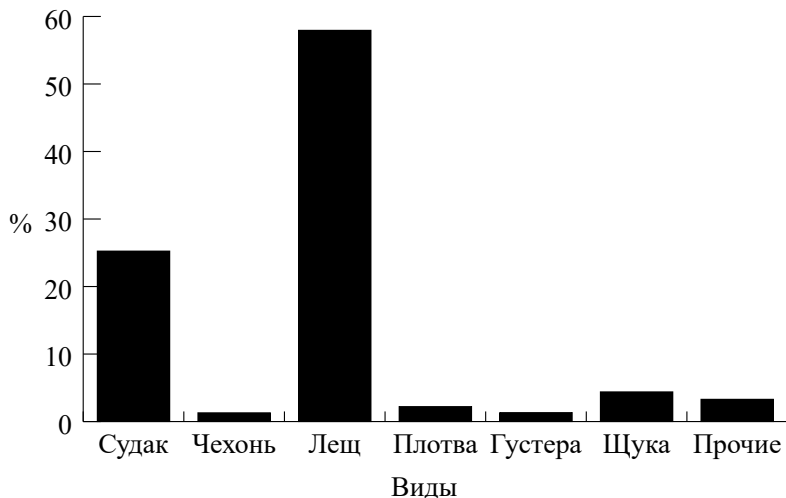


Рисунок 2. Биомасса разных видов рыб в уловах 2022 года из Воткинского водохранилища (в %).

Данные за последние 10 лет показывают, что общий и промысловый запас таких основных видов, как лещ и судак (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), в целом, стабилен (рис. 3–4). В 2012 году снижение общего запаса могло быть связано с невысоким пополнением соответствующего года по причине неблагоприятных погодных условий или нестабильной работы ГЭС, ранней сработки уровня воды, что в соответствующие годы могло привести к ухудшению условий нереста. Данная ситуация не раз была отмечена в Воткинском водохранилище (Костицын, 1994). Для расчета общего запаса использовали методические рекомендации по контролю за состоянием рыбных запасов и оценке численности рыб на основе биостатистических данных (Малкин, Борисов, 2000), для промыслового запаса – методические рекомендации по использованию кадастровой информации для разработки прогноза уловов рыбы во внутренних водоемах (Буханевич и др., 1990).

По данным учетов промысловый улов с 2012 по 2020 год леща снижается, у судака остается стабильным (рис. 5). Также значительную

часть в промысловом улове составляет щука обыкновенная (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) (показатель увеличивается) и сом пресноводный (показатель стабилен).

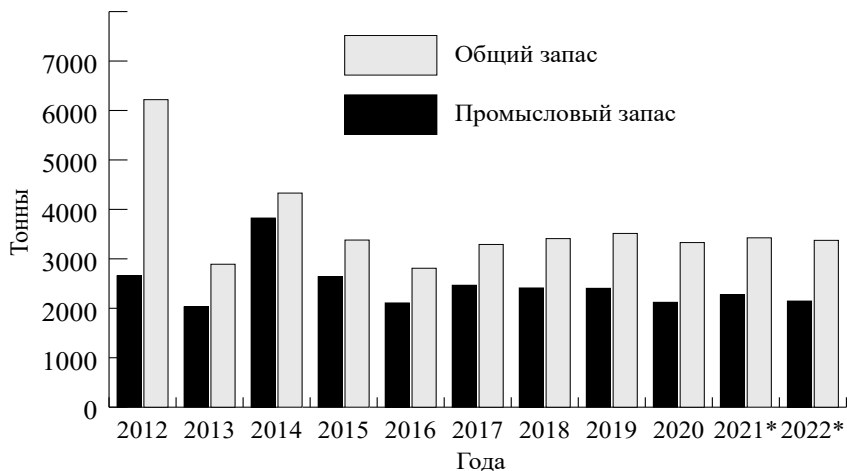


Рисунок 3. Общий и промысловый запас леща в Воткинском водохранилище за последние 10 лет.

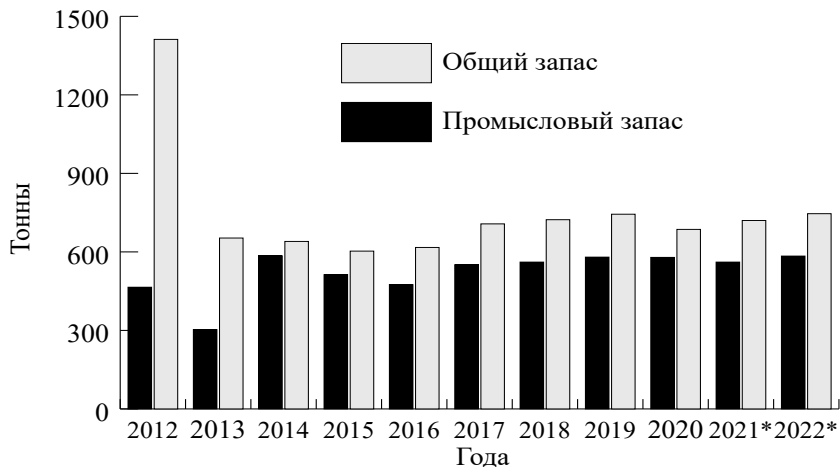


Рисунок 4. Общий и промысловый запас судака в Воткинском водохранилище за последние 10 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проведенного исследования можно заключить, что за последнее время в пределах исследуемой акватории наблюдается незначительное уменьшение промысловых уловов леща и относительно

небольшое увеличение вылова щуки, при этом общий и промысловый запас видов, доминирующих в ихтиоценозе Воткинского водохранилища, остаётся стабильным. Таким образом, при существующей эксплуатации промыслового стада, запас основных видов рыб в Воткинском водохранилище остаётся в пределах нормы, ихтиоценоз водохранилища стабилен и запас для промышленного и любительского рыболовства не находится под угрозой.

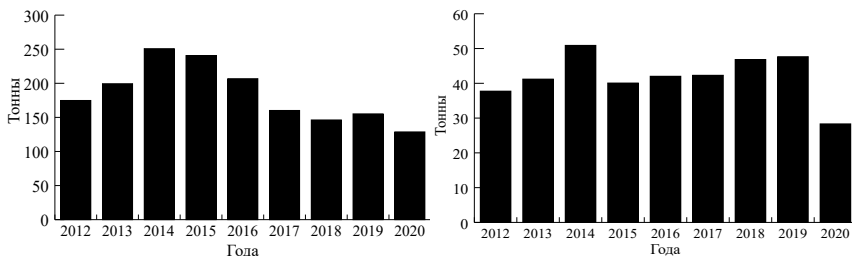


Рисунок 5. Динамика промысловых уловов леща (слева) и судака (справа) с 2012 по 2020 год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буханевич И.Б., Блинов В.В., Матушанский М.В. и др.* Методические рекомендации по использованию кадастровой информации для разработки прогноза уловов рыбы во внутренних водоемах (ч. 1, основные алгоритмы и примеры расчетов). Москва: ВНИРО, 1990. 55 с.
- Зиновьев Е.А., Мандрица С.А., Бакланов М.А.* Определитель рыб бассейна Средней Камы: методическое пособие для учебной практики. Пермь, 2004. 31 с.
- Китаев А.Б., Матарзин Ю.М., Сорокина Н.Б. и др.* Биология Воткинского водохранилища. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1988. 184 с.
- Костицын В.Г.* Динамика популяционных параметров леща камских водохранилищ. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб., 1994. 22 с.
- Малкин К.М., Борисов В.М.* Методические рекомендации по контролю за состоянием рыбных запасов и оценке численности рыб на основе биостатистических данных. Москва: ВНИРО, 2000. 36 с.
- Терещенко В.Г., Кузнецов В.А., Козловский С.В., Шакирова Ф.М.* Оценка состояния экосистем внутренних водоемов на основе анализа структурного фазового портрета рыбной части сообщества // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2006. Т. 148. № 1. С. 35–44.

Изучение способности амфипод озера Байкал к поглощению и выведению частиц микропластика

С.А. Бирицкая, М.А. Масленникова, Я.К. Ермолаева,
В.А. Пушница, Л.Б. Бухаева, Д.И. Голубец,
А.В. Лавникова, И.В. Миловидова, В.Д. Шихова,
Н.А. Кульбачная, О.А. Садыкова, Д.Ю. Карнаухов

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: микропластик, эндемичные амфиподы, озеро Байкал

Микропластик – это частицы пластика размером до 5 мм. На данный момент проблема загрязнения экосистем частицами микропластика приняла огромный масштаб – микропластик уже обнаружен в воде, воздухе и почве на всех континентах земного шара (Mason et al., 2016). Отдельного внимания требует вопрос влияния частиц микропластика на живые организмы. Озеро Байкал – уникальный по многим параметрам природный объект, однако он подвергается высокой антропогенной нагрузке. С 2015 года на Байкале проводятся исследования загрязнения поверхностных вод микропластиком, но распределению микропластика в толще воды и накоплению микропластика в донных отложениях не уделяется внимания (Meyer et al., 2022). Также остается неизученным вопрос влияния микропластика на байкальских гидробионтов, существенную часть которых составляют эндемики (Русинек и др., 2012). **Цель исследования** – изучить процессы поглощения и выведения частиц микропластика с разной морфологической структурой двумя эндемичными видами амфипод озера Байкал – *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858) и *Eulimnogammarus vittatus* (Dybowsky, 1874) (Тахтеев, Дидоренко, 2015).

Проведен лабораторный эксперимент с участием 72 амфипод каждого вида, разделенных на две группы для экспериментов с флуоресцентными фрагментами полистирола и флуоресцентными волокнами полиэстера. Для амфипод была приготовлена специальная смесь из пищи (0.5 г), желатина (1 г) и микропластика (5 мг), которой амфипод кормили один раз. После кормления амфипод вода заменялась на чистую, и далее через 6, 12, 24, 48, 72, 96 часов после начала эксперимента из аквариумов отбирали по три амфиподы и усыпляли. Амфиподы, получившие пищу с фрагментами, и амфиподы из эксперимента с волокнами, учитывались отдельно. Эксперимент проводился в течение 96 часов при соблюдении естественного светового режима

и температуры. В результате эксперимента было получено 144 временных препарата пищеварительного тракта амфипод.

Фрагменты, поглощенные амфиподами *E. vittatus* и *E. verrucosus* в ходе эксперимента, в максимальном количестве были найдены в пищеварительном тракте после воздействия 6 ч. По мере длительности эксперимента количество микропластика в пищеварительном тракте уменьшалось, а по истечении 96 часов фрагменты микропластика были обнаружены только 1 раз.

В эксперименте с поглощением волокон микропластика, видом *E. vittatus* ни один из полученных препаратов ЖКТ не содержал волокон. В эксперименте с поглощением волокон микропластика видом *E. verrucosus* только 2 из 30 животных содержали волокна после 6 ч и 48 ч воздействия. По истечении 72 ч ни одно из животных не содержало волокон микропластика.

Предположительно, ключевую роль в поглощении частиц микропластика может играть размер амфипод, а также размер используемого в экспериментах микропластика. Размеры частиц, которые обычно используются в экспериментах, могут быть слишком крупными для исследуемых организмов, поэтому в дальнейшем стоит обратить внимание на использование микропластика меньших размеров – 50 мкм и меньше.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке проекта Минобрнауки РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Русинек О.Т. и др.* Байкаловедение. Кн. 2. Новосибирск: Наука, 2012. 664 с.
- Тахтеев В.В., Дидоренко С.И.* Фауна и экология бокоплавов озера Байкал: учебное пособие. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 115 с.
- Mason S.A., Garneau D., Sutton R. et al.* Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent // *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 218. P. 1045–1054.
- Meyer M.F., Ozersky T., Woo K.H. et al.* A unified dataset of colocated sewage pollution, periphyton, and benthic macroinvertebrate community and food web structure from Lake Baikal (Siberia) // *Limnology and Oceanography Letters*. 2022. Vol. 7. P. 62–79.

DOI: [10.5281/zenodo.10042915](https://doi.org/10.5281/zenodo.10042915)

Исследование морфометрических и цитогенетических особенностей популяций *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) и *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), совместно обитающих в заморном водоеме Свердловской области

М.И. Битнер, Н.В. Смолина

Государственный университет Северного Зауралья, г. Тюмень

Ключевые слова: серебряный карась, золотой карась, морфология, цитология, диплоиды, триплоиды, межвидовые гибриды

Актуальность исследования сформированна несколькими научно-практическими проблемами. В свете изменения климатических условий в сторону повышения среднегодовой температуры на территории Западно-Сибирской низменности происходит изменение соотношения численности сиговых и карповых видов в Обь-Иртышском бассейне (повышение количества карповых и сокращения численности сиговых) (Матковский, 2019). *Carassius auratus complex* (серебряный карась) с 2018 года занесен в перечень «Самые опасные инвазионные виды России (Топ 100)» (Дгебуадзе, 2018). Также существует необходимость в проведении исследований для полноты понимания биологических процессов, вызвавших повышение численности серебряного карася и снижение (исчезновение) количества популяций золотого карася на территории Западной Сибири (Вехов, 2013). Вероятно, это может быть связано с трансгрессией генов и активной гибридизацией серебряного карася с другими карповыми видами (в частности с золотым карасем) за счет особенностей размножения гиногенетическим и половым способами (Поспелова, Смолина, 2021; Павлов, 2022). Дополнительной сложностью изучения вида является идентификация серебряного карася по разному уровню пloidности (Янкова, 2006). Также существует дискуссионность в вопросах видоформирования серебряного карася как одного вида или нескольких экологических форм (амурской, сибирской, европейской и др.) (Горюнова и др., 2017; Дгебуадзе, 2018; Побединцева, 2022).

Цель исследования – изучение морфологических и цитогенетических особенностей популяций золотого карася *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) и серебряного карася *Carassius gibelio* (Bloch, 1782), совместно обитающих в заморном водоеме на территории Свердловской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Место проведения исследования – оз. Среднее, расположенное на территории Свердловской области в Слободо-Туринском районе на расстоянии 5.5 км от с. Туринская Слобода. Географические координаты оз. Среднее: 57°38'15.9" N. 64°28'50.9" E. Общая площадь водного зеркала составляет 1.07 км². Средняя глубина водной толщи до донных отложений – 1.25 м. Водоем с илистым дном заморного типа. Гидрохимический анализ воды оз. Среднее проводился на базе испытательной лаборатории при Тюменском филиале ВНИРО «Госрыбцентр».

Общий размер исследованных выборок ихтиологического материала составил: золотой карась – 100 экз., серебряный карась – 100 экз. Вылов осуществляли закидным неводом (ячея 28 мм, длина 50 м). Сбор материала проходил в летний период 2018 года.

Биометрический анализ проведен классическим ихтиологическим способом (Правдин, 1966). Из пластических признаков штангенциркулем с точностью до 0.1 мм измерены 24 параметра (табл. 1). Также проанализированы 11 меристических признаков (табл. 2).

Цитогенетический анализ проведен микроскопическим способом. Измерение площади ядер проводилось в лицензионной версии программы LevenhukLite. Разделение особей по площади ядер эритроцитов (ПЯЭ) проводилось на основании размерности: в группу диплоидов были включены особи, у которых средняя величина ПЯЭ была менее 62.0 мкм², а к триплоидам – особей с размерами ПЯЭ более 67.1 мкм² (Янкова, 2006). Достоверность различий полученных результатов длины, массы и пластических признаков, имеющих распределение близкое к нормальному, оценивали по Критерию Стьюдента (Tst), а счётных – с помощью непараметрического критерия Уилкоксона или Манна-Уитни (TU) (Лакин, 1990). Математический анализ проведен с использованием пакета программы MS Excel 2010 с применением стандартных статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, классификация воды по химическому составу в оз. Среднем следующая: класс гидрокарбонатный, группа натриевая, I-го типа (маломинерализованная). Обнаружено превышение ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения по нескольким показателям: БПК 5, растворенный кислород, фосфат-ион, азот-аммонийный, общее железо. Это объясняется повышенным содержанием органических веществ в воде в летний вегетационный период.

Во время проведения исследований наблюдалась эвтрофикация по всей площади озера, зафиксировано интенсивное размножение сине-зеленой водоросли *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) в монокультуре.

Промысловая длина особей серебряного карася в выборках варьировала от 8.2 до 15.4 см, средняя по выборке составила 11.6 ± 0.1 см (табл. 1). Аналогично у золотого карася: от 10.1 до 15.2 см и 12.5 ± 0.1 см. Средняя масса для популяции серебряного карася составляла 47.7 ± 1.5 г, золотого – 47.3 ± 1.8 г. В целом, при практически одинаковой массе с золотым карасем, серебряный карась имеет меньшую длину, так как его максимальная высота тела существенно больше – 38.4% против 32.2% (различия высоко достоверны).

Таблица 1. Результаты сравнения пластических характеристик популяций серебряного и золотого карасей из оз. Среднее

Признак	Серебряный карась (100 экз.)					Золотой карась (100 экз.)					Tst
	min	max	Xcp	mXcp	CV	min	max	Xcp	mXcp	CV	
<i>l</i> . см	8.2	15.4	11.6	0.1	9.1	10.1	15.2	12.50	0.1	11.2	5.37***
<i>m</i> . г	20.0	150.0	47.7	1.5	32.5	22.0	84.0	47.3	1.8	38.7	0.15
<i>r</i> . % <i>om C</i>	18.5	28.6	24.0	0.2	9.1	19.2	33.3	24.8	0.3	10.6	2.22*
<i>o</i> . % <i>om C</i>	18.5	28.6	23.5	0.2	7.8	18.2	26.9	22.1	0.2	7.9	5.16***
<i>po</i> . % <i>om C</i>	37.9	82.8	52.4	0.4	8.0	44.4	60.0	52.7	0.3	6.4	0.56
<i>hC</i> . % <i>om C</i>	17.2	100.0	86.9	0.9	10.1	80.8	106.9	89.4	0.4	4.8	2.58*
<i>io</i> . % <i>om C</i>	36.0	51.9	41.8	0.3	7.4	32.1	44.4	37.7	0.2	5.4	10.95***
<i>tt</i> . % <i>om C</i>	50.0	75.9	63.2	0.6	10.0	67.7	107.4	80.7	0.6	7.8	19.59***
<i>C</i> . % <i>om l</i>	22.2	29.3	25.9	0.1	5.1	21.3	24.8	23.0	0.1	3.0	19.51***
<i>H</i> . % <i>om l</i>	31.9	45.6	38.4	0.3	6.9	28.4	35.4	32.2	0.1	4.6	20.51***
<i>h</i> . % <i>om l</i>	11.7	16.5	13.8	0.1	7.2	9.8	15.7	12.1	0.1	7.1	12.39***
<i>aD</i> . % <i>om l</i>	25.2	55.3	48.5	0.4	7.7	41.3	50.0	47.0	0.2	3.3	3.86***
<i>pD</i> . % <i>om l</i>	15.6	26.1	19.4	0.2	9.1	14.4	29.6	22.2	0.2	8.7	10.72***
<i>pl</i> . % <i>om l</i>	11.9	19.4	15.7	0.1	8.7	13.0	22.6	16.1	0.1	8.8	2.31*
<i>aP</i> . % <i>om l</i>	23.8	33.3	27.4	0.2	7.0	23.5	27.7	25.5	0.1	3.3	9.43***
<i>aV</i> . % <i>om l</i>	31.7	51.2	43.8	0.3	7.3	30.0	37.5	34.1	0.2	4.9	26.76***
<i>aA</i> . % <i>om l</i>	48.3	83.2	72.0	0.5	7.0	68.4	92.4	81.1	0.4	4.8	14.42***
<i>lD</i> . % <i>om l</i>	25.6	42.1	33.9	0.3	7.7	24.5	32.0	29.2	0.2	5.9	15.16***
<i>hD</i> . % <i>om l</i>	15.1	25.2	18.4	0.2	8.9	9.4	17.8	13.9	0.1	8.2	22.50***
<i>lA</i> . % <i>om l</i>	7.4	16.8	10.6	0.1	12.4	6.7	12.0	9.0	0.1	11.7	9.67***
<i>hA</i> . % <i>om l</i>	7.9	18.3	14.0	0.2	17.4	9.4	15.1	11.7	0.1	10.3	8.38***
<i>lP</i> . % <i>om l</i>	14.5	20.7	17.3	0.1	7.2	12.8	19.7	16.2	0.2	9.6	5.43***
<i>lV</i> . % <i>om l</i>	15.9	25.5	20.1	0.2	8.2	15.9	22.9	18.4	0.1	7.8	7.52***
<i>PV</i> . % <i>om l</i>	15.8	22.9	19.1	0.1	7.5	19.5	26.1	22.7	0.1	6.4	17.89***
<i>VA</i> . % <i>om l</i>	23.6	45.5	29.6	0.3	9.4	23.3	32.4	27.6	0.2	6.4	6.01***
<i>tt</i> . % <i>om l</i>	12.5	19.8	16.4	0.2	10.7	15.2	25.2	18.6	0.1	8.0	9.53***

Примечания: * – различия достоверны на 1-ом уровне значимости ($p \leq 0.05$);

** – различия достоверны на 2-ом уровне значимости ($p \leq 0.01$);

*** – различия достоверны на 3-м уровне значимости ($p \leq 0.001$) (Лакин, 1990).

Из 24 пластических индексов при наличии существенного совпадения показателей у отдельных особей средневыборочные величины 20 признаков или 96% у серебряного и золотого карасей достоверно различались (табл. 1). При сравнении меристических признаков, обнаружены достоверные различия у пяти показателей (45%) (табл. 2). При этом анализ вариационных рядов выявил существенное перекрытие почти у всех счетных морфологических элементов, за исключением Sp.br.

Таблица 2. Результаты сравнения меристических характеристик популяций серебряного и золотого карасей из оз. Среднее

Признак	Серебряный карась (100 экз.)					Золотой карась (100 экз.)					Tst
	min	max	Xcp	mXcp	CV	min	max	Xcp	mXcp	CV	
Sp.br.	38	58	44.80	0.48	10.6	22	32	27.13	0.18	6.5	0.000***
l.l.общ.	30	35	32.29	0.10	3.0	34	39	35.86	0.11	3.2	2.000
ll.	29	33	31.01	0.10	3.2	12	33	24.83	0.43	17.3	0.000***
ll.nad	5	6	5.23	0.04	8.1	5	7	5.84	0.04	6.8	2.000
ll.nod	5	6	5.53	0.05	9.1	5	7	5.95	0.03	5.0	2.000
Dк	4	5	4.32	0.05	10.9	4	4	4.00	0.00	0.0	0.268
Dв	16	20	18.37	0.09	4.9	16	19	17.53	0.07	4.1	0.001***
Ак	3	4	3.14	0.04	12.0	3	3	3.00	0.00	0.0	1.940
Ав	6	6	6.00	0.00	0.0	6	8	6.75	0.05	6.8	2.000
Рв	16	21	18.09	0.12	6.7	12	17	14.66	0.09	6.1	0.000***
Vв	10	11	10.13	0.03	3.3	8	11	9.76	0.05	5.1	0.047*

Примечания: * – различия достоверны на 1-ом уровне значимости ($p \leq 0.05$); ** – различия достоверны на 2-ом уровне значимости ($p \leq 0.01$); *** – различия достоверны на 3-м уровне значимости ($p \leq 0.001$) (Лакин, 1990).

Таким образом, явные межвидовые отличия серебряного и золотого карасей заключаются в числе тычинок на первой жаберной дуге, в количестве лучей в грудном плавниках, а также в размахе варьирования числа прободенных чешуй, что соответствует литературным данным (Вехов, 2013; Горюнова, и др., 2017; Павлов, 2022).

Сравнение цитологических характеристик – площади ядер эритроцитов – популяций карасей представлены в виде графика (рис.).

Группировка выполнена методом арифметического округления ПЯЭ – в группу «50» попадают рыбы с значениями от 49.55 до 50.49 $\mu\text{м}^2$ включительно. У серебряного карася выявлены две формы: диплоидная (70 экз.) и триплоидная (30 экз.), размеры ядер которых варьировали у диплоидов от 44.6 до 62.85 $\mu\text{м}^2$, у триплоидов – от 63.24 до 79.75 $\mu\text{м}^2$. Размеры ядер эритроцитов у золотого карася варьировали от 36.92 $\mu\text{м}^2$ до 54.04 $\mu\text{м}^2$. По полученным данным вся выборка золотого карася представлена диплоидами.

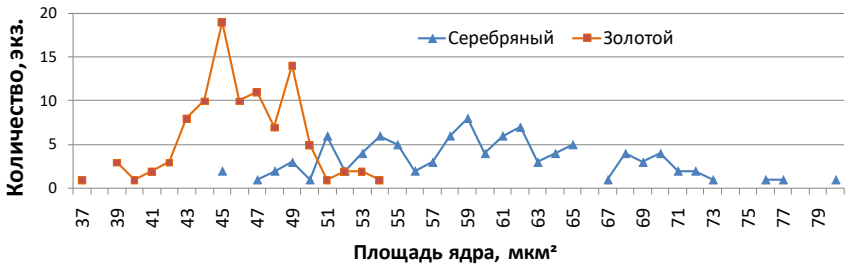


Рисунок. Распределение диплоидов и триплоидов в популяциях золотого и серебряного карасей по площади ядер эритроцитов (ПЯЭ)

При сравнении ПЯЭ у серебряного и золотого карасей, выявлена большая зона перекрытия на уровне 45–54 мкм², в нее попали 27 экз. серебряного и 72 экз. золотого карасей. В зоне свыше 50 мкм², характерной для ПЯЭ генетически определённых диплоидов серебряного карася, все пять особей золотого карася являются самцами. Существуют данные, что самцы карповых видов быстрее вступают в гибридизацию, чем самки (Абраменко, 1997; Вехов, 2013; Горюнова, и др., 2017; Павлов, 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При симпатрическом обитании серебряного и золотого карасей в водоеме, длительно изолированном от речной системы, не наблюдается существенного доминирования одного из видов. Соотношение самок и самцов у серебряного карася составило 5:1, у золотого карася – 1:1. Из проанализированных морфометрических показателей средневзвешенной величины 96% пластических индексов и 45% меристических параметров достоверно различались, но практически все они имеют большую зону перекрытия на индивидуальном уровне. Исключение составляет только число жаберных тычинок. Количество жаберных тычинок свидетельствует о пищевой специализации разных видов карасей, что обуславливает снижение пищевой конкуренции в условиях замкнутой озерной экосистемы (Горюнова, и др., 2017; Павлов, 2022).

По результатам цитометрического анализа ПЯЭ в выборке золотого карася все особи определены как диплоидные. У серебряного карася соотношение диплоидов и триплоидов близко 3:1, при этом часть особей (15%) не может быть идентифицирована таким методом по типу плоидности. При сравнении ПЯЭ у серебряного и золотого карасей из оз. Среднее выявлена большая зона перекрытия. В зоне свыше 50 мкм³, характерной для ПЯЭ генетически определённых диплоидов серебряного карася, все особи золотого карася самцы. Это позволяет предположить естественную гибридизацию популяций этих видов в оз. Среднее.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность И.В. Сидорову за помощь в выполнении полевого этапа исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абраменко М.И.* Дифференциальная избирательность самцов серебряного карася *Carassius auratus gibelio* при брачном ухаживании за самками бисексуальной и гиногенетической форм // Первый конгресс ихтиологов России. Москва: ВНИРО, 1997. С. 185–193.
- Вехов Д.А.* Некоторые проблемные вопросы биологии серебряного карася *Carassius auratus s.lato* // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии. Санкт-Петербург: ИНЭНКО, 2013. С. 5–38.
- Горюнова А.И., Исбеков К.Б., Асылбекова С.Ж., Данько Е.К.* О карасях периодически высыхающих степных озёр Северного Казахстана в свете современных отечественных и зарубежных исследований // Промысловые виды и их биология. 2017. Т. 165. С. 27–44.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А.* Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). Москва: КМК, 2018. 688 с.
- Лакин Г.Ф.* Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Матковский А.К.* Причины сокращения запасов полупроходных сиговых рыб обь-иртышского бассейна // Вестник рыбохозяйственной науки. 2019. Т. 6. № 1. С. 27–48.
- Павлов Д.А.* Жизненный цикл двух видов рода *Carassius* (Cyprinidae) в условиях симпатрии // Вопросы ихтиологии. 2022. Т. 62. № 6. С. 721–736.
- Побединцева М.А.* Молекулярно-генетическое разнообразие речных и озерных полиплоидных рыб Северной Евразии. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2022. 21 с.
- Поспелова Е.С., Смолина Н.В.* Ихтиофауна и промысел в Тюменской области (юг) // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения. Тюмень, 2021. С. 626–632.
- Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. Москва: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Янкова Н.В.* Эколого-морфологические особенности диплоидно-триплоидных комплексов серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) на примере озер междуречья Тобол-Тавда. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тюмень. 2006. 22 с.

DOI: [10.5281/zenodo.10043178](https://doi.org/10.5281/zenodo.10043178)

Фауногенетическая и экологическая структура авифауны Приишимья

С.Л. Болдырев

ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», г. Салехард

Ключевые слова: фауногенетическая структура, птицы, Приишимье

Российское Приишимье (далее – Приишимье) расположено в южной части Западно-Сибирской равнины и включает в себя водосборные и прилегающие водораздельные территории реки Ишим и его притоков. Район исследования, имеющий протяжённость с юга на север более 300 км (от границы с Республикой Казахстан до устья р. Ишим), располагается на территории 8 административных районов Тюменской и Омской областей, занимая площадь более 28 тыс. км². Большая часть района исследования (более 54%) расположена в лесостепной зоне, которая является наиболее населенной и в большей степени подверженной антропогенному воздействию и трансформации ландшафтов, чем части, расположенные в подтайге и южной тайге.

История изучения авифауны Приишимья насчитывает более 300 лет (Лупинос и др., 2018). Однако разные ландшафтные зоны и подзоны этой территории изучены в орнитологическом отношении очень неравномерно. Более полно изучена авифауна лесостепной зоны (Блинова, Блинов, 1997; Соловьёв, 2012; Тарасов, Рябицев и др., 2007 и др.), остальные части исследуемой территории изучены в орнитологическом отношении недостаточно. Опубликованные источники содержат сведения о видовом составе птиц, пространственно-биотопическом распределении и относительном обилии отдельных видов в некоторых районах Приишимья. Анализ экологической и фауногенетической структуры авифауны Российского Приишимья ранее не проводился. Это обосновывает актуальность данной работы и её **цель** – изучение таксономической, экологической и фауногенетической структуры гнездовой авифауны Приишимья во взаимосвязи с зонально-подзональной организацией исследуемых ландшафтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили результаты полевых исследований, проведённых в 2014–2018 гг., в весенне-летний (с 1 апреля по 10 июля), летне-осенний (с 11 июля по 20 октября), зимний периоды (с 20 октября по 31 марта). Учёты птиц проводили общепринятыми методами (Равкин, 1967) на ключевых участках (КУ, суммарная про-

тяжённость маршрутов – более 20 000 км). Каждый ключевой участок посещали не меньше одного раза в каждый из сезонов (табл. 1). Дополнительно проводили разовые учёты вне КУ (более 20 000 км) и автомобильные учёты (более 30 000 км). Достоверность гнездования оценивали по критериям, рекомендованным Комитетом Европейского Орнитологического Атласа – ЕОАС (The EBCC Atlas..., 1997).

В работе использовали экологическую и фауногенетическую классификацию В.П. Белика (2000, 2006) и ареалогические данные из опубликованных сводок (Штегман, 1938; Степанян 1990; Belik, 2006 и др.).

Таблица 1. Ландшафтная схема ключевых участков Приишимья (2014–2018 гг.)

Ландшафт	Урочища число ключевых участков	Количество ключевых участков/общая протяжённость, км (при разовом учёте) число повторений				Число гнездящихся видов в различных подзонах			
		СрЛ	СЛ	ПТ	ЮТ	СрЛ	СЛ	ПТ	ЮТ
Лесополовой и сосново- боровой	$\frac{14}{44}$	$\frac{8/30.9}{12}$	$\frac{16/67.5}{12}$	$\frac{12/52.5}{12}$	$\frac{8/29}{12}$	59	58	73	55
Лугово- степной	$\frac{7}{41}$	$\frac{12/54}{12}$	$\frac{15/55}{12}$	$\frac{9/67}{12}$	$\frac{5/18}{12}$	26	62	56	54
Озерно- займищный	$\frac{8}{32}$	$\frac{15/59}{12}$	$\frac{11/47}{12}$	$\frac{3/16}{12}$	$\frac{3/16}{12}$	57	48	47	54
Селитебный	$\frac{6}{58}$	$\frac{8/29}{12}$	$\frac{44/101}{168}$	$\frac{4/29}{12}$	$\frac{2/10}{12}$	63	54	53	55

Примечание. Зоогеографические подзоны (Болховских, Гашев, 2001): СрЛ – средняя лесостепь; СЛ – северная лесостепь; ПТ – подтайга; ЮТ – южная тайга, сокращения используются далее по тексту.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего в Приишимье выявили 235 видов птиц из 17 отрядов: Passeriformes (98 видов), Charadriiformes (41), Anseriformes (24), Falconiformes (17), Strigiformes (11), Gruiformes (8), Piciformes (7), Galliformes (6), Columbiformes (5), Ciconiiformes, Podicipediformes (по 4), Pelecaniformes (3), Cuculiformes, Gaviiformes (по 2), Ardeiformes, Caprimulgiformes, Coraciiformes (по 1). 197 видов гнездятся в Приишимье, 32 – пролетные и кочующие, 6 – предположительно гнездящиеся (*Phylomachus pugnax*, *Glareola nordmanni*, *Surnia ulula*, *Strix aluco*, *Nucifraga caryocatactes*, *Turdus merula*).

В экологической структуре гнездовой авифауны Приишимья доминируют кампофилы (68) и дендрофилы (63), субдоминируют гидрофилы (35) и лимнофилы (27), меньше всего склерофилов (6). В лесном типе ландшафтов доминируют дендрофилы (57.7%), субдоминируют кампофилы (35.4%). Лимнофилы (6.3%) встречаются в заболоченных лесах ПТ и ЮТ. Доля дендрофилов максимальна в СЛ (62.1%) и снижается в направлении 2-х соседних подзон: в

СрЛ (59.2%) и в бореальной зоне (ПТ – 52.8% и ЮТ – 58.2%). В озерно-займищных ландшафтах доминируют гидрофилы (46.2%), субдоминируют лимнофилы (32.8%), меньше всего кампофилов (21%). Для лугово-степных ландшафтов выявлено доминирование кампофилов (46.2%), субдоминирование гидрофилов (23.7%) и дендрофилов (19.2%), обычны лимнофилы (17%), малочисленны склерофилы (5.4%). В авифауне селитебных ландшафтов повсеместно доминируют дендрофилы. Их доля в бореальной зоне (65%) значительно выше, чем в лесостепной (45%). Субдоминантами выступают кампофилы, доля которых напротив снижается к северу: СрЛ (41.3%) → ЮТ (25.9%). Наибольшая доля лимнофилов отмечена в авифауне населенных пунктов СЛ (11.1%). Доля склерофилов максимальна в селитебных ландшафтах СЛ (3.7%) → ЮТ (1.8%). Гидрофилы отмечены лишь в СрЛ (4.8%) и в городских неудобьях г. Ишим (10.7%). Экологическая структура авифауны лесных и открытых ландшафтов Приишимья рассмотрена в наших предыдущих работах (Левых, Болдырев, 2018; Boldyrev et al., 2021).

Фауногенетическая структура современной авифауны Приишимья представлена 19 фаунистическими комплексами (ФК) и 7 типами фауны (ФТ) (табл. 2)¹.

Во всех зоогеографических подзонах Приишимья доминируют виды европейского ФТ, представленного тремя ФК. Из них наиболее многовидовой (32 вида) аллювиофильно интразональный ФК (*Anas platyrhynchos*; *A. querquedula*; *Porzana porzana*; *Crex crex*; *Gallinago media*; *Numenius arquata*; *Larus canus*; *Chlidonias hirundo*; *Locustella naevia*; *L. fluviatilis*; *L. luscinioides* и др.), доля которого максимальна в СрЛ (18.2%) и снижается к северу (ЮТ – 12%).

Ландшафтно-зональные особенности авиценозов Приишимья отражает распределение птиц из двух ФК европейского типа фауны, лесостепного – 18 видов (*Milvus migrans*, *Circus cyaneus*, *Falco vespertinus*, *Perdix perdix*, *Columba palumbus*, *Streptopelia turtur*, *Anthus trivialis*, *Lanius collurio*, *Sturnus vulgaris*, *Cannabina cannabina*, *Chloris chloris*, *Carduelis carduelis*) и неморального – 25 видов (*Pernis apivorus*, *Tetrao urogallus*,

¹ Сокращения в таблице: ФТ – фаунистический тип; АР – арктический; Г – гималайский; Е – европейский; ЕК – евро-китайский; К – китайский; Н – номадийский; С – сибирский; ФК – фаунистический комплекс; I – арктоальпийский интразональный; II – гемайрктические; III – гипоарктические; IV – эуарктический; V – субальпийский; VI – аллювиофильный интразональный; VII – лесостепной; VIII – неморальный; IX – субсредиземноморский; X – древне-лесостепной; XI – древне-неморальный; XII – лесолуговой; XIII – лугово-болотный интразональный; XIV – маньчжурский; XV – реофильный интразональный; XVI – лимманый интразональный; XVII – пустынно-горный; XVIII – бореомонтанный интразональный; XIX – горнотаёжный; XX – северотаёжный; ландшафты: А – лесопольевые и сосново-боровые (лесные); Б – озерно-займищные; В – лугово-степные; Г – селитебный.

Columba oenas, *Picus canus*, *Orirulus oriolus*, *Parus major*, *Muscicapa striata*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Luscinia luscinia*, *Turdus viscivorus*, *T. iliacus*, *Phylloscopus trochilus*, *P. collybita*, *P. borealis*, *Sylvia borin*, *S. atricapilla*, *Fringilla coelebs*). Количество видов лесостепного ФК максимально в разреженных березовых лесах и колках СрЛ, и сокращается в ПТ и ЮТ. Число неморальных видов, напротив, возрастает по мере увеличения облесенности, достигая максимума в ПТ.

Сходно с европейским ФТ пространственное распределение видов европейско-китайского ФТ, включающего древне-неморальный ФК – 18 видов (*Podiceps cristatus*, *Ardea cinerea*, *Accipiter gentilis*, *Aquila chrysaetos*, *Lagopus lagopus*, *Cuculus canorus*, *Bubo bubo*, *Jynx torquilla*, *Dendrocopos major*, *Garrulus glandarius*, *Sitta europaea*, *Certhia familiaris*, *Aegithalos caudatus*) и древне-лесостепной ФК – 17 видов (*Podiceps auritus*, *Buteo buteo*, *Aquila clanga*, *Falco subbuteo*, *Lyrurus tetrix*, *Porzana pusilla*, *Fulica atra*, *Vanellus vanellus*, *Hydroprogne caspia*, *Asio otus*, *Pica pica*, *Corvus frugilegus*).

Сибирский ФТ представлен 31 видом (*Anas crecca*, *Bucephala clangula*, *Tetrastes bonasia*, *Tringa nebularia*, *Aegolius funereus*, *Strix uralensis*, *Dryocopus martius*, *Cractes infaustus*, *Parus montanus*, *Luscinia calliope*, *Turdus pilaris*, *Phylloscopus trochiloides*, *Locustella lanceolata*, *Anthus hodgsoni*, *Emberiza leucocephalos*, *Fringilla montifrigilla*, *Acanthis flammea*, *Pyrrhula pyrrhula*). Доля данного ФТ в сосново-боровых ландшафтах ЮТ составляет 14.4%, ПТ – 11.7%.

К китайскому ФТ относятся 13 видов (*Circus aeruginosus*, *Coturnix coturnix*, *Parus cyanus*, *Acrocephalus dumetorum*, *A. agricola*, *Locustella certhiola*, *Motacilla alba*, *M. citreola*, *Emberiza schoeniclus*, *Uragus sibiricus*). Он наиболее представлен в ПТ, прежде всего, видами из лесолугового ФК (*C. aeruginosus*, *C. coturnix*, *Actitis hypoleucos*, *Alauda arvensis*, *A. dumetorum*, *A. agricola*, *L. certhiola*, *M. alba*, *M. citreola*, *E. schoeniclus*), которые в условиях ПТ занимают лугово-степные и озерно-займищные ландшафты.

Номадийский ФТ представлен 25 видами из двух ФК: лиманного интразонального – 19 видов (*Botaurus stellaris*, *Anser anser*, *Cygnus olor*, *Netta rufina*, *Porzana parva*, *Tringa tetanus*, *Limosa limosa*, *Glareola nordmanni*, *Larus ichthyaetus*, *Panurus biarmicus*, *A. palustris*, *Motacilla flava*) и пустынно-горного – 7 видов (*Columba livia*, *Apus apus*, *Riparia riparia*, *Hirundo rustica*, *Corvus monedula*, *Oenanthe oenanthe*, *Passer montanus*). Виды из лиманного интразонального ФК обычны в озерно-займищных ландшафтах СрЛ (14%) и ПТ (11.5%). За период наблюдения выявлена тенденция расширения границ ареалов видов из данного ФК (*C. olor*, *N. rufina*, *P. biarmicus*) в бореальную зону исследуемой территории.

Таблица 2. Фауногенетическая структура авиценозов различных типов ландшафтов Приишимья.

ТФ	ФК	ЮТ						ТП						СЛ						СрЛ											
		А	Б	В	Г	Σ	А	Б	В	Г	Σ	А	Б	В	Г	Σ	А	Б	В	Г	Σ	А	Б	В	Г	Σ					
АР	I	1	1	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	1	2	-	-	2	1	-	1	-	1	-	2	1	-	2	-	2	1	-	2	-	2	1	-	2	-	2	1	-	2
	III	1	2	-	-	2	4	3	-	-	4	1	4	-	-	4	1	4	-	-	4	1	3	-	-	3	1	3	-	-	3
	IV	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1
Г	V	1	1	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	10	15	1	1	15	2	17	19	1	19	1	17	5	2	17	1	17	5	2	17	3	22	2	8	22	2	8	2	8	22
Е	VII	-	3	7	11	11	11	-	10	7	11	13	-	11	6	18	13	-	11	6	18	12	-	6	10	18	12	-	6	10	18
	VIII	15	2	14	15	24	17	2	-	15	23	13	-	11	14	14	13	-	11	14	14	13	1	1	11	13	13	1	1	11	13
	IX	-	-	1	2	3	4	-	-	1	4	2	-	-	1	3	2	-	-	1	3	3	-	-	1	3	3	-	-	1	3
ЕК	X	2	4	5	3	9	5	3	5	5	5	4	5	4	5	16	4	5	4	5	16	5	7	5	6	10	5	7	5	6	10
	XI	6	2	9	7	14	9	2	1	9	12	9	2	4	9	12	8	2	4	9	12	8	2	1	8	8	8	2	1	8	8
К	XII	-	4	2	3	6	4	1	5	2	9	1	-	6	2	7	1	-	6	2	7	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3
	XIII	-	1	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3
	XIV	1	1	1	2	2	1	1	-	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	XV	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	-	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	-	1	2	-	2	-	1	2
	XVI	2	8	1	-	8	2	9	6	-	9	-	8	5	2	9	1	9	2	9	9	1	9	2	2	9	2	2	2	2	9
Н	XVII	-	-	3	-	3	-	-	2	4	8	-	-	-	6	6	-	-	-	6	6	-	-	-	6	6	-	-	-	6	6
	XVIII	2	-	2	2	3	2	-	-	1	2	2	2	-	2	2	2	2	-	2	2	2	-	-	1	2	-	-	-	1	2
С	XIX	6	1	3	4	6	6	-	-	3	6	5	-	7	1	7	4	-	7	1	7	4	-	-	2	4	4	-	-	2	4
		7	5	4	3	10	4	6	2	3	9	4	6	2	3	9	4	6	2	3	9	3	5	-	2	5	3	5	-	2	5
Σ		55	54	54	55	127	73	47	56	53	131	58	48	62	54	129	59	57	26	63	121	59	57	26	63	121	59	57	26	63	121

Арктический ФТ представлен 25 видами факультативно-гнездящихся, гидрофильных и лимнофильных птиц (*Gavia stellata*, *Branta ruficollis*, *Anser albifrons*, *A. erythropus*, *A. fabalis*, *Anas acuta*, *Aythya marila*, *Mergus merganser*, *Buteo lagopus*, *Falco columbarius*, *Charadrius hiaticula*, *Calidris minuta*, *C. ferruginea*, *C. alpina*, *Numenius phaeopus*, *Limosa lapponica*, *Sterna paradisaea*, *Nyctea scandiaca*, *Eremophila alpestris*, *Plectrophenax nivalis*, *Calcarius lapponicus*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологическая структура авифауны исследованных ландшафтов соответствует их биотопическим особенностям: в лугово-степных и озерно-займищных ландшафтах доминируют кампофилы; в лесопольных и сосново-боровых ландшафтах – кампофилы и дендрофилы; в селитебных зонах населённых пунктов и в городских лесопарках – дендрофилы; в пригородной зоне – кампофильные птицы.

В современной авифауне Приишимья преобладают европейские и европейско-китайские элементы фауны с большой долей сибирских видов в бореальной зоне и номадийских – в лесостепной. Выявлена тенденция смещения северных границ ареалов у видов лиманного интразонального ФК, что в дальнейшем может привести к увеличению доли видов данного ФК в авифауне Приишимья. Данная тенденция отмечена и для прилегающих территорий Курганской области (Тарасов, 2023 и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белик В.П. Птицы степного Придонья: Формирование фауны, её антропогенная трансформация и вопросы охраны. Ростов-на-Дону: Изд-во РГПУ, 2000. 376 с.
- Блинова Т.К., Блинов, В.Н. Птицы Южного Зауралья: Лесостепь и степь. Т. 1: Фаунистический обзор и охрана птиц. Новосибирск: Наука, 1997. 296 с.
- Болдырев С.Л. Эколого-таксономический состав авифауны сельских населённых пунктов российского Приишимья // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6(141). С. 331–336.
- Болховских Т.Е., Гашев С.Н. Зоогеографическое районирование Тюменской области // Земля Тюменская: Ежегодник ТОКМ. 2001. С. 330–340.
- Левых А.Ю., Болдырев С.Л. Структура и факторы формирования разнообразия птиц лесных местообитаний Российского Приишимья // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 2(23). С. 81–87.
- Лутинос М.Ю., Гашев С.Н., Блашкова К.Э. История орнитологических исследований Тюменской области (1941–1991 гг.) // Вестник Тю-

- мен. госуд. ун-та. Экология и природопользование. 2018. Т. 4. № 4. С. 76–94.
- Равкин Ю.С.* К методике учёта птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае (северо-восточная часть). Новосибирск: Наука, 1967. С. 66–75.
- Соловьев С.А.* Птицы Тоболо-Иртышской лесостепи и степи: Западная Сибирь и Северный Казахстан. Т. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 294 с.
- Степанян Л.С.* Конспект орнитологической фауны СССР. М.: Наука, 1990. 726 с.
- Тарасов В.В., Рябицев В.К., Примак И.В., Давыдов А Ю.* Птицы Казанского района Тюменской области // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. 2007. № 12. С. 238–258.
- Тарасов В.В.* Изменения в фауне птиц лесостепного Зауралья в конце XX – начале XXI веков под действием природных и антропогенных факторов // Второй Всероссийский орнитологический конгресс. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2023. С. 255.
- Штегман Б.К.* Основы орнитогеографического деления Палеарктики. Т. 1. Вып. 2. М.-Л.: АН СССР, 1938. 156 с.
- Belik V.P.* Faunogenetic structure of the Palearctic avifauna // Entomological Review. 2006. Vol. 86. Suppl. 1. P. 15–31.
- Boldyrev S., Levykh A., Ganzherli N., Gashev S., et al.* Avifauna structure of boreal zone open habitats (Ishim plain, Western Siberia) // Ekologia (Bratislava). 2021. Vol. 40. № 3. P. 258–266.
- The EBCC Atlas of European breeding birds: Their distribution and abundance. London: T&A D Poyser, 1997. 903 pp.

DOI: [10.5281/zenodo.10043234](https://doi.org/10.5281/zenodo.10043234)

Анализ толщины эмалевой стенки и степень слияния дентиновых полей на жевательной поверхности зубов полевок позднего плиоцена и раннего плейстоцена – *Mimomys hintoni* и *Mimomys* cf. *reidi* из местонахождения Звериноголовское (Южное Зауралье)

А.Э. Болотова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: поздний плиоцен – ранний плейстоцен, дифференциация эмали, дентиновые поля, *Arvicolinae*, Южное Зауралье

Полевки – представители семейства Хомяковые (Cricetidae) отряда Грызунов. Являются классическим объектом в стратиграфических исследованиях континентальных отложений неоген-четвертичного возраста Евразии. Исследуемый нами материал играет важную роль при изучении особенностей фауны грызунов позднего плиоцена – раннего плейстоцена, и получен из местонахождения Звериноголовское (Южное Зауралье, Россия). Данные из местонахождения позволяют коррелировать европейские и сибирские стратиграфические шкалы, поскольку оно располагается практически между Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равниной. *Mimomys hintoni* Fejfar, 1961 и *Mimomys reidi* Hinton, 1910 относятся к видам, имеющим важное значение для межрегиональной корреляции при построении стратиграфической шкалы (Тесаков, 2004), и коррелируют с зоной MN16-17 европейской биохронологической шкалы (Fejfar et al., 1998).

Цель работы – изучение размерных характеристик толщины эмали субтреугольных призм и степени слияния дентиновых полей на жевательной поверхности полевок позднего плиоцена – раннего плейстоцена *Mimomys hintoni* и *Mimomys* cf. *reidi* (сборы 2016–17 гг).

В данной работе исследован материал из коллекции Зоологического музея Уральского федерального университета. Для снятия промеров использовались программа ImageJ, стереоскопический микроскоп Leica. Обработка данных в цифровом формате проводилась с использованием программы MS Excel. Применялась система стандартных промеров по методу «основных треугольников» (van Kolfschoten, 1990), треугольники для m1-T1-T2-T3, для M3-T2-T3-T4 (Tesakov, 1998). Ранее нами были рассмотрены размерные характеристики коренных зубов данных видов (Болотова, 2022). Изучены характеристики наиболее диагностических категорий зубов – m1, M3.

Mimomys hintoni – мелкая брахиодонтная полевка, распространенная в отложениях позднего плиоцена Европы (MN 16) (Тесаков, 2004; Агаджанян, 2009). На жевательной поверхности m1 заметны глубокие синклинальные складки, но дентиновые поля остаются попарно слиты. У m1 поля T1-T2 сообщаются пространствами шириной в 1–3 толщины эмали, T2-T3 сообщаются пространствами шириной в 0.5–2 ширины эмали. На верхних коренных зубах поля T2-T3 сообщаются пространствами шириной в 1–2 ширины эмали, что в 2-3 раза меньше, чем ширина пространства между T3-T4. Корреляции между степенью стирания зуба и степенью слияния полей не обнаружено ни на одной из исследуемых категорий зубов, однако при изучении m1 замечена тенденция для дентиновых полей T2-T3 – по мере стирания коронки зуба степень слияния дентиновых полей на жевательной поверхности становится меньше (рис.), коэффициент корреляции составляет 0.420.

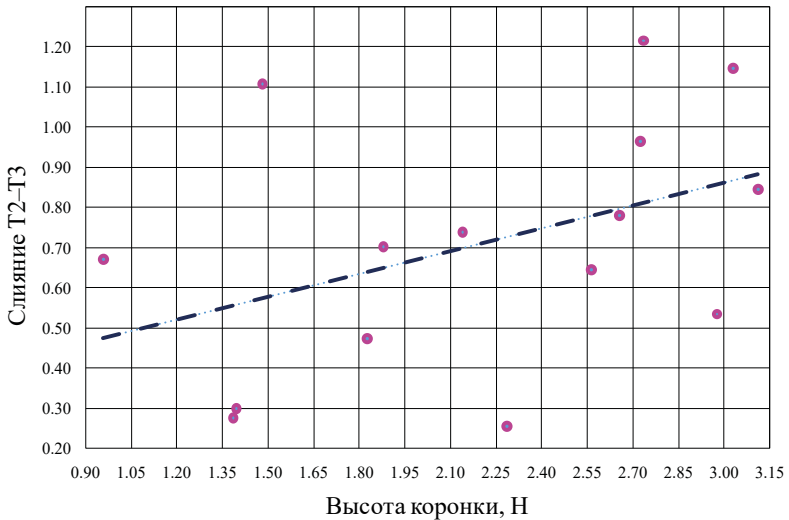


Рисунок. Соотношение степени слияния дентиновых полей T2-T3 и высоты коронки на m1 *M. hintoni* (n = 16).

У образцов выражена типичная мимомисная дифференциация эмали – негативная – ведущие края более тонкие, замыкающие края – более толстые. В среднем коэффициент BTQ = 144. *Mimomys cf. reidi* – брахиодонтная мелкая полевка, распространенная в отложениях раннего плейстоцена Европы (MN 17) (Fejfar, Repenning, 1998). На жевательной поверхности характерно также слияние дентиновых полей m1: поля сообщаются пространствами шириной в 1–4 толщины эмали. Дифференциация эмали негативная, слабовыраженная – в среднем коэффициент BTQ = 126.

Mimomys hintoni и *Mimomys cf. reidi* относятся к подроду *Pussillomimus* Rabeder, 1981. Для них характерна мимомисная дифференциация эмали, но у *M. hintoni* дифференциация выражена сильнее. Для *M. cf. reidi* дифференциация эмали заметна, но выражена слабо, возможный переход к позитивной дифференциации. Элементы жевательной поверхности не разделены полностью, наиболее широкое слияние характерно для m1 *M. cf. reidi*. Коэффициенты корреляции статистически значимой зависимости между шириной слияния и высотой коронки не показывают, однако заметна тенденция – с стиранием коронки степень слияния дентиновых полей становится меньше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агаджанян А.К. Мелкие млекопитающие плиоцен-плейстоцена Русской равнины // Труды палеонтологического института. М.: Наука, 2009. Т. 289. 676 с.
- Тесаков А.С. Биостратиграфия среднего плиоцена-эоплейстоцена Восточной Европы (по мелким млекопитающим). М.: Наука, 2004. 247 с.
- Болотова А.Э, Бибкова А.А, Якимова А.А. Сравнительный анализ размерных особенностей зубов *Mimomys reidi* и *M. hintoni* из местонахождения Звериноголовское (Южное Зауралье) // Тез. докл. XVIII «Всероссийская научная школа молодых учёных-палеонтологов». Москва: ПИН РАН, 2022. С. 49.
- Tesakov A.S. Voles of the Tegelen fauna // Mededelingen Nederlands. 1998. Vol. 60. P. 70–134.
- Fejfar O., Heinrich W.-D., Lindsay E.H. Updating the Neogene rodent biochronology in Europe // Mededelingen Nederlands. 1998. Vol. 60. P. 533–554.
- Kolfschoten T. van. The evolution of the mammal fauna in the Netherlands and the middle Rhine Area (Western Germany) during the Late Middle Pleistocene // Meden. Rijks. Geol. Dienst. 1990. Vol. 43, N 3. P. 1-69.
- Fejfar O., Repenning C. The ancestors of the lemmings (Lemmini, Arvicolinae, Cricetidae, Rodentia) in the early Pliocene of Wölfersheim near Frankfurt am Main; Germany // Senckenbergiana lethaea. 1998. Vol. 77. P. 161–193.

DOI: [10.5281/zenodo.10044267](https://doi.org/10.5281/zenodo.10044267)

Сложные структуры ростовых слоев и линий при исследовании возраста амфибий методом скелетохронологии на примере озерных лягушек популяций Камчатки

М.А. Брякова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: скелетохронология, ростовые слои, линии остановки роста, озерная лягушка, *Pelophylax ridibundus**

Метод скелетохронологии широко используется для определения возраста и темпов роста амфибий. Линии остановки роста (Nemelaar, 1985), образующиеся в период зимовки (LAG), позволяют с достаточно высокой точностью определять возраст амфибий (Клевезаль, Смирин, 2016, Sinsch, 2015). Обычно наиболее четкие LAG наблюдаются у амфибий из высоких широт с коротким сезоном активности. Однако существует ряд факторов, таких как болезни, бескормица, порционный нерест (Смирин, 1989, Смирин и др., 1986), большая разница между температурой воды и температурой воздуха в холодный период, которые могут способствовать образованию дополнительных линий и дополнительных ростовых слоев, что затрудняет определение возраста. Такой случай был описан С.М. Ляпковым с соавторами (2021) у озерных лягушек *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), обитающих в водоемах с сезоном активности около 9.5 месяцев в Тальшских горах. В результате было выделено несколько групп особей с описанием сложных структур ростовых слоев и линий:

- 1 группа. Слои роста с линиями остановки роста, соответствующими зимовкам, с дополнительными ростовыми слоями, но без дополнительных линий (рис. 1, а);
- 2 группа. Слои роста с дополнительными линиями, отличными от соответствующей зимовке линии остановки роста (рис. 1, б);
- 3 группа. Слои роста с дополнительными линиями, неотличными от соответствующей зимовке линии остановки роста (Lyarkov et al., 2021) (рис. 1, в).

Поскольку такие структуры у озерных лягушек были впервые выявлены в трубчатых костях особей популяции из местообитания с длительным сезоном активности в течение года (Lyarkov et al., 2021), было сделано предположение, что у лягушек, обитающих в термальных водоемах Камчатки, где длительность сезона активности в различных

местообитаниях изменяется от 4 до 10 месяцев (Ляпков, 2014, Ляпков и др., 2017), могут быть обнаружены подобные сложные структуры.

Цель исследования – изучение структуры ростовых слоев, видимых на окрашенных поперечных срезах диафиза голени озерных лягушек, для выявления сложных структур ростовых слоев и линий. В соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить окрашенные поперечные срезы диафиза голени озерных лягушек, обитающих в термальных водоемах полуострова Камчатка, для выявления сложных структур ростовых слоев и линий;
2. Оценить частоту встречаемости разных типов сложных структур ростовых слоев и линий в регистрирующих структурах в зависимости от длительности сезона активности.

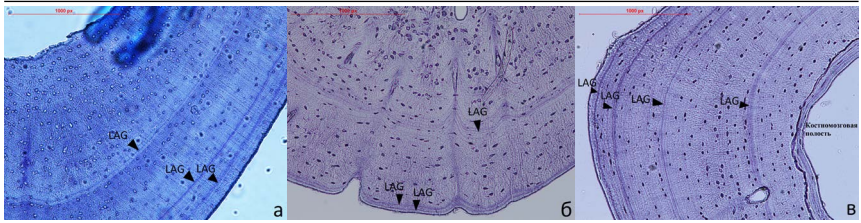
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужило 145 особей озерных лягушек, собранных С.М. Ляпковым в 2017 г. Места сбора показаны на рис. 2. Местообитания различаются по длительности сезона активности (от 4 до 10 месяцев, табл.), что обусловлено неодинаковым количеством постоянно поступающей теплой воды в водоемы, где обитают озерные лягушки. Поперечные срезы из середины диафиза голени каждой лягушки были изготовлены с помощью метода скелетохронологии по стандартной методике (Смирина, 1989, Rozenblut, Ogielska, 2005).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании поперечных срезов голеней камчатских озерных лягушек были обнаружены сложные структуры ростовых слоев и линий из всех трех групп. Особи с поперечными срезами 1 группы составили 6.2% (здесь и далее – сравнение доли особей, у которых обнаружена определенная группа сложных ростовых слоев и линий, по отношению к доле остальных особей: $p < 0.001$), особи с поперечными срезами 2 группы – 44.1% ($p = 0.151$) и особи с поперечными срезами 3 группы – 14.6% ($p < 0.001$). В 35.1% ($p = 0.001$) изученных срезов ростовые слои не имели усложняющих их структуру элементов. При этом различий между полами по частоте встречаемости четырех выделяемых групп не обнаружено ($\chi^2 = 3.420$, $df = 3$, $p > 0.050$).

В популяциях Малки, Эссо и ТЭЦ-2 с длительностью сезона активности 6, 7 и 8 месяцев соответственно – помимо ростовых слоев без усложняющих их структур обнаружены все 3 группы сложных ростовых слоев и линий. Следует отметить, что в популяциях Термальный и Гелиос с длительностью сезона активности 8 и 10 месяцев соответственно – во всех исследованных поперечных срезах кости обнаружены усложняющие ростовые слои структуры.



*Рисунок 1. Сложные структуры ростовых слоев и линий.
 а – поперечный срез диафиза голени с дополнительным ростовым слоем; б – поперечный срез диафиза голени с дополнительными линиями, отличными от соответствующей зимовке LAG; в – поперечный срез диафиза голени с дополнительными линиями остановки роста, неотличными от LAG; LAG – линии остановки роста, соответствующие зимовке.*

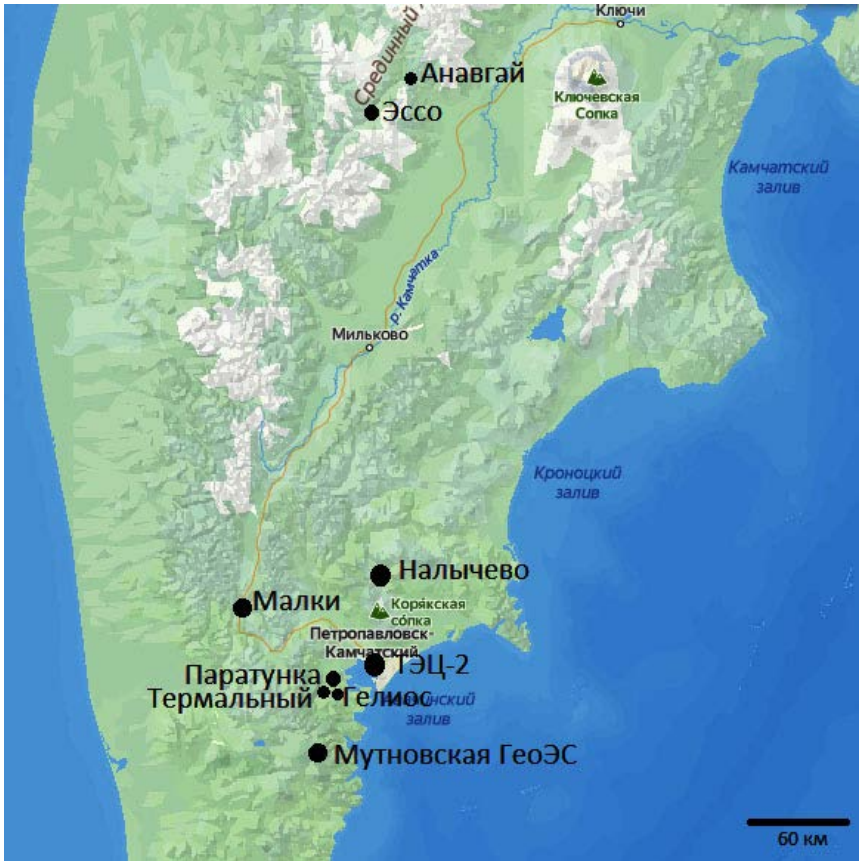


Рисунок 2. Фрагмент карты Камчатки с местами сбора материала.

Таблица. Места сбора материала и доли особей, у которых обнаружены сложные ростовые слои и линии

Место сбора	Длительность сезона активности (мес.)	Объем выборки	Группа ростовых слоев и линий, %			
			Нет усложняющих структур	1 группа	2 группа	3 группа
Налычево	4	3	25	0	50	25
Мутновская геотермальная электростанция	4	3	50	0	25	25
Анавгай	5	13	53.8	0	46.2	0
Малки	6	19	31.6	15.8	42.1	10.5
Эссо	7	39	38.4	10.3	35.9	15.4
ТЭЦ-2	8	43	44.7	6.4	29.8	19.1
Термальный	8	16	0	0	88.2	11.8
Паратунка	8	5	25	0	75	0
Гелиос	10	4	0	0	75	25

При объединении данных по местообитаниям с длительностью сезона активности 8 месяцев, доля особей, в регистрирующих структурах которых не обнаружено дополнительных ростовых слоев и линий, составила 23.2% (рис. 3).

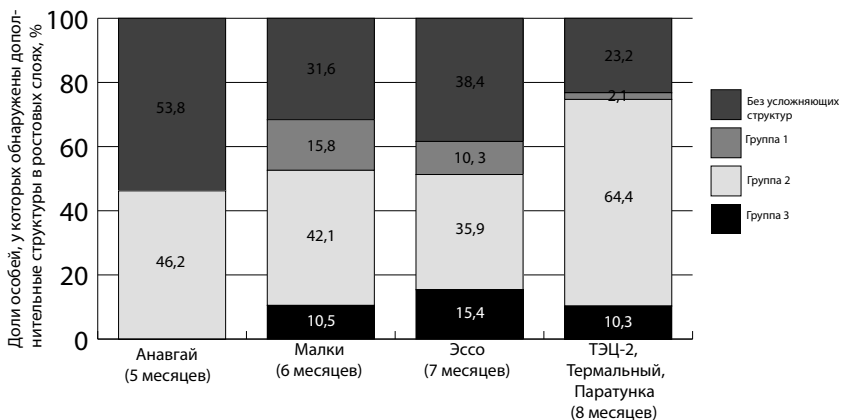


Рисунок 3. Доли особей, у которых обнаружены дополнительные ростовые слои и линии, при объединении данных по местообитаниям с длительностью сезона активности 8 месяцев. В скобках указана длительность сезона активности в каждом из местообитаний.

По мере увеличения длительности сезона активности количество особей, у которых не наблюдается дополнительных ростовых слоев и линий, уменьшается, то есть наблюдается тенденция к возникновению сложных ростовых слоев и линий в регистрирующих структурах по мере увеличения длительности сезона активности. Такая тенденция может быть связана с тем, что при большой длительности сезона активности лягушки могут чаще подвергаться периодическим понижениям температуры воды, связанным с низкой температурой воздуха, что способствует образованию сложных структур ростовых слоев и линий, хотя значимой корреляции между длительностью сезона активности и долей особей, у которых нет сложных ростовых слоев и линий, не обнаружено ($r_s = -0.800$, $p > 0.050$, $n = 4$). Полученные в нашем исследовании результаты согласуются с литературными данными. Так, у озерных лягушек из популяции в Тальшских горах, где длительность сезона активности составляет около 9.5 месяцев, на срезах костей всех изученных особей обнаружена сложная структура ростовых слоев и линий (Lyarkov et al., 2021).

ВЫВОДЫ

1. При исследовании поперечных срезов середины диафизов голени камчатских озерных лягушек были обнаружены сложные структуры ростовых слоев и линий, относящиеся к трем выделяемым группам.
2. Доля особей, у которых отсутствуют дополнительные ростовые слои и линии, уменьшается по мере увеличения длительности сезона активности. Эта закономерность выявлена лишь как тенденция, поэтому необходимо дополнительное исследование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Клевезаль Г.А., Смирин Э.М. Регистрирующие структуры наземных позвоночных. Краткая история и современное состояние исследований // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. № 8. С. 872–896.
- Ляпков С.М. Озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus*) в термальных водоемах Камчатки // Зоологический журнал. 2014. Т. 93. № 12. С. 1427–1432.
- Ляпков С.М., Ермаков О.А., Тутов С.В. Распространение и происхождение двух форм озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* complex (Anura, Ranidae) на Камчатке по данным анализа митохондриальной и ядерной ДНК // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 11. С. 1384–1391.
- Смирин Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 144–153.

Смирин Э. М., Клевезаль Г. А., Бергер Л. Экспериментальное исследование формирования годового слоя в костях амфибий // Зоологический журнал. 1986. Т. 65. № 10. С. 1526–1534.

Hemelaar A. An improved method to estimate the number of year rings resorbed in phalanges of *Bufo bufo* (L.) and its application to populations from different latitudes and altitudes // Amphibia–Reptilia. 1985. № 6. P. 323–341.

Lyapkov S.M., Kondratova T.E. Growth layers and its complex structure in a common species under uncommon conditions: *Pelophylax ridibundus* in the Talysh mountains // Russian Journal of Herpetology. 2021. № 3. P. 242–248.

Rozenblut B., Ogielska M. Development and growth of long bones in European water frogs (Amphibia: Anura: Ranidae), with remarks on age determination // Journal of morphology. 2005. Vol. 265. № 3. P. 304–317.

Sinsch U. Skeletochronological assessment of demographic life-history traits in amphibians // Herpetological Journal. 2015. Vol. 25. P. 5–13.

DOI: [10.5281/zenodo.10044280](https://doi.org/10.5281/zenodo.10044280)

Мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae, Helotiales) Среднего Урала: прошлое и настоящее аборигенных и чужеродных видов

А.С. Будимиров^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

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

Ключевые слова: микромицеты, инвазивные виды, фитопатогены, климат, Средний Урал

Мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae) – широко распространенная группа биотрофных фитопатогенных микромицетов. Для ряда представителей данного семейства ранее была показана способность к активному распространению за пределы природного ареала, иногда сопровождающаяся расширением спектра растений-хозяев (Beenken et al., 2022; Bulgakov, Shiryaev, 2022). Одним из факторов, способствующих локальному увеличению видового богатства мучнисторосяных грибов, называют глобальное изменение климата. На Среднем Урале исследования видового богатства мучнисторосяных грибов последний раз проводились в 1960-х гг. (Степанова, Сирко, 1970) до своего возобновления на рубеже 2010–2020-х гг. (Карелина, 2017; Bulgakov, Shiryaev, 2022). **Цель работы** – составить список видов мучнисторосяных грибов обнаруженных в 2017–2022 гг. на Среднем Урале и сопоставить его с данными видов, известными к 1970 г., а также определить соотношение аборигенных и чужеродных видов в XX и в XXI вв.

Для анализа актуального видового богатства мучнисторосяных грибов на Среднем Урале были использованы сборы А.Г. Ширяева, Т.С. Булгакова и собственные сборы автора (около 300 образцов). Определение проводилось с применением стандартных для таксона процедур (Гелюта, 1989). Источниками данных о XX веке стали гербарий ИЭ-РиЖ УрО РАН (SVER), а также литературные источники (Степанова, Сирко, 1970). Основаниями для включения данных из литературы и гербария являлось указание на место сбора «Свердловская область» либо «Средний Урал». Проверка актуальности названий организмов производилась по таксономическим базам данных POWO (для растений-хозяев), Index Fungorum, MocoBank (для грибов). Подсчёт видового богатства, описанного в XX веке, проводился с учётом более поздних таксономических изменений – если тогда ещё единый вид был

позднее разделён на несколько, в нашей базе он также сразу указывался как несколько видов. Таксономические изменения не внесли вклад в изменение видового богатства.

Количество присутствующих на Среднем Урале видов мучнисторосяных грибов увеличилось с 36 до 61. Доля чужеродных видов в микобиоте семейства возросла в 2 раза (с ~20% до ~45%); количество чужеродных видов возросло с 8 до 28. Количество поражаемых видов растений увеличилось с 75 до 100. Главным регионом-донором новых видов, является Азия, откуда происходит ~40% чужеродных видов *Erysiphaceae*. Появился ряд инвазивных видов, обладающих высокой скоростью распространения (*Erysiphe corylacearum* U. Braun & S. Takam., *E. vanbruntiana* (W.R. Gerard) U. Braun & S. Takam. и др.). Для ряда видов удовлетворительным объяснением кажется интродукция зараженного субстрата, так как гриб фиксировался на данном растении фактически с начала изучения вопроса (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam., *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam.). В ряде случаев, когда растение-субстрат долгое время присутствовало на изучаемой территории, но признаков болезни не демонстрировало, более вероятным кажется, что появление гриба связано с климатическими изменениями (*Erysiphe palczewskii* (Jacz.) U. Braun & S. Takam. на широко используемой в озеленении *Caragana arborescens* Lam.). Кроме того, значительный вклад могли внести социально-экономические изменения, произошедшие с городом в конце XX века (развитие предпринимательства, увеличение объёма и направлений грузоперевозок и т.д.).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-26-00228.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гелюта В.П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. Киев: Наукова думка, 1989. 256 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 // Споровые растения Урала. Труды ИЭРиЖ УФАИ СССР. Вып. 70. Свердловск: УФАИ СССР, 1970. С. 3–52.
- Beenken L., Kruse J., Schmidt A., Braun U. Epidemic spread of *Erysiphe corylacearum* in Europe – first records from Germany // *Schlechtendalia*. 2022. Vol. 3. P. 112–118.

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. P. 323–331.

Index Fungorum. URL: <https://indexfungorum.org/> (01.03.2023)

Mycobank. URL: <https://www.mycobank.org/> (01.03.2023)

POWO. URL: <https://powo.science.kew.org/> (01.03.2023)

DOI: [10.5281/zenodo.10044290](https://doi.org/10.5281/zenodo.10044290)

К изучению гнездовой фауны и населения птиц различных типов леса

В.С. Бушкова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань

Ключевые слова: население птиц, гнездовая орнитофауна, биоразнообразии птиц, лесные экосистемы

Сообщества птиц являются неотъемлемым компонентом биоразнообразия и хорошим индикатором состояния экосистем. **Цель** исследования – описание гнездовой орнитофауны лесных местообитаний нескольких типов.

Исследование проведено в гнездовой период 2022 г. (май–июль) методом маршрутного учета без ограничения полосы (Равкин, 1967). Выделено 5 лесных местообитаний в трех регионах: 1) ельник с березой и сосной около ж.-д. ст. Ермолино, Ивановская область; 2) сосняк с елью на о-ве Средний Керетского архипелага Белого моря, Республика Карелия (далее – РК); 3) липняк с дубом, березой и елью в Раифском участке Волжско-Камского заповедника, Республика Татарстан (далее – РТ); 4) сосняк с подростом ели, там же 5) широколиственный лес, г. Казань (лесопарк «Дубрава»). В каждом биотопе учеты проведены с 3–4-кратной повторностью на нефиксированных маршрутах, общая протяженность учетов – 64 км. Латинские названия приведены по IOC World Bird List v. 13.1 (Gill et al., 2023).

Всего встречен 81 вид птиц (от 42 в сосняке РК до 52 в сосняке РТ) из 29 семейств и 11 отрядов. По числу видов везде преобладают отряд Passeriformes и семейство Fringillidae. Наибольшее сходство фаун по Жаккару наблюдается между лесопарком и липняком РТ. Лесопарк отличается присутствием некоторых синантропных видов (сизый голубь *Columba livia* L., полевой воробей *Passer montanus* L., галка *Coloeus monedula* L.). Сосняк РК за счет географической удаленности имеет наименьшее сходство видового состава с остальными местообитаниями. Также в связи со слабым развитием подлеска здесь ниже доля видов, гнездящихся в кустарниках.

Суммарное обилие изменяется от 338 до 888 экз./км² в ряду сосняк РК, сосняк РТ, ельник, липняк, лесопарк. Во всех местообитаниях преобладает зяблик *Fringilla coelebs* L. (до 24%), у других видов доля участия выше 10% наблюдается только в сосняке РК (у юрка *Fringilla montifringilla* L., лесного конька *Anthus trivialis* L. и белобровика *Turdus iliacus* L.).

Во всех местообитаниях отмечены высокие показатели биоразнообразия: индекс Шеннона имеет значения от 2.95 до 3.23; при этом в лесопарке, сосняке РТ и ельнике он статистически значимо выше, чем в сосняке РК и липняке (t -тест, $p < 0.05$). Выравненность по Шеннону наибольшая в ельнике и сосняке РК (0.85).

Исследуемые биотопы являются местом гнездования регионально охраняемых видов птиц: в РК это кукушка *Perisoreus infaustus* L.; в РТ – клинтух *Columba oenas* L. (местообитание 3), длиннохвостая неясыть *Strix uralensis* Pall. и обыкновенная пустельга *Falco tinnunculus* L. (местообитание 4); в Ивановской области – трехпалый дятел *Picoides tridactylus* L., деряба *Turdus viscivorus* L. и дубонос *Coccothraustes coccothraustes* L. (Красная книга..., 2016, 2017, 2020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Красная книга Ивановской области. Т. 1. Животные. Изд. 2-е. Иваново, 2017. 240 с.
- Красная книга Республики Карелия. Изд. 3-е. Белгород: Константа, 2020. 448 с.
- Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Изд. 3-е. Казань: «Идел-Пресс», 2016. 760 с.
- Равкин Ю.С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае (Северо-Восточная часть) Новосибирск: Наука, 1967. С. 66–75.
- Gill F., Donsker D., Rasmussen P. (Eds). IOC World Bird List (v 13.1). URL: www.worldbirdnames.org

DOI: [10.5281/zenodo.10044300](https://doi.org/10.5281/zenodo.10044300)

Детерминация локальных стад летней кеты *Oncorhynchus keta* р. Амур на основе сравнительного анализа биологических и морфологических признаков

К.Е. Бырылова¹, П.Б. Михеев^{1,2}, М.Д. Польшгалова¹,
Д.С. Ходжер², О.В. Вершинина², Е.В. Подорожнюк²

¹ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный
исследовательский университет», г. Пермь

²Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ХабаровскНИРО»),
г. Хабаровск

*Ключевые слова: кета, Амур, популяционная структура,
биологические признаки, морфологические признаки*

Одним из важных вопросов рыбного хозяйства является анализ структуры популяций тихоокеанских лососей, что необходимо для исключения вероятности перевылова локальных стад. **Цель работы** заключается в выявлении отличий летней кеты, нерестящейся в реках Амур и Амгунь на основе морфологических признаков и биологических характеристик, что необходимо для детерминации локальных стад амурской летней кеты. Поставленные **задачи**: проведение сравнительного анализа летней кеты р. Амгунь и р. Амур выше по течению от устья р. Амгунь по динамике нерестового хода, размерному составу, возрастной структуре, степени выраженности нерестовых изменений, гонадо-соматическому индексу, а также морфологическим признакам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили выборки Амурской и Амгуньской летней кеты. Река Амгунь – крупнейший левобережный приток Нижнего Амура, который впадает в р. Амур в 146 км от его устья. Отлов кеты проводили во время второго пика нерестового хода в нижнем течении реки с 6 по 30 июля 2022 года в пр. Князевская р. Амгунь и р. Амур ниже по течению от пос. Тыр (Ульчский район Хабаровского края) (рис. 1). Вылов проходил с помощью плавной сети с размером ячеи 55 мм. Общее число экземпляров, у которых были проанализированы биологические признаки, составило 425.

Морфологические промеры были выполнены у 30 самок и 30 самцов как у рыб реки Амур, так и у особей, отловленных в реке Амгунь. Промеры пластических признаков проводили по фотографиям в программе ImageJ. Для исследования использовали особей со стадией брачного

наряда I–II. Фотографирование рыб проводили в условиях хорошего дневного освещения на мерной доске строго в горизонтальной проекции под углом 90° , чтобы оптическая ось приходилась на середину тела рыбы.



Рисунок 1. Карта с обозначением мест сбора материала.

Измерения признаков рыб проводились по схеме И. Ф. Правдина (1966) для лососевых рыб. Для измерения были использованы 26 параметров: длина головы, наибольшая высота тела, наименьшая высота тела, антедорсальное расстояние, постдорсальное расстояние, антевентральное расстояние, антеанальное расстояние, расстояние между P и V, расстояние между V и A, длина хвостового стебля, длина основания D, наибольшая высота D, длина основания A, наибольшая высота A, длина P, длина V, длина верхней лопасти C, длина нижней лопасти C, длина средних лучей C, длина рыла, диаметр глаза, заглазничный отдел головы, высота головы у затылка, длина верхнечелюстной кости, ширина верхнечелюстной кости, длина нижней челюсти. Данные пласти-

ческих промеров, использованные в работе, приводились в процентном отношении к длине тела по Смитту (FL). Подсчет меристических признаков не проводили.

Так же для каждой особи был проведен биологический анализ по 13 параметрам. Все данные были записаны в журнал биоанализа, которые в последующем преобразовали в электронный вид. Производился подсчет уловов на усилие для прослеживания динамики нерестового хода.

Статистический анализ данных проводился с использованием критерия Вилкоксона. Применялся метод главных компонент, при котором различия проанализированных выборок считались значимыми при уровне значимости 0.05. Использована программа R, в которой проводили построение графиков `Boxplot`, статистическое сравнение с применением многомерного анализа. Использованные функции в R: `wilcox.test`, `boxplot`, `mean`, `chisq.test`, `min`, `max`, `ggcorrplot`, `pca`.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По итогам анализа пластических признаков получили следующие результаты. При сравнении выборок, объединенных по полу, между рыбами рек Амгунь и Амур было обнаружено, что для рыб реки Амгунь характерны: значимо меньшие высота наименьшей высоты тела, постдорсальное расстояние, вентроанальное расстояние, длина хвостового стебля, наибольшая высота спинного плавника, длина брюшного плавника, длины верхней и нижней лопастей хвоста. При этом у рыб реки Амур по сравнению с Амгуньской кетой значимо ниже длина основания анального плавника. Из признаков головы у рыб реки Амгунь значимо меньше длина рыла, диаметр глаза и длина верхнечелюстной кости, у рыб реки Амур меньше высота головы у затылка и ширина верхнечелюстной кости. Признаками, внесшими наибольший вклад в главную компоненту 1, являлись: постдорсальное расстояние, расстояние между грудными и брюшными плавниками, антеанальное расстояние, расстояние между брюшными и анальными плавниками, антевентральное расстояние, длина основания анального плавника. На основании приведенных данных построена графическая визуализация результатов морфологического анализа в пространстве двух первых главных компонент (рис. 2).

Сопоставление наших результатов с результатами сравнения кеты реки Амгунь с кетой реки Бешеная, которая впадает в р. Амур выше устья р. Амгунь (Световидова, 1961), показало ряд отличий. По данным автора, у рыб реки Бешеная выше длина спинного и анального плавников, выше наименьшая высота тела, ниже наибольшая высота тела, больше длина головы и меньше диаметр глаза по сравнению с Амгуньскими особями. Это соответствует нашим результатам лишь

частично, данные по длине анального плавника и диаметру глаза в наших результатах получились обратно противоположными результатам А.А. Световидовой (1961). Характер морфологических различий по нашим результатам носил иной характер, что может объясняться рядом причин. Во-первых, размер выборки, использованной А.А. Световидовой (1961) был значительно ниже, по сравнению с нашим. Во-вторых, исследования автора происходили по материалам, собранным в 1955 году, и выявленные морфологические отличия могут определяться межгодовой динамикой морфологической изменчивости рыб, связанной с разницей в факторах среды в прошлом и настоящем. В-третьих, рыбы, воспроизводящиеся в бассейне р. Амур выше реки Амгунь, использованные в данной работе, могли принадлежать к нерестовому стаду другой реки, отличной от реки Бешеная по своим характеристикам, что в свою очередь наложило отпечаток на их морфотип. Кроме того, ранее авторы использовали штангенциркуль для промеров рыб, тогда как нами для анализа изменчивости по пластическим признакам были использованы фотографии. Поэтому возможными причинами различий в рассматриваемых исследованиях могут быть принципиальные отличия в методике обработки материала.

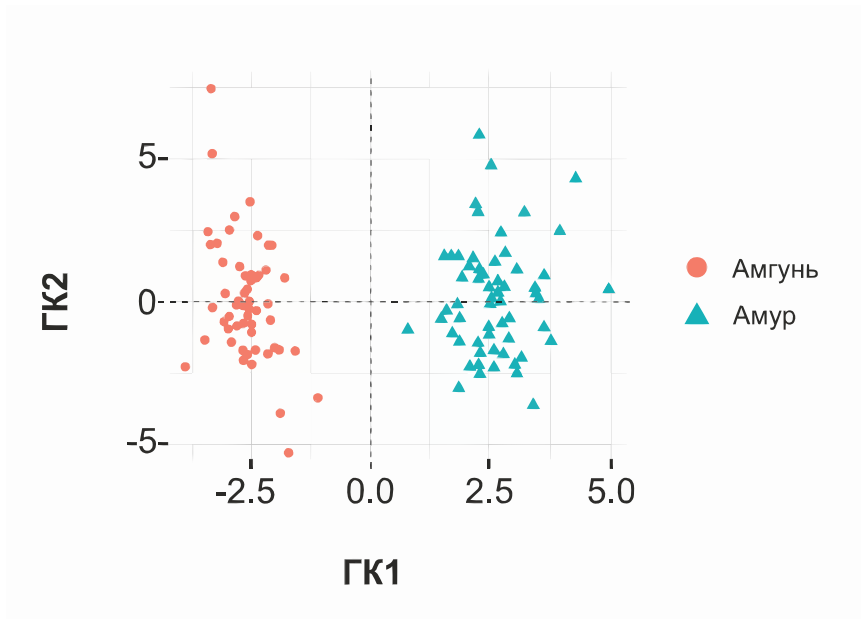


Рисунок 2. Морфологические отличия летней кеты рек Амгунь и Амур по результатам анализа методом главных компонент. Доля дисперсии, которую объясняют первые две компоненты равна 84%.

Одной из вероятных причин, определивших выявленные морфологические отличия рыб, является разница продолжительности миграции рыб. Для рыб реки Амур предположительно характерна более протяженная нерестовая миграция, что определило более вытянутую форму тела и головы, развитие хвостового стебля и плавников Амурской кеты. Морфотип этих рыб скорее всего определяется более продолжительной пресноводной миграцией этих рыб. Форма тела близкая к веретенообразной снижает энергетические траты во время миграции, что было продемонстрировано на примере нерки (Crossin et al., 2004). Также, в этой работе доказано, что рыбы в популяциях с протяженными миграциями характеризуются большими запасами питательных веществ, менее развитыми гонадами и меньшими размерами тела. Это совпадает с нашими результатами сравнения биологических характеристик летней кеты рек Амгунь и Амур. Для кеты реки Амур характерны преобладание рыб с первой стадией брачного наряда, низкими ГСИ, большая встречаемость особей с третьей стадией развития гонад, меньшие размеры тела. Близкие результаты были получены для молодежи кижуча из реки Фрейзер: популяции в верховьях реки имели более веретенообразную форму и меньший размер тела, чем популяции рыб, нерестящихся близ побережья (Taylor, McPhail, 1985). Также это согласуется с отличиями по диаметру глаза – признаку, напрямую связанному с условиями освещенности (Pakkasmaa et al., 1990). Большой диаметр глаза Амурских рыб может быть связан с тем, что нерестовая миграция этих рыб происходит в условиях повышенной мутности и занимает более длительный период нерестовой миграции по сравнению с рыбами, нерестящимися в бассейне р. Амгунь.

Нерестовая миграция летней кеты в бассейне реки Амур в период наблюдений состояла из трех пиков. В р. Амгунь в период проведения работ был выражен один ход, что может указывать на ход одного относительно многочисленного стада летней кеты, воспроизводящегося в бассейне реки Амгунь, который зашел в ее устье с 6 по 30 июля 2022 года. Для выявления количества потенциальных нерестовых стад, воспроизводящихся в водосборах обследованных рек, необходимо проведение наблюдений в течение всего нерестового хода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши результаты свидетельствуют о том, что летняя кета, отловленная в р. Амур выше по течению от места слияния с р. Амгунь, отличается от летней кеты, нерестящейся в водосборе р. Амгуни по морфологическим и биологическим признакам. Выявленные морфологические отличия рыб скорее всего связаны с разницей продолжительности миграции рыб, поскольку для Амурской кеты свойственна более продол-

жительная нерестовая миграция. В период наблюдений, динамика хода летней кеты в бассейне реки Амур была представлена тремя пиками миграций, в Амгуни был выражен один ход.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром, 1966. 376 с.
- Световидова А.А.* Локальные стада летней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) бассейна Амура // Вопросы ихтиологии. 1961. Вып. 17. С. 14–23.
- Crossin G.T., Hinch S.G., Farrell A.P. et al.* Energetics and morphology of sockeye salmon: effects of upriver migratory distance and elevation // Journal of Fish Biology. 2004. Vol. 65. P. 788–810.
- Pakkasmaa S., Ranta E., Piironen J.* A morphometric study on four landlocked salmonid species // Annales Zoologici Fennici. 1998. Vol. 35. P. 131–140.
- Taylor E.B., McPhail J.D.* Variation in body morphology among British Columbia stocks of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1985. Vol. 42. P. 2020–2028.

DOI: [10.5281/zenodo.10044312](https://doi.org/10.5281/zenodo.10044312)

Расчет класса и процента окатанности кварца в урбанизированных современных поверхностно-депонированных отложениях (на примере г. Ростова-на-Дону)

В.С. Глухов^{1,2}, Е.А. Панкрушина^{2,3}, А.Д. Рянская³,
А.А. Селезнев^{1,2}, Г.П. Малиновский¹, И.В. Ярмошенко¹

¹Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

³Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: окатанность, кварц, городская среда,
современные поверхностно-депонированные отложения*

Урбанизированные современные поверхностно-депонированные отложения (СПДО) – результат процессов седиментогенеза, происходящего на селитебных зонах городских территорий. В городских условиях отложения формируются из-за разрушения, износа, истирания и шлифовки природных и техногенных минеральных частиц, мусора и органического осадка. Абразия вызывает образование взвешенной пыли, наносящей вред здоровью организмов и повреждающей механические и архитектурные объекты. Степень окатанности частиц – показатель силы абразии, указывающий на условия, силу и расстояние переноса. Остро-угловатые частицы имеют высокую шероховатость и большие сорбционные свойства по сравнению с гладкими округлыми частицами. Процесс окатывания песчаных частиц сопровождается образованием более мелких частиц глинистой, пылевой и пылеватой фракций. Совокупность частиц фракции от 2 до 100 мкм сорбируют на своей поверхности значительно большие концентрации тяжелых металлов в отличие от исходной песчаной частицы (Касимов и соавторы, 2016).

Факторы негативного воздействия пыли на окружающую среду послужили отправной точкой при постановке **цели** исследования по разработке метода расчета процента и класса окатанности частиц кварца СПДО для решения геоэкологических задач. В ходе исследования были решены следующие **задачи**: получить навески 4–6 гр. из 10 проб СПДО г. Ростов-на-Дону фракции 250–1000 мкм; отобрать из полученных навесок частицы кварца; создать базу данных параметров отобранных частиц; определить процент и классы окатанности отобранных частиц (Ухов, 2013); сравнить полученные показатели с данными элементного и минерального состава.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методика исследования окатанности включала в себя шлиховой анализ, оптическую микроскопию, математический метод определения формы зерен породы (Ухов, 2013), рамановскую спектроскопию. Районом исследования был выбран г. Ростов-на-Дону. Рассматриваемые образцы СПДО урбанизированной среды были отобраны в теплое время года в селитебных районах территории города. Также пробы прошли гранулометрический, минеральный (РДА), элементный (ICP-MS) и другие виды анализа (Seleznev et al., 2020).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из 10 проб СПДО г. Ростов-на-Дону было отобрано 10 навесок со средней массой 4.82 грамм и из которых была выделена 431 частица кварца. Из них к 3 классу окатанности относится 1% частиц, к 4 классу окатанности – 43% и к 5 классу окатанности 56%. Проверка лог-нормальности по критерию Chi-Square для процента окатанности частиц не отклонила гипотезу о лог-нормальном распределении фактических данных ($p = 0.28$). На диаграммах рассеяния между процентом окатанности кварцевых частиц (ось X) и долей в пылевых фракциях кварца, типоморфных (Al, Fe, Ti) и техногенных элементов (Zn, Pb, Cu)(ось Y), рассматриваемые параметры демонстрируют совместный рост ($0.31 < \text{КК Пирсона} < 0.52$), но корреляционная связь отсутствует ($p > 0.005$), так как фактические данные делятся на кластеры, что связано с внешними факторами. Из данных факторов можно выделить: тип покрытия (газон, асфальт и др.), нарушенность поверхности, количество парковочных мест, содержание кварца в пробе, ремонтно-строительные работы, состояние двора и другие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан метод шлихового анализа СПДО с расчетом класса и процента окатанности песчаных частиц кварца фракции 250–1000 мкм. Вследствие влияния различных факторов со стороны окружающей среды, о которых свидетельствует кластеризация фактических данных, процесс окатывания кварцевых частиц приводит к появлению кварцевой пыли фракции 2–10 мкм.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполняется при финансовой поддержке РНФ, грант № 18-77-10024-П. Исследования методом комбинационного рассеяния выполнены в ЦКП «Геоаналитик» ИГГ УрО РАН. Дооснащение ЦКП проведено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2021-680).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Касимов Н.С., Власов Д. В., Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 2016. 276 с.
- Ухов И.С.* Новая методика определения окатанности песчаных кварцевых зерен // Ярославский педагогический вестник. 2013. Т. 3. № 4. С. 284–289.
- Seleznev A.A., Yarmoshenko I.V., Malinovsky G.P.* Urban geochemical changes and pollution with potentially harmful elements in seven Russian cities // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. № 1668. P. 1–16.

DOI: [10.5281/zenodo.10051116](https://doi.org/10.5281/zenodo.10051116)

Изменение запасов оленьих кормов в сообществах южных тундр Ямала с 1930-х гг. по настоящее время

А.М. Горбунова, Л.С. Горбунов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: олени пастбища, продуктивность, южные тундры, кормовые запасы, делихенизация

Актуальность работы связана с необходимостью мониторинга ресурсного потенциала оленьих пастбищ Ямала в условиях высокой пастбищной нагрузки на экосистемы полуострова. Численность домашних северных оленей на Ямале растет с 1950 г.: в 1930-х гг. она оценивалась в 100 тыс. особей (Андреев, 1934), а в 2018 г. – свыше 330 тыс. особей (Веселкин и др., 2021). В результате интенсивного выпаса на Ямале происходит деградация оленьих пастбищ (Кряжковский и др., 2011). **Цель работы** – сравнение величины запасов кормов северного оленя на юге полуострова Ямал в период с начала 1930-х по 2017–2019 гг.

В 2017–2019 гг. исследовали сообщества двух полигонов: в Ямальском (Еркатаяха) и Приуральском (Байдаратаяха) районах ЯНАО. Сообщества исследуемой территории относятся к 5 типам оленьих пастбищ: травяно-моховые тундры, лишайниково-кустарничковые тундры, кустарниковые тундры, луга и болота. Изучение растительности проводили методом геоботанического описания (88 пробных площадей 10×10 м). Запасы фитомассы определяли методом укусов (264 укуса 25×25 см); из проб фитомассы отбирали кормовые растения и лишайники (Горбунова и др., 2023). Оценки оленьих кормов в 1930-х гг. приведены на основании исследований В.Н. Андреева (Андреев, 1934).

Запас зеленых кормов на обоих полигонах с 1930-х по 2017–2019 гг. не изменился. Запас лишайниковых кормов за 85–87 лет снизился в 5 раз на Еркатаяхе и в 2 раза – на Байдаратаяхе. Общий запас кормов снизился в 2.3 раза на Еркатаяхе, и в 1.5 раза – на Байдаратаяхе. Доля лишайников в общем запасе кормов с 30-х гг. на Еркатаяхе уменьшалась значительно по сравнению с зелеными кормами, а на Байдаратаяхе соотношение между запасами лишайниковых и зеленых кормов было стабильным (Горбунова и др., 2023). Наши оценки подтверждают делихенизацию оленьих пастбищ Ямала (Головатин и др., 2008; Богданов и др., 2012). Также наши результаты позволяют говорить о «позеленении» (Forbes et al., 2010; Белоновская и др., 2016) южных тундр

Ямала, но только в том смысле, что в связи с делихенизацией повышается доля сосудистых растений в общем запасе кормов, при этом общий запас кормов и запас зеленых кормов не увеличиваются (Горбунова и др., 2023).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № 122021000092-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев В.Н.* Кормовая база ямальского оленеводства // Советское оленеводство. 1934. Т. 1. Вып. 1. С. 99–164.
- Белоновская Е.А., Тишков А.А., Вайсфельд М.А. и др.* Позеленение Российской Арктики и современные тренды изменения ее биоты // Известия РАН. Серия географическая. 2016. № 3. С. 28–39.
- Богданов В.Д., Головатин М.Г., Морозова Л.М., Эктова С.Н.* Социально-экологические условия промышленного освоения полуострова Ямал // Экономика региона. 2012. № 3(31). С. 141–150.
- Веселкин Д.В., Морозова Л.М., Горбунова А.М.* Снижение значений NDVI в южных тундрах Ямала в 2001–2018 гг. коррелирует с численностью домашних северных оленей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 143–155.
- Головатин М.Г., Морозова Л.М., Пасхальный С.П., Эктова С.Н.* Изменения растительности и животного населения в тундрах Ямала под воздействием интенсивного выпаса домашних оленей // Вестник Саратовского аграрного университета. 2008. № 9. С. 13–18.
- Горбунова А.М., Горбунов Л.С., Веселкин Д.В.* Изменение запасов зеленых и лишайниковых кормов в сообществах южных тундр Ямала с 1930-х гг. по 2017–2019 гг. // Экология. 2023. № 2. С. 83–93.
- Кряжимский Ф.В., Маклаков К.В., Морозова Л.М., Эктова С.Н.* Системный анализ биогеоценозов полуострова Ямал: имитационное моделирование воздействия крупнотадного оленеводства на растительный покров // Экология. 2011. № 5. С. 323–333.
- Forbes B.C., Macias-Fauria M., Zetterberg P.I.* Russian Arctic warming and 'greening' are closely tracked by tundra shrub willows // Global Change Biology. 2010. Vol. 16. № 5. P. 1542–1554.

DOI: [10.5281/zenodo.10053097](https://doi.org/10.5281/zenodo.10053097)

К изучению суточной динамики песенной активности некоторых видов воробьиных в лесостепном Зауралье

С.В. Грачев^{1,2}

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

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: песенная активность, лесостепное Зауралье, *Fringilla coelebs*, *Phylloscopus collybita*. *Anthus trivialis*, *Luscinia svecica*, суточная динамика песенной активности,*

Не вызывает сомнений тот факт, что песенная активность птиц неравномерна в течение суток, и чаще всего мы наблюдаем активное пение птиц утром. В работах разных орнитологов приводятся версии обоснования утреннего пения птиц, например, что утреннее пение основано на случайном успехе в поиске пищи и потребности в энергии на ночь, а также, что энергия, запасённая птицами на ночь, может частично не израсходоваться к утру, и этот избыток энергии птицы тратят на пение (McNamara et al., 1987). Кацельник (Kacelnik, 1979) считал, что поиск пищи неэффективен при плохом освещении, и поэтому в утренние часы пение является более полезным. Эйвери и Кребс (Avery & Krebs 1984) предполагали, что более низкие температуры в это время суток сделают добычу насекомых менее эффективной. Также есть общеизвестный факт, подтверждаемый работами многих орнитологов, что птицы по утрам начинают петь в определённые для каждого вида часы суток, при соответствующих условиях освещения (Palmgren 1932, 1949; Новиков 1949; Данилов 1963; Мальчевский, Пукинский 1980). Помимо этого, Мальчевский и Пукинский (1980) отмечают, что одним из факторов, влияющих на суточную песенную активность птиц, может являться и звуковая среда.

Наиболее убедительные предположения, по нашему мнению, относятся к таким факторам, как фотопериодизм, время восхода и захода Солнца, время суток (здесь подразумеваются биологические часы птиц), метеорологические условия: температура и влажность воздуха, сила ветра, осадки, помимо этого влияет звуковая среда, а также отдельного рассмотрения требует такой фактор как гормоны.

Чтобы лучше понять общие причины, по которым птицы поют в течение суток и всего сезона размножения, нам нужны более точные исследования целого ряда видов в различных экологических ситуациях. Кроме ранее описанных факторов, оказывающих влияние на пение птиц, существуют и региональные особенности пения местных видов.

В западной Сибири таких наблюдений для певчих птиц ещё не проводилось. Наше исследование представляет собой вклад в общую картину изучения вокализации птиц, и поможет дополнить уже имеющиеся сведения данными о четырёх видах, у которых ранее песенная активность практически не изучалась.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В мае и июне 2022 года в окрестностях села Колчедан (Каменский район, Свердловская область) наблюдали за песенной активностью 4-х модельных (как наиболее распространённых на территории) видов: варакушка (*Luscinia svecica*), зяблик (*Fringilla coelebs*), пеночка-теньковка (*Phylloscopus collybita*), лесной конёк (*Anthus trivialis*). Исследования проводили в разгар периода размножения этих видов (май и июнь).

Так как наблюдения по каждому виду проводили за несколькими самцами, то все самцы были помечены разными комбинациями цветных и алюминиевых колец. Регистрацию песенной активности производили в течение суток при помощи диктофонов «Digital voice recorder» со встроенным стереомикрофоном. Общая длительность проанализированных записей песен самцов 4 видов составила 370 часов (зяблик – 89, пеночка-теньковка – 89, варакушка – 96, лесной конёк – 96).

В качестве меры песенной активности приняли интенсивность пения, которую определили, как число повторений песенных фраз в минуту (далее – п.ф./мин), под песенной фразой понимали элементарную и неделимую совокупность видоспецифичных звуков.

В качестве исследуемых факторов нами были выбраны: время суток (по 24-часовому формату исчисления времени), температура и влажность воздуха, сила ветра, уровень шума, облачность, наличие осадков, уровень освещённости. Погодные условия регистрировали каждый час при помощи измерителя качества воздуха СЕМ DT-8820. Силу ветра определяли визуально в баллах по шкале Бофорта.

Для визуализации аудиозаписей использовали компьютерную программу «Audacity». Для статистической обработки материала использовали парный корреляционный и регрессионный анализ. Сам анализ проводился при помощи программного обеспечения «Statistica v.10». Так как в нашем исследовании присутствуют множественные сравнения, то для поправки уровня значимости использовали поправку Бонферрони: $P = \alpha'/k = 0.05/8 = 0.0063$, где: α' – вероятность ошибки, k – количество сравнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты корреляционного анализа влияния времени суток на интенсивность пения показали, что у зяблика ($n = 81$, $r_s = -0.30$,

$t = -2.80$, $df = 79$, $p < 0.01$) и пеночки-теньковки ($n = 81$, $r_s = -0.31$, $t = -2.91$, $df = 79$, $p < 0.01$) существует умеренная обратная связь между интенсивностью пения и временем суток. У этих видов также зарегистрирована слабая и умеренная прямая связь интенсивности пения с уровнем освещённости (зяблик: $n = 81$, $r_s = 0.28$, $t = 2.63$, $df = 79$, $p < 0.05$; пеночка-теньковка: $n = 81$, $r_s = 0.44$, $t = 4.46$, $df = 79$, $p < 0.01$). У варакушки установлена умеренная прямая связь между песенной активностью и наличием осадков ($n = 96$, $r_s = 0.32$, $t = 3.25$, $df = 94$, $p < 0.01$), а также слабая прямая связь с облачностью ($n = 96$, $r_s = 0.21$, $t = 2.19$, $df = 94$, $p < 0.05$). У лесного конька отмечена умеренная обратная связь песенной активности с временем суток ($n = 88$, $r_s = -0.30$, $t = -2.91$, $df = 86$, $p < 0.01$) и уровнем облачности ($n = 88$, $r_s = -0.33$, $t = -3.24$, $df = 86$, $p < 0.01$).

Для регрессионного анализа на основании результатов корреляционных сравнений и учёта поправки Бонферрони были выбраны факторы с самым сильным (в нашем случае умеренным) и статистически значимым уровнем связи, и для них построены регрессионные модели, из видно, что:

- у пеночки-теньковки и лесного конька с каждым часом в течение суток (от утренних часов к вечерним) интенсивность пения снижается в среднем на 0.13 п.ф./мин ($y = -0.13x + 4.94$, $R^2 = 0.10$, $F = 8.5$, $p < 0.01$ и $y = -0.13x + 3.42$, $R^2 = 0.09$, $F = 8.5$, $p < 0.01$ соответственно);
- у пеночки-теньковки интенсивность пения повышается с увеличением уровня освещённости ($y = 0.0002x + 1.69$, $R^2 = 0.20$, $F = 19.9$, $p < 0.01$);
- у варакушки с каждым увеличением интенсивности осадков на 1 условную единицу повышается песенная активность в среднем на 0.75 п.ф./мин ($y = 0.75x + 2.42$, $R^2 = 0.10$, $F = 10.6$, $p < 0.01$);
- у лесного конька с повышением облачности песенная активность снижается в среднем на 0.05 п.ф./мин ($y = -0.05x + 5.54$, $R^2 = 0.11$, $F = 10.5$, $p < 0.01$).

У трёх из четырёх изученных видов (пеночка-теньковка, варакушка и лесной конёк) в разгар гнездового периода наблюдается закономерное повышение суточной интенсивности пения к концу мая-началу июня, скорее всего это связано с увеличением продолжительности светового дня. У всех видов, кроме варакушки, суточная вокальная активность снижается от утренних часов к вечерним, а у варакушки, наоборот, повышается, что связано с проявлением сумеречной песенной активности, что являет собой характерную биологическую особенность данного вида.

Результаты корреляционного анализа показали, что большинство из исследованных нами факторов, значимо не влияют на изменение песенной активности модельных видов. Однако в остальных случаях

связь факторов и вокальной активности птиц является умеренной или слабой. Это ещё предстоит выявить, проанализировав данные за весь репродуктивный период.

Пока что сложно однозначно утверждать о достоверности влияния осадков и облачности на песенную активность варакушки и лесного конька по причине малого процента наблюдений при соответствующих условиях в изученной выборке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Данилов Н.Н.* Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Т. 2. Птицы. Свердловск: Институт биологии АН СССР, 1966. 48 с.
- Мальчевский А.С., Пукинский Ю.Б.* Роль звуковой индукции в голосовом поведении птиц // Звуковая коммуникация, эхолокация и слух. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980 С. 5–22.
- Новиков Г.А.* Суточная жизнь птиц в Субарктике // Зоологический журнал. 1949. Т. 28. № 5. С. 461–470.
- Avery M.I., Krebs J.R.* Temperature and foraging success of great tits *Parus major* hunting for spiders // *Ibis*. 1984. Vol. 126. P. 33–38.
- Kacelnik A.* The foraging efficiency of great tits (*Parus major* L) in relation to light intensity // *Animal Behaviour*. 1979. Vol. 27. P. 237–242.
- McNamara J.M., Mace R.H., Houston A.I.* Optimal daily routines of singing and foraging in a bird singing to attract a mate // *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 1987. Vol. 20. P. 399–405.
- Palmgren P.* Ein Versuch zur Registrirung der Intensitätsvariation des Vogelgesanges im Laufe eines Tages // *Ornis Fennica*. 1932. Vol. 9. № 3. P. 68–74.
- Palmgren P.* On the diurnal rhythm of activity and rest in birds // *Ibis*. 1949. Vol. 91. № 4. P. 561–576.

DOI: [10.5281/zenodo.10053123](https://doi.org/10.5281/zenodo.10053123)

Тополевая моль в зеленых насаждениях Свердловска – Екатеринбурга: изменения за полвека

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: тополевая моль, *Phyllonorycter populifoliella*, вспышка массового размножения, минер, моли-пестрянки*

Тополевая нижнесторонняя моль-пестрянка *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera: Gracillariidae) – синантропофильный лесной вид, минирующий листья разных видов тополей. В городах она часто достигает высокой численности и существенно вредит зеленым насаждениям (Ермолаев, 2019). В Свердловске тополевая моль была подробно изучена в 1970-х гг. А.П. Даниловой (1974, 1981, 1983 и др.). Оценка современного состояния популяций топовой моли в насаждениях г. Екатеринбурга представляет интерес в связи с возникновением очередной вспышки массового размножения и экономическим значением вредителя.

В 2020–2022 гг. выбирали модельные деревья разных видов тополей в разных районах г. Екатеринбурга. С каждого модельного дерева в конце июля – августе случайным образом собирали по 10 листьев из нижней части кроны. Всего за 3 года работы было собрано 4937 листьев с 272 деревьев. Собранные листья этикетировали и фотографировали. По полученным фотографиям в программе ImageJ измеряли площадь листа, площадь каждой мины и подсчитывали общее количество мин на листе. С целью оценки плотности популяции вредителя использовали следующие параметры: заселенность кормовых растений (долю листьев с миными от общего числа листьев в выборке), количество мин на лист и относительную площадь повреждения листа. Листья без мин при расчете последних двух параметров не учитывали.

Проанализирована интенсивность повреждения топовой молью 6 видов и гибридных форм тополей. В наибольшей степени были заселены и повреждены листья *P. laurifolia*, *P. × berolinensis* и *P. balsamifera*, в наименьшей степени – листья *P. alba*. Промежуточные величины заселенности, количества мин на лист и площади повреждения листа были характерны для *P. suaveolens* и *P. × sibirica*. Полученный результат

хорошо согласуется с данными литературы (Данилова, 1981; Богачева, Замшина 2017; Ермолаев и др., 2020).

По данным 2020 и 2022 гг. проведена оценка современного распространения и обилия тополевой моли в г. Екатеринбурге. Тополевая моль была обнаружена во всех обследованных районах, причем в Центре города и на Уралмаше плотность ее популяции была относительно высокой, на ЖБИ – промежуточной, а в Юго-Западном районе, Заречном и на Уктусе – низкой. По данным А.П. Даниловой (1981), в 1970-х гг. тополевая моль достигала высокой плотности в центре г. Екатеринбурга, единичные мины были обнаружены на Уралмаше и вблизи оз. Шарташ, а в остальных районах города минер отсутствовал. Таким образом, за последние 50 лет произошло расселение тополевой моли в относительно новые районы города (Юго-Западный, Заречный и Уктус), а на Уралмаше она сформировала новый очаг массового размножения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны к.б.н. Золотаревой Н.В. за помощь в определении видов тополей и студентам биологического факультета УрФУ (Мальковой А.Д, Рахову И.А., Павловой О.А, Макшаковой М.М., Хиванцевой А.А., Филатовой П.И.) за предоставленные выборки листьев тополей за 2020 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богачева И.А., Замшина Г.А. Комплекс насекомых-филлофагов на лиственных деревьях и кустарниках Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2017. № 1. С. 33–52.
- Данилова А.П. Динамика численности и смертность тополевой моли в двух очагах размножения // Научные доклады высшей школы: Биологические науки. 1974. № 1. С. 11–15.
- Данилова А.П. Распространение тополевой моли в зеленых насаждениях Свердловска // Фауна Урала и Европейского Севера. № 9. Свердловск: УрГУ, 1981. С. 122–128.
- Данилова А.П. Факторы изменений численности тополевой моли на Среднем Урале // Динамика численности и роль насекомых в биогеоценозах Урала. Информационные материалы Института экологии растений и животных. Свердловск: Урал. науч. центр АН СССР, 1983. С. 18.
- Ермолаев И.В. Экологические механизмы неперiodической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80. № 80. С. 451–476.

Ермолаев И.В., Рублева Е.А., Рысин С.Л. и др. Трофическая специализация тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. № 2. С. 271–288.

DOI: [10.5281/zenodo.10053154](https://doi.org/10.5281/zenodo.10053154)

Сравнение климатических ниш широкоареальных палеарктических видов *Orthops campestris* (Linnaeus, 1758) и *Liocoris tripustulatus* (Fabricius, 1781) (Heteroptera: Miridae)

П.А. Джелали^{1,2}, А.А. Намятова^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Пушкин

²Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: MaxEnt, ареалы, моделирование, клопы-слепняки

Современные очертания ареала вида сильно обусловлены климатическими факторами. Моделирование климатических ниш видов вносит большой вклад в изучение распространения таксонов, и в наше время – это важная составляющая разнообразных биогеографических и экологических исследований (Namyatova, 2020). С помощью выявления климатических ниш можно понять, какие конкретные климатические переменные важны для формирования ареала вида, и насколько разные виды похожи в своих экологических предпочтениях. В большинстве случаев моделирование климатических ниш применяется для локально распространенных видов животных либо для конкретного небольшого региона (Losos et al., 2003; Mumladze, 2014; López-Alvarez et al., 2015; Rangel-Sánchez et al., 2018). Такие исследования очень редки в масштабах Палеарктики, особенно для насекомых, несмотря на то что эта группа является формообразующей для многих биотопов (Wellenreuther et al., 2012; Dellicour et al., 2017; Avtaeva et al., 2019; Namyatova, 2020).

Клопы-слепняки (Miridae) – одно из самых больших семейств насекомых, его представители обильно встречаются во всех зоогеографических областях, кроме Антарктики (Cassis, Schuh, 2012). В состав этого семейства входит множество широкоареальных видов, в том числе и транспалеарктических. Наше исследование направлено на изучение *Orthops campestris* (Linnaeus, 1758) и *Liocoris tripustulatus* (Fabricius, 1781). Эти два вида клопов имеют похожее распространение и встречаются от Западной Европы до Западной Сибири (Kerzhner, Josifov, 1999). Изучаемые таксоны входят в состав трибы Mirini, похожи по размерам, морфологии и биологическим характеристикам.

Цель нашего исследования – смоделировать климатические ниши для обоих видов и выяснить, отличаются ли эти ниши, или их можно считать идентичными.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для каждого вида проанализированы данные по местам сбора надёжно идентифицированных экземпляров: 57 точек сбора для *O. campestris* и 110 точек сбора для *L. tripustulatus*. Большинство изученных экземпляров хранится в коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Все точки местонахождений были занесены в базу данных Arthropod Easy Capture database (American Museum ..., 2023). Для анализа были использованы 19 GIS-слоёв, представляющих различные биоклиматические переменные, которые были загружены из базы WorldClim 2.1 (Fick, Hijmans, 2017). Слои были обрезаны по широтам и долготам, соответствующим Палеарктике: 20° с.ш. – 90° с.ш., 30° з.д. – 180° в.д. С использованием MaxEnt 3.4.3 (Phillips et al., 2017) были получены модели распространения изучаемых видов. Моделирование климатических ниш выполнялось с сокращенным набором переменных, где были исключены слои с высокой взаимной корреляцией. Подбор параметров для анализа со всеми переменным в MaxEnt проводился в R 4.2.2 (R Core Team, 2023) с помощью пакета ENMeval 2.0.4 (Kass et al., 2021). Подбор параметров и исключение сильно коррелирующих переменных осуществлялись с помощью пакета MaxentVariableSelection 1.0-3 (Jueterbock et al., 2016) в R 4.2.2. Оценка вклада каждой переменной в модель распространения проводилась тремя способами – путем прямой оценки вклада в процентном отношении, оценки после пермутации, и с использованием метода jackknife. Сравнение экологических ниш таксонов было осуществлено в программе ENMTools 1.1.0 (Warren et al., 2021). В ней были проведены два анализа - “Identity test” и “Background test”, которые показывают, отличаются ли ниши статистически, используя разные алгоритмы сравнения со случайными данными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После проверки на мультиколлинеарность и исключения скоррелированных переменных были построены модели климатических ниш для *O. campestris* и *L. tripustulatus* (рис. 1). Обе модели характеризовались высокими значениями коэффициента AUC: 0.881 ± 0.012 и 0.930 ± 0.009 , соответственно. Несмотря на сходные области распространения, климатические ниши изучаемых видов различаются. Background test в пакете ENMTools показал, что сходство между климатическими нишами двух видов выше, чем между случайными выборками. Однако Identity

test не подтверждает гипотезу об идентичности ниш. Это говорит о том, что климатические ниши *O. campestris* и *L. tripustulatus* очень похожи, но не идентичны.

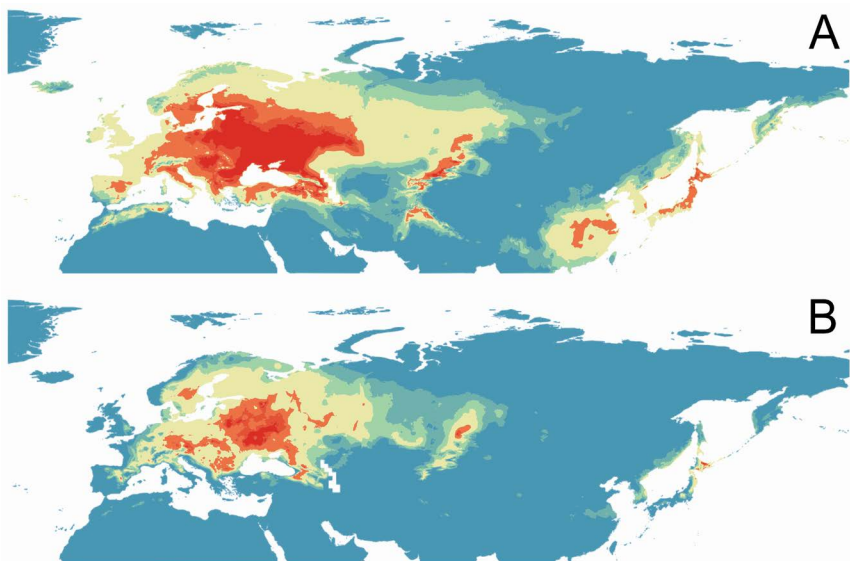


Рисунок 1. Результаты моделирования климатических ниш для двух видов клопов-слепняков. Более теплые цвета показывают области с лучшими прогнозируемыми условиями.

A – модель для *O. campestris*; B – модель для *L. tripustulatus*.

Для моделей, построенных после исключения скоррелированных переменных, были выявлены факторы с наибольшим влиянием на распространение видов. Результаты jackknife-теста, определяющего вклады переменных, представлены на рис. 2. В результате модель экологической ниши *O. campestris* преимущественно определялась всего двумя переменными: коэффициент вариации количества осадков (bio15) и сумма количества осадков в наиболее сухой четверти года (bio17). Тогда как для *L. tripustulatus* наибольший вклад в модель внес другой набор факторов: средняя температура самой теплой четверти года (bio10), средняя температура самой холодной четверти года (bio11), сумма количества осадков в наиболее сухой четверти года (bio17). Результаты моделирования показали, что распространение обоих видов связано с одним общим фактором (сумма количества осадков в самой сухой четверти года).

Ранее было показано (Namyatova, 2020), что для формирования ниш широкоареальных видов *Orthocephalus brevis*, *O. coriaceus*, *Pterostichus oblongopunctatus* и *Ixodes ricinus*, обитающих в западной Палеарктике,

также важное значение играет сумма количества осадков в сухой четверти года (наряду с суммой осадков в самом сухом месяце года). Наши данные частично согласуются с результатами моделирования экологической ниши для транспалеарктического вида жуков *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787) (Avtaeva et al., 2019). Было показано, что переменные bio1 (средняя годовая температура) и bio11 (средняя температура самой холодной четверти года) внесли большой вклад в модель ареала этого вида. Эти факторы также имели заметный вклад в наших моделях.

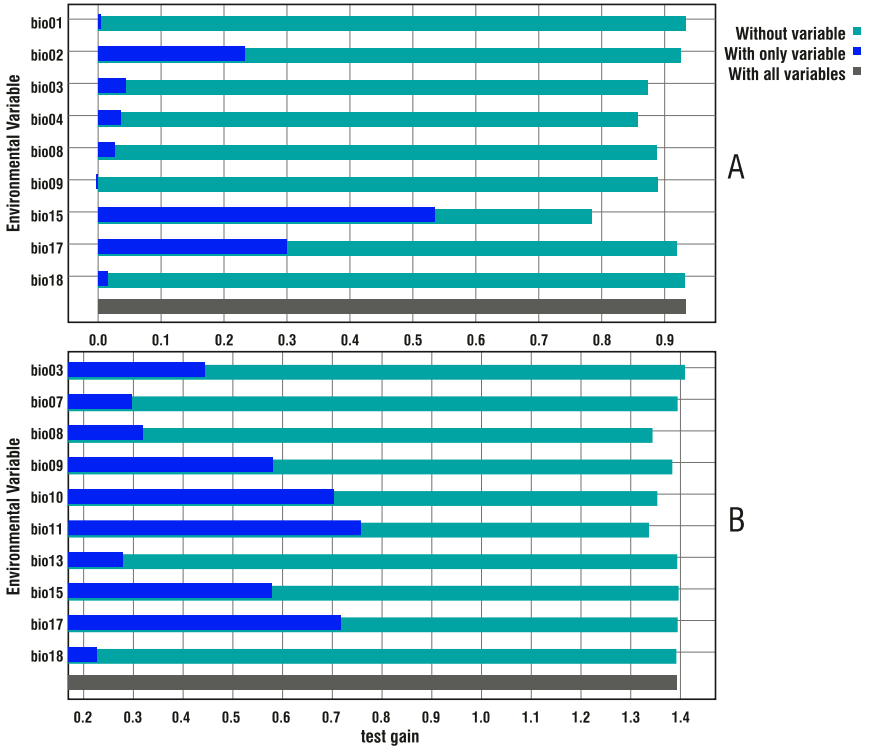


Рисунок 2. Результаты jackknife-теста, показывающего важность переменной для модели. А – модель для *O. campestris*; В – модель для *L. tripustulatus*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Два транспалеарктических вида клопов-слепняков с симпатрическим распространением имеют похожие, но не идентичные модели климатических ниш, рассчитанные на основе климатических данных. Исследование показало, что исключение из анализа коррелирующих факторов меняет набор переменных, которые вносят вклад в модели. Для моделей обоих видов большое значение имеет сумма осадков в са-

мой сухой четверти года. Кроме этого, при учёте нескоррелированных переменных распространение *L. tripustulatus* определяется средней температурой самой теплой четверти года и средней температурой самой холодной четверти года, Модель климатической ниши *O. campestris* также определяется сезонностью осадков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 23-24-00417).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Avtaeva T.A., Sukhodolskaya R.A., Skripchinsky A.V., Brygadyrenko V.V.* Range of *Pterostichus oblongopunctatus* (Coleoptera, Carabidae) in conditions of global climate change // *Biosystems Diversity*. 2019. Vol. 27. № 1. P. 76–84.
- Cassis G., Schuh R.T.* Systematics, biodiversity, biogeography, and host associations of the Miridae (Insecta: Hemiptera: Heteroptera: Cimicomorpha) // *Annual Review of Entomology*. 2012. Vol. 57. P. 377–404.
- Dellicour S., Kastally C., Varela S. et al.* Ecological niche modelling and coalescent simulations to explore the recent geographical range history of five widespread bumblebee species in Europe // *Journal of Biogeography*. 2017. Vol. 44. № 1. P. 39–50.
- Fick S.E., Hijmans R.J.* WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. 2017. Vol. 37. № 12. P. 4302–4315.
- Jueterbock A., Smolina I., Coyer J.A., Hoarau G.* The fate of the Arctic seaweed *Fucus distichus* under climate change: an ecological niche modeling approach // *Ecology and Evolution*. 2016. Vol. 6. № 6. P. 1712–1724.
- Kass J.M., Muscarella R., Galante P.J. et al.* ENMeval 2.0: Redesigned for customizable and reproducible modeling of species' niches and distributions // *Methods in Ecology and Evolution*. 2021. Vol. 12. № 9. P. 1602–1608.
- Kerzhner I.M., Josifov M.* Cimicomorpha II: Miridae // *Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic region*. Vol. 3. Amsterdam: Entomological Society, 1999. P. 1–577.
- López-Alvarez D., Manzaneda A.J., Rey P.J. et al.* Environmental niche variation and evolutionary diversification of the *Brachypodium distachyon* grass complex species in their native circum-Mediterranean range // *American Journal of Botany*. 2015. Vol. 102. № 7. P. 1073–1088.
- Losos J.B., Leal M., Glor R.E. et al.* Niche lability in the evolution of a Caribbean lizard community // *Nature*. 2003. Vol. 424. № 6948. P. 542–545.

- Mumladze L.* Sympatry without co-occurrence: exploring the pattern of distribution of two *Helix* species in Georgia using an ecological niche modelling approach // *Journal of Molluscan Studies*. 2014. Vol. 80. № 3. P. 249–255
- Namyatova A.A.* Climatic niche comparison between closely related trans-Palearctic species of the genus *Orthocephalus* (Insecta: Heteroptera: Miridae: Orthotylinae) // *PeerJ*. 2020. Vol. 8. № e10517. P. 1–33.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Dudik M, et al.* Opening the black box: an open-source release of Maxent // *Ecography*. 2017. Vol. 40. P. 887–893.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: www.R-project.org/ (08.03.2023).
- Rangel-Sánchez L., Nava-Bolaños A., Palacino-Rodríguez F., Córdoba-Aguilar A.* Estimating distribution area in six *Argia damselflies* (Insecta: Odonata: Coenagrionidae) including *A. garrisoni*, a threatened species // *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 2018. Vol. 89. № 3. P. 921–926.
- Warren D.L. et al.* ENMTools 1.0: An R package for comparative ecological biogeography // *Ecography*. 2021. Vol. 44. № 4. P. 504–511.
- Wellenreuther M., Larson K.W., Svensson E.I.* Climatic niche divergence or conservatism? Environmental niches and range limits in ecologically similar damselflies // *Ecology*. 2012. Vol. 93. № 6. P. 1353–1366.

DOI: [10.5281/zenodo.10053235](https://doi.org/10.5281/zenodo.10053235)

Синантропизация и адвентизация лесных сообществ Калиновского лесопарка (г. Екатеринбург)

Д.П. Дубровина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: биологические инвазии, чужеродные растения, нарушения местообитаний, садовые участки, железные дороги

Деятельность человека приводит к изменениям растительного покрова и может быть причиной нарушений связей в фитоценозах и синантропизации растительных сообществ (Горчаковский, Шурова, 1982). Синантропизация – следствие процесса адаптации растений и растительности к условиям, измененным или созданным в результате антропогенной деятельности. Один из компонентов синантропизации – адвентизация – процесс пополнения флоры или сообществ чужеродными видами растений. Сообщества, преобразованные в результате антропогенных нарушений, могут служить источником заноса адвентивных и синантропных растений в менее нарушенные прилегающие сообщества. Так, садовые участки считаются важными источниками заноса чужеродных видов, и этому есть много свидетельств. В настоящее время не менее 64% чужеродной флоры мира культивируются на частных приусадебных участках или в ботанических садах (Lambdon et al., 2008). Растения, выращиваемые в садах или других декоративных насаждениях, не представляют опасности, пока они находятся в культуре, но, в случае заноса их диаспор в местообитания за пределы места культивирования, может произойти их расселение и натурализация (Kleunen et al., 2018). Также пути миграции адвентивных видов растений обеспечивает строительство и расширение транспортных, в том числе, железнодорожных сетей между регионами. На видовой состав прилегающих к железным дорогам местообитаний влияют особенности грузоперевозок: перевозка пассажиров влечет за собой распространение плодово-ягодных растений, а перевозка грузов – зерновых, бобовых, технических растений и различных сорных видов (Прицепова, 2019).

Относительно многочисленны сведения о влиянии разных источников заноса на адвентизацию и синантропизацию региональных флор; меньше сведений о связи между дальностью разных источников заноса с адвентизацией и синантропизацией локальных сообществ. В работе предпринята попытка оценить, какой из источников пропагул нелегальных видов растений – садовые участки или железные дороги – в боль-

шей степени сопровождается увеличением синантропизации и адвентизации лесных сообществ.

Цель работы: оценить степени синантропизации и адвентизации лесных сообществ Калиновского лесопарка (г. Екатеринбург) вблизи разных источников пропагул нелесных растений. Проверяли две **гипотезы:** в лесных сообществах Калиновского лесопарка числа и доли синантропных и адвентивных видов: (а) больше в сообществах, находящихся вблизи антропогенно нарушенных местообитаний по сравнению с малонарушенными внутренними частями лесопарка; (б) больше в сообществах, примыкающих к садовым участкам, чем к железной дороге.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на территории Калиновского лесопарка в г. Екатеринбурге в июле 2022 г. Обследовано 24 пробных площади (ПП) 20×20 м в разном окружении: по 8 ПП на границах с садовыми участками, на границах с железной дорогой и внутри лесопарка. Выполнили геоботанические описания с выявлением видового состава растений. Для каждого описания определили богатство адвентивных и апофитных видов. Адвентивными считали виды, появление которых в изучаемой области не связано с процессом естественного флорогенеза (Виноградова, 2020) и представляется следствием антропогенного привноса. Апофитные – местные виды, позиции которых в сообществах усиливаются при возрастании антропогенных нагрузок (Третьякова, 2011). Синантропные – сумма апофитных и адвентивных видов (Горчаковский, Шурова, 1982). Статусы видов были определены по А.С. Третьяковой (2011).

Сравнивали число и долю адвентивных видов на границах с садовыми участками, на границах с железной дорогой и внутри лесопарка. Данные обработаны с использованием однофакторного дисперсионного анализа и критерия Тьюки в программе Statistica 10. Оценив корреляцию между числом и долей видов разных статусов, выяснили, что между числом и долей адвентивных и синантропных видов наблюдается значимая положительная корреляция ($r = +0.67...+0.99$; $p = 0.0001-0.0014$). Поэтому для анализа и интерпретации данных о синантропизации и адвентизации сообществ использовали только показатели числа видов на пробных площадях. При обсуждении результатов в тексте представлены средние значения величин, $\pm SD$ (стандартное отклонение среднего).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в 24 описаниях выявлено 269 видов сосудистых растений, из них 49 адвентивных и 95 апофитных, т.е. всего 144 синантропных и, соответственно, 125 индигенных видов.

Среднее число синантропных видов на ПП (рис. 1) изменялось от 24 ± 5.1 видов внутри лесопарка ($39.8 \pm 4.8\%$), до 50 ± 22.7 видов вблизи садовых участков ($65.0 \pm 13.5\%$), на участках вблизи железной дороги в среднем отмечали 41 ± 6.2 вид ($52.8 \pm 5.1\%$). Среднее число синантропных древесных видов на ПП изменялось от 7 ± 2.9 ($68.2 \pm 10.6\%$) внутри лесопарка до 12 ± 5.2 ($79.3 \pm 6.1\%$) вблизи садовых участков, на ПП вблизи железной дороги в среднем отмечалось 9 ± 3.6 синантропных древесных видов ($75.3 \pm 9.2\%$). Среднее число синантропных травянистых растений на ПП изменялось от 16 ± 4.3 видов ($33.1 \pm 4.6\%$) внутри лесопарка до 38 ± 19.2 ($61.1 \pm 15.4\%$) вблизи садовых участков, 31 ± 7.1 вид вблизи железной дороги ($48.5 \pm 6.5\%$). Среднее число всех синантропных видов и синантропных видов трав, по критерию Тьюки, было значимо больше в местообитаниях вблизи садовых участков, по сравнению с местообитаниями внутри лесопарка. Среднее число синантропных видов на ПП в местообитаниях вблизи железной дороги значимо не отличалось от такового внутри лесопарка или вблизи садовых участков. Таким образом, среднее число синантропных видов на ПП в местообитаниях вблизи садовых участков вдвое выше, чем внутри лесопарка.

Среднее число адвентивных видов на ПП в трех вариантах (рис. 2)

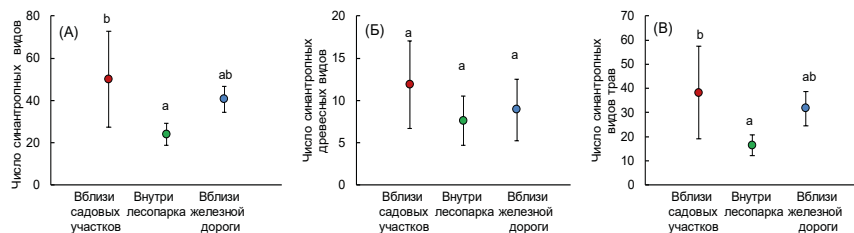


Рисунок 1. Среднее ($\pm SD$) число всех синантропных видов (А), синантропных древесных видов (Б) и синантропных видов трав (В) на площадях вблизи садовых участков (красные маркеры); внутри лесопарка (зеленые маркеры); вблизи железной дороги (синие маркеры). Латинскими буквами обозначены гомогенные группы по критерию Тьюки.

изменялось от 2 ± 1.4 видов внутри лесопарка ($3.8 \pm 2.5\%$), до 14 ± 10.1 видов вблизи садовых участков ($17.5 \pm 7.4\%$), на участках вблизи железной дороги было 3 ± 1.9 вида ($4.3 \pm 2.7\%$). Среднее число адвентивных древесных видов на ПП изменялось от 2 ± 1.4 видов ($18.8 \pm 9.9\%$) внутри лесопарка, до 6.5 ± 3.3 видов ($41.9 \pm 9.4\%$) вблизи садовых участков, на ПП вблизи железной дороги в среднем отмечалось 3 ± 2.1 адвентивных древесных вида ($23.8 \pm 10.4\%$). Внутри лесопарка адвентивных травянистых растений отмечено не было; вблизи садовых участков отмечено 7.5 ± 7.3 видов адвентивных трав ($11.0 \pm 6.9\%$),

вблизи железной дороги – 0.25 ± 0.5 вида ($0.4 \pm 0.7\%$). Как для среднего числа всех адвентивных видов, так и для числа древесных и травянистых адвентивных видов, по критерию Тьюки, на ПП вблизи садовых участков богатство адвентивных видов было значимо больше, чем на ПП внутри лесопарка и ПП вблизи железных дорог. Таким образом, число адвентивных видов в лесных сообществах Калиновского лесопарка примерно в 5–7 раз больше в местообитаниях вблизи садовых участков, по сравнению с местообитаниями вблизи железной дороги и внутри лесопарка.

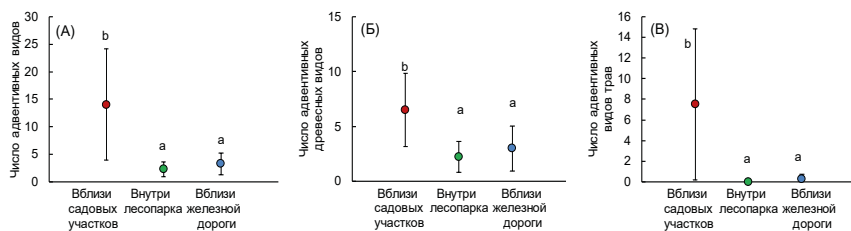


Рисунок 2. Среднее (\pm SD) число всех адвентивных видов (А), адвентивных древесных видов (Б) и адвентивных видов трав (В) на площадях вблизи садовых участков (красные маркеры); внутри лесопарка (зеленые маркеры); вблизи железной дороги (синие маркеры). Латинскими буквами обозначены гомогенные группы по критерию Тьюки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видовое богатство адвентивных и синантропных видов на пробных площадях действительно было больше вблизи источников пропагул нелесных видов, по сравнению с контрольными участками внутри лесопарка. Таким образом, первая гипотеза о том, что число адвентивных и синантропных видов в сообществах вблизи железных дорог и садовых участков выше, чем в сообществах внутри лесопарка, частично подтверждена. Отчасти это прямое следствие наличия доступных пропагул адвентивных и синантропных видов в таких местообитаниях. При этом нельзя исключать, что полученный результат имеет альтернативные способы объяснения. Описания вблизи железных дорог и садовых участков были выполнены на границах лесных сообществ, поэтому часть наблюдаемых различий может быть связана с проявлением краевых эффектов, в том числе явлений, сопряженных с трансформацией территорий, прилегающих к железной дороге и, в особенности, к садовым участкам. К числу таких явлений можно отнести рекреационную нагрузку, загрязнение прилегающих лесных сообществ и, как следствие, уменьшение устойчивости таких сообществ к внедрению адвентивных видов растений.

Важно отметить, что близость разных источников пропагул нелегальных видов неодинаково трансформировала растительные сообщества: степень преобразованности состава сообществ вблизи садовых участков была заметно выше, чем вблизи железных дорог. Сообщества вблизи железной дороги не отличались по степени преобразованности от контрольных местообитаний. Таким образом, вторая рабочая гипотеза о большей степени адвентизации и синантропизации сообществ вблизи садовых участков подтверждена. Однако для формирования богатства адвентивных и синантропных видов важна не только близость и тип источника пропагул, но и степень урбанизации, которая была выше возле границ городской застройки в местообитаниях вблизи садовых участков. Легко отделить эффект урбанизации от особенностей прилегающих антропогенных территорий без дополнительных усилий не представляется возможным. Поэтому для более комплексного понимания закономерностей адвентизации и синантропизации лесных сообществ требуется продолжение исследований. В данном случае, можно заключить, что садовые участки приводят, в целом, к более выраженной синантропизации и адвентизации прилегающих лесных сообществ Калиновского лесопарка, чем железные дороги.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность к.б.н. Н.В. Золотарёвой за идею исследования; асп. Д.И. Дубровину – за консультации в ходе работы. Работа выполнена в рамках темы госзадания ИЭРиЖ УрО РАН №122021000092-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баранова О.Г., Щербачев А.В., Сенатор С.А. и др.* Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флоры // *Phytodiversity of eastern Europe*. 2018. № XII (4). С. 14–22.
- Прищепова С.А.* Факторы, определяющие формирование флоры железных дорог // *Труды междунар. научно-практической конф.* 2019. С. 43–45.
- Третьякова А.С.* Флора Екатеринбурга. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 200 с.
- Виноградова Ю.К., Тохтарь В.К., Зеленкова В.Н. и др.* Флора железнодорожной магистрали и ее сопряженность с характеристиками естественных биомов на территории восточно-европейской равнины // *Вестник ТвГУ*. 2020. № 4 (60). С. 61–82.
- Kleunen M., Essl F., Pergl J. et al.* The changing role of ornamental horticulture in alien plant invasions // *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 2018. Vol. 93. P. 1–17.

Lambdon P.W., Pysek P., Basnou C et al. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs // *Preslia*. 2008. Vol. 80. № 2. P. 101–149.

DOI: [10.5281/zenodo.10054780](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054780)

Особенности строения корней щечных зубов *Spermophilus major* (Rodentia: Sciuridae: Xerinae) из голоценовых местонахождений Южного Урала

Д.Е. Евтюнина, А.Е. Бачурина

Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: *Spermophilus major*, зубы, морфология, голоцен, Южный Урал

Spermophilus major (Pallas, 1779) – важный компонент позднеплейстоценовой и голоценовой фауны Уральского региона (Погодина, 2006; Chemagina et al., 2021). В данной работе продолжено исследование морфологии корневого отдела щечных зубов *S. major*, начатое ранее. В предыдущих работах рассмотрены особенности строения корней третьего верхнего моляра (M3) (Бачурина и др., 2022) и четвертого нижнего премоляра (P4) (Евтюнина, 2023).

Целью нашего исследования было проанализировать особенности строения корней щечных зубов *S. major* из голоценовых местонахождений Челябинской области и Башкирии.

В ходе работы было изучено 105 экземпляров верхних и 67 экземпляров нижних зубов и челюстей ископаемого *S. major* из пятнадцати голоценовых местонахождений Челябинской области и Башкирии из коллекции музея ИЭРиЖ УрО РАН (г. Екатеринбург), и щечные зубы современного *S. major* из коллекции Е.С. Некрасова, хранящейся в Зоологическом музее УрФУ. Изучены форма и расположение корней щечных зубов в челюсти.

Третий верхний премоляр (P3) имеет один корень, предположительно, являющийся результатом срастания двух корней (Громов и др., 1965). На месте срастания присутствует глубокая борозда, степень выраженности которой разнится. Изменчивости в количестве и морфологии корней четвертого верхнего премоляра (P4) и первых–вторых верхних моляров (M1–2) выделено не было. Количество корней первых–вторых нижних моляров (m1–2) и их морфология также отличаются постоянством. Выявлена изменчивость количества и формы корней m3.

Мы исследовали 25 образцов корневой системы m3, представленных 13 челюстями и 12 зубами. Нами выделены простой морфотип – четыре корня – и различные варианты усложненных морфотипов (рис. 1). При этом дополнительные корни и раздвоение корней не

всегда проявляются дополнительными альвеолами на челюсти, поэтому были рассчитаны отдельные соотношения для зубов и для челюстей (рис. 2).

В ходе исследования мы подтвердили отсутствие изменчивости строения корневой части зуба у P3, P4, M1-2, m1-2, выявили изменчивость количества и формы корней m3, при этом усложненные морфотипы не всегда отражаются на строении альвеол челюсти, что стоит учесть в дальнейших исследованиях.

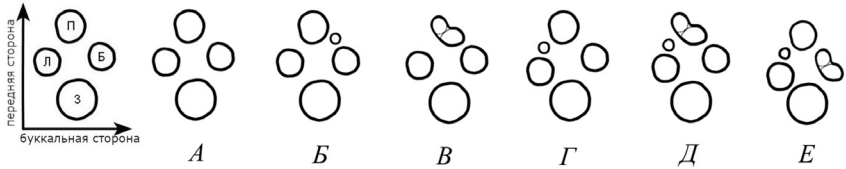


Рисунок 1. Количество, форма и положение корней $m3$ *S. major*. П – передний корень; З – задний корень; Л – лингвальный корень; Б – буккальный корень.

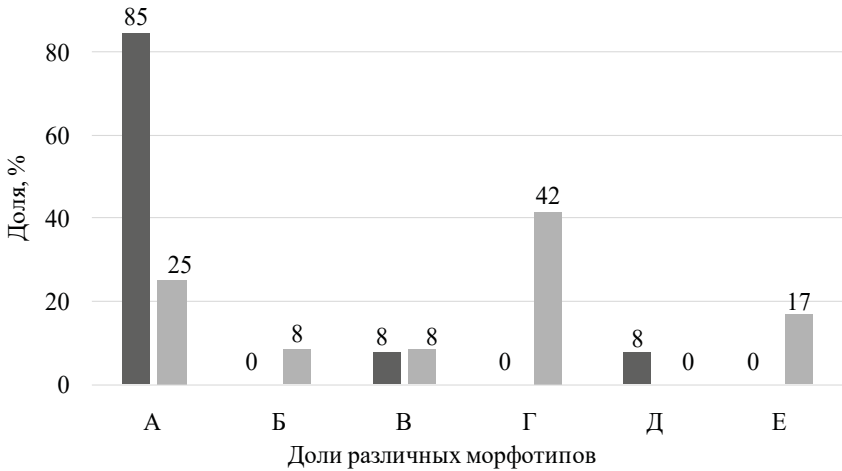


Рисунок 2. Процентное соотношение различных морфотипов для челюстей и зубов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят музей ИЭРиЖ УрО РАН за предоставленный для исследования материал. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00267

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бачурина А.Е., Евтюнина Д.Е., Погодина Н.В., Косинцев П.А. Особенности строения корней третьего верхнего моляра *Spermophilus major* (Rodentia: Sciuridae: Xerinae) из голоценовых местонахождений Южного Урала и Предуралья // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2022. С. 191–192.
- Громов И.М., Бибииков Д.И., Калабухов Н.И., Мейер М.Н. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. 3. Вып. 2. Наземные белычьи (Marmotinae). М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1965. 466 с.
- Евтюнина Д.Е. Особенности строения корней четвертого нижнего пре-моляра *Spermophilus major* (Rodentia: Sciuridae: Xerinae) из голоценовых местонахождений Южного Урала // Био- и геособытия в истории Земли. Этапность эволюции и стратиграфическая корреляция. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2023. С. 211–212.
- Погодина Н.В. Суслик (Rodentia, Sciuridae) из позднего плейстоцена среднего и южного Зауралья // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2006. Т. 111 № 5. С. 17–25.
- Chemagina D., Strukova T., Pogodina N. et al. Ground squirrels of the genus *Spermophilus* from the Pleistocene and Holocene localities of the Middle and South Urals and Trans-Urals region: the dental features // Historical Biology. 2021. Vol. 33 № 1. P. 40–53.

DOI: [10.5281/zenodo.10054822](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054822)

Оценка пространственного распределения дождевых червей (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) в основных типах леса лесостепного Приобья Новосибирской области

С.А. Ермолов

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Ключевые слова: дождевые черви, жизненные формы, лесостепное Приобье, лесные микросайты, валежник

В лесных сообществах дождевые черви (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) являются одними из ключевых организмов-почвообразователей, которые участвуют в формировании гумусового горизонта и минерализации органического вещества почвы. Но, как известно, лес представляет собой сложное растительное сообщество, состоящее из множества различных микросайтов, к которым относятся подкрановое и межкрановое пространства, окна и валежник (Смирнова, 1998, Geraskina et al., 2021). Подход к изучению сообществ дождевых червей с учетом такой микросайтной организации леса позволяет объяснять неоднородность их распределения и оценивать функциональное разнообразие (Geraskina et al., 2021). В Западной Сибири, в частности в лесостепном Приобье Новосибирской области, для которого характерными типами леса являются сосняки и березово-осиновые леса (Мугако, 2008), подобное исследование проводится впервые.

Цель работы – исследование пространственного распределения сообществ дождевых червей хвойных и мелколиственных лесов лесостепного Приобья Новосибирской области и выявление его взаимосвязей с лесной мозаичностью. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**: изучение видового состава населения дождевых червей в почве и валежнике сосновых и березово-осиновых лесов с учетом лесной мозаичности; оценка структуры комплексов жизненных форм дождевых червей в почве лесных микросайтов и валежнике разных стадий разложения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала осуществлялся в летние сезоны 2021–2022 гг. Исследование проводилось в трех разнотравно-папоротниковых сосняках (Заельцовский бор, Кудряшовский бор, окрестности д. Бурмистрово) и трех березово-осиновых папоротниковых лесах

(окрестности п. Каменушка, п. Морозово, с. Быково). В каждом лесу закладывали по три площадки 10 x 10 м, где исследовали подкroновое и межкroновое пространства, а также выделяли по три окна – прорывы в пологе леса, образованные сломом или вывалом минимум трех деревьев, по площади превосходящие площадку. В каждом микросайте отбирали по 5 почвенно-зоологических проб (квадрат стороной 25 см) методом послышной выкопки (глубина слоев 0–2 см, 2–5 см, 5–10 см, 10–30 см) и ручного разбора (Методы..., 1975). В окнах и на некоторых площадках также был проведен разбор валежника, рассматриваемого как отдельный лесной микросайт (Гераськина, 2016; Воробейчик и др., 2020): у сильно разложившихся стволов измеряли высоту, диаметр в нескольких местах и разбирали древесину до почвы; стадия разложения определялась по шкале Гордиенко. У дождевых червей были установлены видовая принадлежность и жизненная форма, согласно классификации Всеволодовой-Перель (Перель, 1975; Всеволодова-Перель, 1997), рассчитана плотность населения. Для сравнения выборок использовался критерий Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования нами были отмечены как виды-космополиты дождевых червей: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826); (собственно-почвенные среднеярусные), *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826), *Dendrodrilus rubidus* (Eisen, 1874) (подстилочные), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843 (почвенно-подстилочные), *Octolasion lacteum* (Örley, 1885) (собственно-почвенные верхнеярусные), так и виды (подвиды), характерные для юга Западной Сибири: *Eisenia nordenskioldi* (Eisen, 1873) (почвенно-подстилочные и норные), *E. n. pallida* Malevič, 1956 (собственно-почвенные среднеярусные), *E. sibirica* Perel et Graphodatsky, 1984 (подстилочные). В сосняках основу населения составляют азиатские виды и подвиды, показатели общей плотности населения дождевых червей невысоки. В березово-осиновых лесах доминируют черви-космополиты, показатели общей плотности населения высокие.

Сообщества дождевых червей в подкroновых и межкroновых пространствах слабо различались по составу жизненных форм и их плотности населения в пределах каждого леса одного типа, но значительно различались при сравнении этих показателей в разных типах леса (табл. 1). В окнах сообщества дождевых червей существенно отличались от таковых в прочих микросайтах по составу и плотности населения определенных жизненных форм как в пределах лесов одного типа, так в лесах разных типов.

Таблица 1. Плотность населения жизненных форм дождевых червей в почве микросайтов исследованных лесов (особи/м²)

Жизненные формы дождевых червей	Сосняки разнотравно-папоротниковые											
	окр. дер. Бурмистрово		Кудряшовский бор			Заельцовский бор						
	ПК	МК	О	ПК	МК	О	ПК	МК	О	ПК	МК	О
Подстилочные	20±7	20±8	93±17	21±8	29±8	46±12	138±41	106±32	41±9			
Почвенно-подстилочные	3±2	3±2	-	33±14	20±6	35±11	31±14	30±15	54±21			
Собств-почв. верхнеярусные	-	-	-	-	-	-	31±20	82±36	7±5			
Собств-почв. среднеярусные	3±2	12±6	2±1	96±25	119±38	100±33	59±15	70±15	38±10			
Норные	-	-	-	5±3	5±2	2±1	2±1	4±2	ед.			
Итого	26±8*	35±9	95±18*	156±29	174±26	183±15*	260±40	292±36*	142±18*			
Березово-осиновые папоротниковые леса												
Жизненные формы дождевых червей	окр. п. Каменушка			окр. п. Морозово			окр. с. Быково					
	ПК	МК	О	ПК	МК	О	ПК	МК	О			
Подстилочные	7±4	4±2	15±7	26±6	23±8	91±38	44±10	25±6	13±5			
Почвенно-подстилочные	57±9	79±12	50±8	59±23	45±22	11±5	94±29	103±20	134±25			
Собств-почв. верхнеярусные	144±23	118±24	48±17	143±32	154±32	107±24	141±34	109±24	100±17			
Собств-почв. среднеярусные	64±21	60±18	87±19	9±4	30±9	44±17	113±27	154±34	202±20			
Норные	ед.	2±1	ед.	4±3	5±2	22±4	7±3	11±3	ед.			
Итого	273±38	263±45	202±22*	238±45	257±44	274±35*	399±67*	361±35*	450±36*			

Примечания: ПК – подкоровое пространство, МК – межкоровое пространство, О – окна, - – не обнаружено, ед. – отмечено единично, * – статистически значимые различия при сравнении плотности населения червей в микросайтах (ПК:М-К:О), $p < 0.05$ (критерий Манна-Уитни).

Таблица 2. Доля населения жизненных форм дождевых червей в лесных валежниках разных стадий разложения (%)

Сосняки разнотравно-папоротниковые						
Жизненные формы дождевых червей	окр. дер. Бурмистрово		Кудряшовский бор		Засльдовский бор	
	Сосна, ст. 2	Береза, ст. 2	Сосна, ст. 2–3	Береза, ст. 2	Сосна, ст. 2	Сосна, ст. 3
Подстилочные	37	58	65	81	81	84
Почвенно-подстилочные	55	41	35	19	15	14
Собств-почв. верхнеярусные	–	–	–	–	–	–
Собств-почв. среднеярусные	4	1	3	–	4	2
Норные	4	–	–	–	–	ед.
Итого	100	100	100	100	100	100
Березово-осиновые папоротниковые леса						
Жизненные формы дождевых червей	окр. п. Каменушка		окр. п. Морозово		окр. с. Быково	
	Береза, ст. 2–3	Осина, ст. 2/Осина, ст. 3	Осина, ст. 2	Береза, ст. 2	Береза, ст. 2–3	Береза, ст. 3
Подстилочные	46	25	35	72	29	22
Почвенно-подстилочные	52	39	59	22	54	57
Собств-почв. верхнеярусные	2	17	4	–	–	14
Собств-почв. среднеярусные	–	16	2	1	12	4
Норные	–	3	–	5	5	3
Итого	100	100	100	100	100	100

Примечания: ст. – стадия разложения валежника, «–» – не обнаружено, ед. – отмечено единично.

Для сообществ разнотравно-папоротниковых сосняков характерны комплексы с преобладанием подстилочных (*D. octaedra*) и собственно-почвенных среднеярусных (*E. n. pallida*) дождевых червей. Наибольшие плотность населения и разнообразие жизненных форм отмечены в Заельцовском бору (только в этом сосняке были отмечены собственно-почвенные верхнеярусные черви (*O. lacteum*)), наименьшее – в окрестностях д. Бурмистрово, где почти все население представлено подстилочными червями. В комплексах березово-осиновых лесов отмечена сравнительно высокая плотность населения собственно-почвенных верхнеярусных (*O. lacteum*) и почвенно-подстилочных (*L. rubellus*) дождевых червей, обильно встречаются собственно-почвенные среднеярусные формы (*A. caliginosa*). Наибольшая плотность населения червей отмечена в лесу окрестностей с. Быково, в двух других лесах плотность населения примерно одинакова. (табл. 1). Норные черви (*E. nordenskioldi*) во всех исследованных лесах встречались редко и не имели ярко выраженной приуроченности к определенному микросайту. Наибольшая плотность населения норных червей была отмечена в окнах в лесу окрестностей п. Морозово (табл. 1).

Поскольку при данном исследовании валежник зачастую отсутствовал на всех выбранных площадках, повторности получить не удалось и ниже мы приводим процентное соотношение жизненных форм дождевых червей в обнаруженных валежниках. В сосновых лесах валежник можно считать своеобразным «продолжением» верхнего слоя почвы и горизонта лесной подстилки, так как основу его населения составляют подстилочные (*D. octaedra*, *D. rubidus*) и почвенно-подстилочные (*E. nordenskioldi*) дождевые черви. В березово-осиновых лесах валежник представляет собой особый отдельный микросайт, населенный разными онтогенетическими стадиями дождевых червей всех упомянутых жизненных форм. Фактически, в валежнике мелколиственных лесов мы обнаружили полночленный комплекс жизненных форм дождевых червей (табл. 2). Только в населении валежников березово-осиновых лесов был отмечен синантропный для Новосибирской области почвенно-подстилочный червь *E. fetida*, почти не населяющий природные биотопы. Во всех исследованных лесах не было отмечено четкой взаимосвязи между составом сообщества дождевых червей и стадией разложения валежника.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования установлено, что разнотравно-папоротниковые сосняки лесостепного Приобья Новосибирской области в основном населены подстилочными и собственно-почвенными

ми среднеярусными дождевыми червями, среди которых преобладают азиатские виды. В березово-осиновых папоротниковых лесах основу населения составляют почвенно-подстилочные и собственно-почвенные верхне- и среднеярусные черви, представленные исключительно космополитами. В подкروновых и межкروновых пространствах население червей не различается в пределах леса одного типа, но значительно различается по плотности населения и структуре комплексов жизненных форм в лесах разных типов; в населении окон подобные различия наблюдаются и при сравнении лесов одного типа. В сосняках основу населения валежника составляют подстилочные и почвенно-подстилочные черви, в березово-осиновых лесах в валежниках отмечен полноценный комплекс дождевых червей.

Таким образом, при дальнейшем исследовании дождевых червей в данном регионе в качестве отдельных лесных микросайтов допустимо выделять валежник и окна, а подкروновое и межкروновое пространства, ввиду отсутствия различий, можно объединить в единый микросайт, обозначив его как «пространство под пологом леса».

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках проекта «Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов» (НИОКТР № 122111500023-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробейчик Е.Л., Ермаков А.И., Нестеркова Д.В., Гребенников М.Е.* Крупные древесные остатки как микростации обитания почвенной мезофауны на загрязненных территориях // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 1. С. 85–95.
- Всеволодова-Перель Т.С.* Дождевые черви фауны России. Кадастр и определитель. М.: Наука, 1997. 102 с.
- Гераськина А.П.* Проблемы количественной оценки и учета фаунистического разнообразия дождевых червей в лесных сообществах // Russian journal of ecosystem ecology. 2016. Т. 2. № 2. С. 1–9.
- Гиляров М.С.* (ред.) Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. 281 с.
- Мугако А.Л.* Природа Новосибирской области. Новосибирск: Новосибирский государственный краеведческий музей, 2008. 40 с.
- Перель Т.С.* Жизненные формы дождевых червей (Lumbricidae) // Журнал общей биологии. 1975. Т. 36. № 2. С. 189–202.
- Смирнова О.В.* Популяционная организация биоценологического покрова лесных ландшафтов // Успехи современной биологии. 1998. Т. 118. Вып. 2. С. 148–165.

Geraskina A., Shevchenko N., Kuprin A., Grabenko E. The role of canopy gaps in maintaining biodiversity of plants and soil macrofauna in the forests of the northwestern Caucasus // *Ecological Questions*. 2021. Vol. 32. № 2. P. 1–28.

DOI: [10.5281/zenodo.10054839](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054839)

Новые данные по газелям (*Artiodactyla*, *Bovidae*) из позднего миоцена Северо-Западного Причерноморья

И.А. Ермольчик

Палеонтологический институт РАН, г. Москва

Ключевые слова: Gazella, поздний миоцен, Северо-Западное Причерноморье, видовой состав

Газели – группа парнопалых семейства *Bovidae*, широко распространенная в Азии и Африке, в экосистемах степного и саванного типов. Для фаунистических сообществ (гиппарионовых фаун) позднего миоцена Европы и Азии они являлись основной фоновой группой копытных. Данные по газелям широко используются для стратиграфического расчленения и корреляции континентальных отложений неогена, а также реконструкции особенностей палеоландшафтов и климатических обстановок. Но изученность группы до настоящего времени остается все ещё недостаточной, и взгляды разных исследователей на ее таксономический статус и состав (в том числе состав газелей Северо-Западного Причерноморья) существенно различаются (Дмитриева, 1970; Короткевич, 1976, 1984; Крахмальная, 1996; Kostopoulos, 2006, 2009, 2022; Kostopoulos, Bernor, 2011; Orak et al., 2021).

Цель исследования – ревизия видового состава газелей из позднего миоцена Северо-Западного Причерноморья (Молдовы и Одесской области Украины). **Задачи:**

1. Морфологическое изучение краниологического материала (череп, роговые стержни, нижние челюсти и зубы);
2. Морфометрическая обработка материала;
3. Уточнение видового состава газелей Северо-Западного Причерноморья с учетом актуальных данных по группе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучался палеонтологический материал из местонахождений Тараклия, Чимишлия и Чобручи (Молдова), собранный за период с 1908 по 1956 годы и хранящийся в Палеонтологическом институте им. А.А. Борисяка РАН и Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН. Всего было изучено 380 образцов (череп, роговые стержни, нижние челюсти и зубы).

Морфометрическая обработка материала проводилась по методике, принятой для изучения остеологического материала (von den Driech, 1976, Bärmann, Rössner, 2013). Видовое определение материала осу-

щественно различались методом сопоставления с голотипами видов и другими материалами из типовых местонахождений, а также с учетом данных последних ревизий группы (например, Kostopoulos, 2022). Для уточнения видового состава также применялся двухкомпонентный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ краниологического материала показал присутствие в рассматриваемых местонахождениях четырёх видов газелей: *Gazella deperdita* Gervais, 1847, *Gazella capricornis* Wagner, 1848, *Gazella cf. mytilinii* Pilgrim, 1926, *Gazella pilgrimi* Bohlin, 1935.

По наиболее массовому материалу (роговым стержням) указанные виды отличаются по ряду ключевых признаков, в частности, по индексам массивности и поперечного сечения роговых стержней (рис. 1а, 1б).

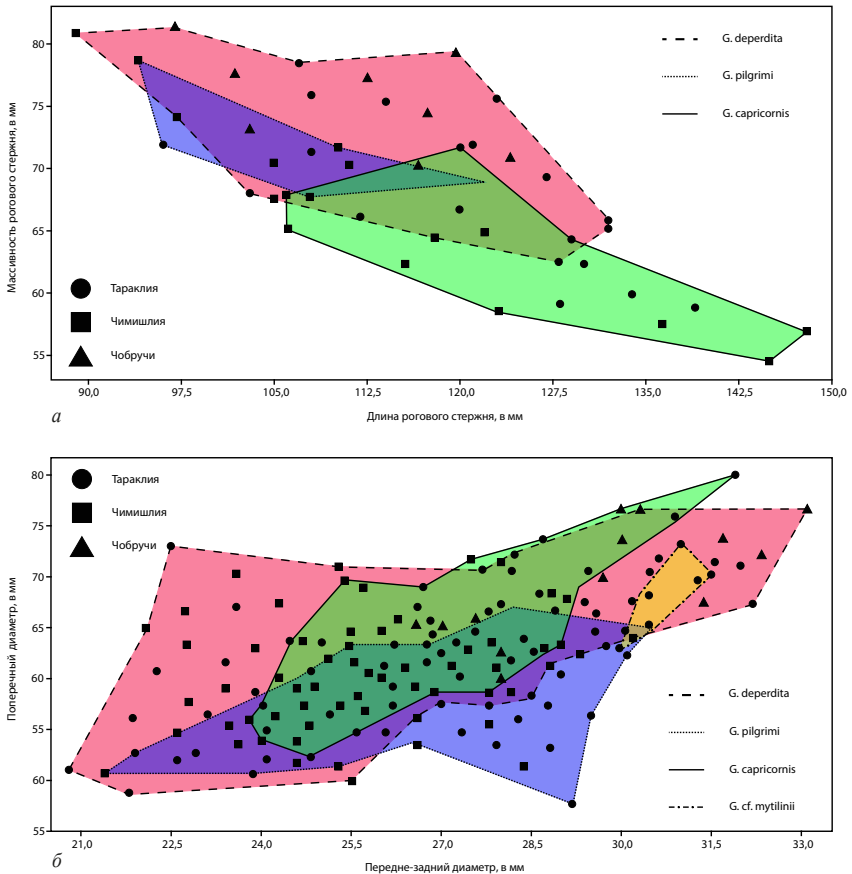


Рисунок 1. График массивности (а) и поперечного сечения (б) роговых стержней газелей Северо-Западного Причерноморья.

Gazella deperdita имеет широкий диапазон массивности роговых стержней; поперечное сечение неправильно овальной формы, близкой к субтреугольному за счет развития латеро-постериорного и медио-постериорного уплощений. *G. pilgrimi* характеризуется относительно короткими и массивными роговыми стержнями; поперечное сечение овальное; латерально и медиально роговые стержни имеют выраженные уплощения. У *G. capricornis* роговые стержни относительно более длинные и грацильные, а поперечное сечение неправильно овальное (ближе к овальному); также, как и у *G. deperdita*, имеются латеро-постериорное и медио-постериорное уплощения, но они выражены гораздо слабее и субтреугольную форму не образуют. У *G. cf. mytilinii* поперечное сечение роговых стержней овальное, есть слабое постеро-медиальное уплощение.

Наиболее диагностичным зубом у газелей является нижний премоляр р4 (рис. 2). Виды газелей хорошо различаются по строению и особенностям основных морфологических элементов (конидов, стилидов и долинок) этого зуба. У *G. deperdita* параконид и парастилид разделены слабо и просто соединяются препаракристой. Метаконид имеет только одно крыло, оно отогнуто кзади и полностью сливается с энтоконидом. Задняя долинка полностью замкнутая, круглая. Гипоконид незначительно выступает лабиально, умеренно широкий и округлый (рис. 2а).

У *G. capricornis* параконид и парастилид хорошо разделены, образуется глубокая и широкая передняя добавочная долинка. Передняя долинка округло-овальная, немного заострена. Метаконид также имеет только одно крыло, отогнутое назад, однако оно не сливается с энтоконидом и оставляет заднюю долинку незамкнутой. Гипоконид относительно широкий (рис. 2б).

У *G. pilgrimi* параконид широкий, а парастилид суженный. Передняя добавочная долинка также сужается. Метаконид имеет два крыла, заднее такое же, как у *G. deperdita*. Переднее крыло может быть разной длины и ширины. Задняя долинка замкнутая и круглая. Гипоконид короткий и узкий и значительно вытянутый латеро-аборально (рис. 2в).

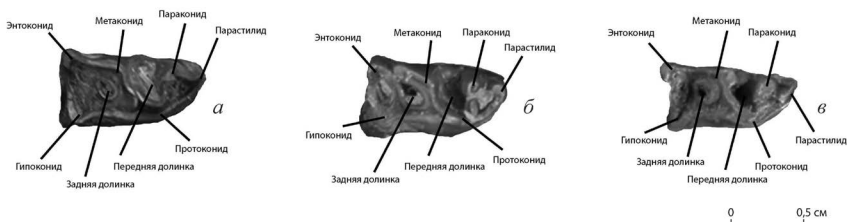


Рисунок 2. Нижний премоляр р4 газелей Северо-Западного Причерноморья.
а – *G. deperdita*; б – *G. capricornis*; в – *G. pilgrimi*.

В ходе исследования были выявлены определенные морфотипы основной затылочной кости (рис. 3). Эти морфотипы стабильны и хорошо соотносятся с другими вышеприведенными видовыми признаками. *G. deperdita* имеет широкие поперечные валики и развитые задние мышечные бугорки; срединный желоб широкий и глубокий (рис. 3а). У *G. capricornis* задние мышечные бугорки развиты слабо; поперечные валики длинные и узкие; срединный желоб очень короткий (рис. 3б). У *G. pilgrimi* задние мышечные бугорки умеренно развиты, а поперечные валики по пропорциям сопоставимы с таковыми у *G. capricornis*, но несколько более высокие. Срединный желоб глубокий, но не такой широкий как у *G. deperdita* (рис. 3в).

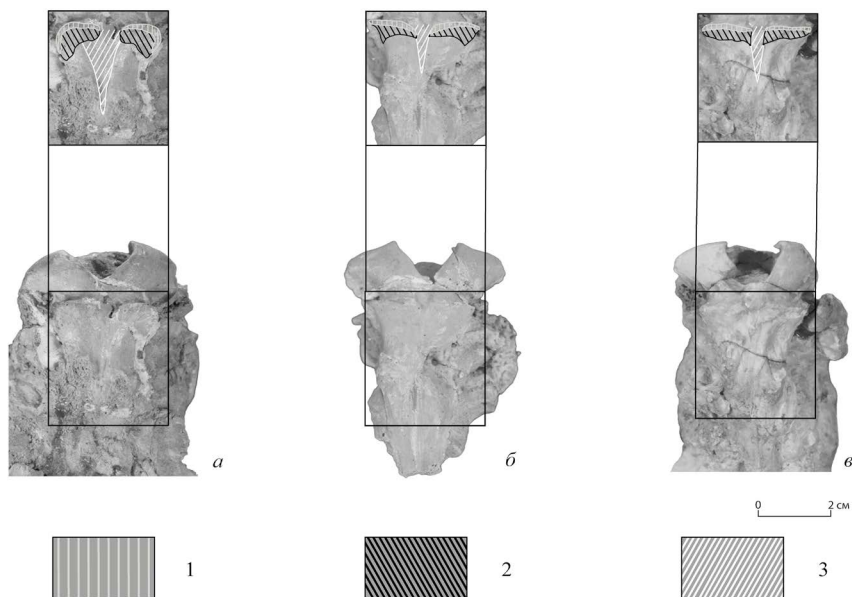


Рисунок 3. Основная затылочная кость газелей Северо-Западного Причерноморья. а – *G. deperdita*; б – *G. capricornis*; в – *G. pilgrimi*; 1 – поперечный валик; 2 – задний мышечный бугорок; 3 – срединный желоб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что в Северо-Западном Причерноморье в позднем миоцене были распространены газели видов *Gazella deperdita*, *G. capricornis*, *G. pilgrimi* и *G. cf. mytilinii*. Сравнительно-морфологическое изучение черепов позволило впервые выделить морфотипы основной затылочной кости, характерные для разных видов. Новые данные о морфологии позднемиоценовых газелей важны для диагностики видов и в дальнейшем могут быть полезны для уточнения особенностей их палеоэкологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дмитриева Е.Л.* Об объеме *Gazella deperdita* (Gervais, 1848) // Материалы по эволюции наземных позвоночных. М.: Наука, 1970. С. 52–60.
- Короткевич Е.Л.* Поздненеогеновые газели Северного Причерноморья. Киев: Наукова думка, 1976. 248 с.
- Короткевич Е.Л.* Фоновые группы позднемиоценовых жвачных и история формирования гиппарионовой фауны Восточной Европы. Автореф. дис... докт. биол. наук. Киев, 1984. 47 с.
- Крахмальная Т.В.* Гиппарионовая фауна древнего мэотиса Северного Причерноморья. Киев: Наукова думка, 1996. 225 с.
- Bärmann E. V., Rössner G.E.* Dental nomenclature in Ruminantia: Towards a standard terminological framework // *Mammalian Biology*. 2011. Vol. 76. P. 762–768.
- Kostopoulos D.S.* Greek bovids through time // *Hellenic Journal of Geosciences*. 2006. Vol. 41. P. 141–152.
- Kostopoulos D.S.* The Late Miocene Mammal Faunas of the Mytilinii Basin, Samos Island, Greece: New Collection. 14. Bovidae // *Beiträge zur Paläontologie*. 2009. Vol. 31. P. 345–389.
- Kostopoulos D.S.* The Fossil Record of Bovids (Mammalia: Artiodactyla: Ruminantia: Pecora: Bovidae) in Greece // *Fossil Vertebrates of Greece*. 2022. Vol. 2. Lauresitherians, Artiodactyles, Perissodactyles, Carnivorans, and Island Endemics. P. 113–204.
- Kostopoulos D.S., Bernor R.L.* The Maragheh bovids (Mammalia, Artiodactyla): systematic revision and biostratigraphic-zoogeographic interpretation // *Geodiversitas*. 2011. Vol. 33. № 4. P. 649–708.
- Orak Z., Ataabadi M.M., Solgi A., Majidifad M.R., Kostopoulos D.S.* Late Miocene gazelles (Bovidae, Antilopini) from fossil localities in Western and Northwest Iran // *Arabian Journal of Geosciences*. 2021. Vol. 14. № 3. P. 1–11.
- von den Driesch A.* A guide to the measurement of animal bones from archeological sites // Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Harvard: Harvard University, Peabody Museum Press, 1976. 136 pp.

DOI: [10.5281/zenodo.10054865](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054865)

Настоящий трутовик с точки зрения политипического подхода к определению вида

Е.В. Жуйкова

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: комплексный вид, политипический, трутовые грибы, ITS, Fomes

Среди всех существующих концепций биологических видов (биологической, филогенетической, экологической, политипической, морфологической) в микологии преобладает морфологическая (Kirk et al., 2008). Одним из ее центральных элементов является положение о типе, то есть эталонном образце, относительно которого происходит сравнение по морфологическим признакам. Однако такой подход противоречит широкому географическому распространению многих дереворазрушающих грибов, которое предполагает географическую изменчивость условий среды и внутривидовую изменчивость как результат приспособления к этим условиям. Отчасти этот разрыв объясняется тем, что простая морфология плодовых тел и ограниченное число морфологических признаков затрудняют изучение внутривидовой изменчивости (Judova et al., 2013; Gaperova et al., 2016). Согласно Майру (1974), виды, описываемые в соответствии с морфологической концепцией, являются монотипическими морфологическими видами, то есть одинаковыми в любое время в любой географической точке распространения.

В современной систематике грибов широкое распространение получили молекулярно-генетические методы. Хотя они показывают и внутривидовую изменчивость, благодаря им также укрепляется концепция монотипического вида, что связано с появлением типовых или референсных, то есть эталонных последовательностей. С этим же связана тенденция дробления крупных видов на более мелкие, примером чего может служить настоящий трутовик *Fomes fomentarius sensu lato* (Polyporaceae, Agaricomycetes), который согласно работе Peintner et al. (2019) состоит из двух видов: *F. fomentarius sensu stricto*, или же собственно *Fomes fomentarius* (L.) Fr., и *F. inzengae* (Ces. & De Not.) Cooke.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На Урале и прилегающих территориях настоящий трутовик – это один из самых массовых трутовых грибов. Нами в течение ряда лет проведены исследования по изучению его филогенетического состава с помощью анализа последовательностей внутренних транскрибируе-

мых спейсеров (ITS) рибосомной ДНК – общепринятого в микологии генетического маркера (Schoch et al., 2012). Материалы для молекулярно-генетического анализа в рамках настоящей работы были собраны на Южном (Республика Башкортостан, Оренбургская и Челябинская области), Среднем (Свердловская область, Пермский край) и Северном (Свердловская область) Урале, а также в Зауралье (Костанайская область Республики Казахстан). Протяженность профиля с севера на юг составляет около 1000 км. В общей сложности было собрано 183 базидиокарпа, 59 из которых были отобраны для генетического анализа. Подробная информация о них собрана и представлена в базе данных GBIF «*Fomes fomentarius* in the Urals and adjacent territories from the Institute of Plant and Animal Ecology herbaria» (Zhuykova, Mukhin, 2022). Методы получения последовательностей и их анализа, а также статистической обработки данных подробно описаны ранее (Mukhin et al., 2018; Жуйкова, Мухин, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показывают, что на Урале распространены две филогенетические линии A2 и B2. Одна из них была описана в работах Judova et al. (2013) и Garer et al. (2016), другая – выделена нами (Mukhin et al., 2018). Они отличаются двумя инделами и полиморфизмом в 7 сайтах (рис. 1), и эти различия обеспечивают однозначное и воспроизводимое разделение на клады при использовании любых методов и моделей для построения филогенетических деревьев. Сопоставление филогенетических линий с таковыми, выделенными Peintner et al. (2019) видами показывает, что линия A2 идентична *F. fomentarius sensu stricto*, а линия B2 – кластеру вида *F. inzengae* (рис. 2).

Однако у этих же фактов возможна иная интерпретация. Применяя «видовую гипотезу», которая говорит о том, что если сходство последовательностей меньше произвольно выбранного значения 99–98–97%, то это один вид (Koljalg U. et al., 2013), мы получаем неоднозначные результаты: средний уровень сходства между линиями 97.66% (при варьировании от 97.11% до 97.96%). Значение же показателя нуклеотидной дивергенции между ними составляет 1.22% или 7 п.о., что ниже среднего уровня внутривидовой изменчивости базидиомицетов – 3.33% (Nilsson et al., 2008). Тогда 1.22% – это всего лишь уровень внутривидовых различий, в этом случае мы должны принять, что речь идет об инфравидовых филогенетических группах. В то же время различие линий *F. fasciatus* (Sw.) Cooke – другим видом того же рода – в разы больше: 7.15% (33 п.о. в среднем) и 8.73% (38 п.о. в среднем) между A2 и B2 и внешней группой соответственно. Аналогичная картина была нами показана для настоящего трутовика в Армении (Badalyan et al.,

2022). В соответствии с этим две филогенетические линии А2 и В2 настоящего трутовика, вероятно, могут рассматриваться в ранге подвигов, а не видов.

Наиболее наглядно различия между ними видны при анализе субстратной специализации. Благодаря данным с территории Урала удалось установить ведущие субстраты линий: древесина *Betula* для А2 и *Populus* для В2 ($\chi^2 = 38.17, p < 0.001$), которые могут использоваться в качестве дискриминирующего признака на данной территории. Подобное разделение также обеспечивает возможность симпатрического существования линий в областях перекрытия ареалов. Они значительно перекрываются, однако линия А2 располагается севернее относительно линии В2 ($F_{(1,57)} = 33.67, p < 0.001$), что также соответствует данным из Европы (Peintner et al., 2019). На данный момент Урал является восточной границей распространения линии В2 (Жуйкова, Мухин, 2022).

Линия	10 п.о.	254 п.о.	21 п.о.	15 п.о.	31 п.о.	30 п.о.	
A2	GG--TT	CGCCTGGCG	AAACCTTT	-GTTGG	CC-----AGT	TGTGGA	CGCACCG
B2	GGGATT	CGCTTTGCG	AAMCTTT	-ATTGG	CCTCGTTGAGT	TTCGGA	CGCACCG

Рисунок 1. Фрагменты выравнивания последовательностей ITS1 и ITS2 *F. fomentarius* с территории Урала.

Зеленым цветом обозначены инделы, желтым – нуклеотидные полиморфизмы.

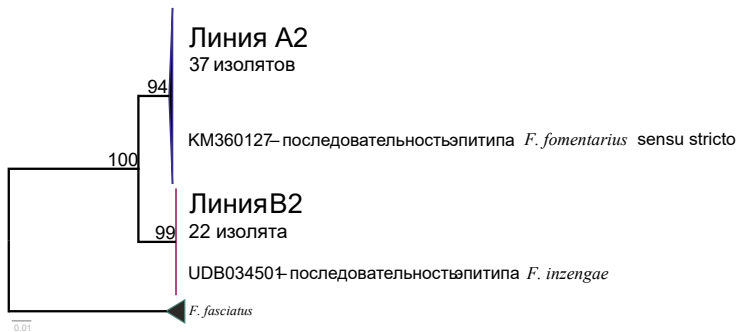


Рисунок 2. Филогенетическое дерево ITS1-5.8S-ITS2 последовательностей настоящего трутовика на Урале, построенное методом максимального правдоподобия с на двухпараметрической модели Кимуры (K2) (Kimura, 1980) в масштабе количества замен на сайт на основе 529 позиций в MEGA7 (Kumar et al., 2016). Статистическая поддержка узлов была выполнена на основе bootstrap статистики (500 реплик).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом филогенетический анализ показывает, что на Урале настоящий трутовик является комплексным видом, состоящим из двух филогенетических линий, идентичных линиям А2 и В2, а также

F. fomentarius s. str. и *F. inzengae* соответственно, описанных для этого вида в Европе. Таксономический статус этих линий является дискуссионным; по нашему мнению, они являются инфравидовыми группами. Мы также полагаем, что настоящий трутовик относится к политипическим видам сапроксилотрофных грибов, состоящих из генетически различных, но морфологически неразличимых (криптических) филогенетических линий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Жуйкова Е.В., Мухин В.А.* Разнообразие и экологические особенности филогенетических линий настоящего трутовика на Урале // Экология. 2022. № 5. С. 355–361.
- Майр Э.* Популяции, виды и эволюция М.: МИР, 1974. 464 с.
- Gaper J., Gaperova S., Pristas P., Naplavova K.* Medicinal value and taxonomy of the tinder polypore, *Fomes fomentarius* (Agaricomycetes): a review // International Journal of Medicinal Mushrooms. 2016. Vol. 18. № 10. P. 851–859.
- Gaperova S., Gaper J., Gašparcova T. et al.* Morphological variability of *Fomes fomentarius* basidiomata based on literature data // Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae. 2016. Vol. 1. P. 42–51.
- Judova J., Dubikova K., Gaperova S. et al.* The occurrence and rapid discrimination of *Fomes fomentarius* genotypes by ITS-RFLP analysis // Fungal Biology. 2012. Vol. 116. P. 155–160.
- Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A.* Dictionary of Fungi. 10th ed. UK: CABI, 2008. 784 pp.
- Koljalg U., Nilsson R.H., Abarenkov K. et al.* Towards a unified paradigm for sequence-based identification of fungi // Molecular Ecology. 2013. Vol. 22. № 21. P. 5271–5277.
- Kumar S., Stecher G., Tamura K.* MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets // Molecular Biology and Evolution. 2016. Vol. 33. P. 1870–1874.
- Mukhin V.A., Zhuykova E.V., Badalyan S.M.* Genetic variability of the medicinal tinder bracket polypore, *Fomes fomentarius* (Agaricomycetes), from the Asian Part of Russia // International Journal of Medicinal Mushrooms 2018. Vol. 20. № 6. P. 561–568.
- Nilsson R.H., Kristiansson E., Ryberg M. et al.* Intraspecific ITS Variability in the Kingdom Fungi as Expressed in the International Sequence Databases and Its Implications for Molecular Species Identification // Evolutionary Bioinformatics. 2008. Vol. 4. P. 193–201.

- Peintner U., Kuhnert-Finkernagel R., Wille V. et al.* How to resolve cryptic species of polypores: an example in *Fomes* // *IMA Fungus*. 2019. Vol. 10. № 17. P. 1–21.
- Schoch C.L., Seifert K.A., Huhndorf S. et al.* Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 109. № 16. P. 6241–6246.
- Zhuykova E., Mukhin V. *Fomes fomentarius* in the Urals and adjacent territories from the Institute of Plant and Animal Ecology herbaria. Version 1.2. Institute of Plant and Animal Ecology (IPAE). Occurrence dataset. 2021. URL: www.gbif.org/dataset/c63da19d-5bda-4325-8f85-1abe747b141c

DOI: [10.5281/zenodo.10054908](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054908)

Патологии и аномалии развития зубов большого (*Ursus kanivetz*) и малого (*U. rossicus*) пещерных медведей

Д.А.Захаров¹, 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*, зубы, патологии, Урал

Изучение патологий древних животных позволяет получить важную информацию об их биологии, поскольку они могут влиять на образ жизни и пищевое поведение. Описания патологий зубов пещерных медведей в литературе немногочисленны (Toledano et al., 2010, Withalm, 2004). Свидетельств о частоте встречаемости различных патологий у пещерных медведей нет, однако существуют работы о частоте встречаемости кариеса современных черных медведей (*Ursus americanus*). В крупных выборках этого вида (более 300 особей) частота кариеса достигает 2.0% (Hall, 1945), в малых (до 100 особей) колеблется от 10.5% до 20.0% (Manville, 1990).

Цель нашей работы состоит в изучении дентальных патологий большого пещерного медведя (*Ursus kanivetz*) и малого пещерного медведя (*Ursus rossicus*) на Южном Урале. Актуальность работы обусловлена низкой изученностью патологий костных остатков пещерных медведей, в том числе и патологий зубов. Новизна работы состоит в применении современных методов диагностики зубных патологий, что на данный момент практически не встречается в литературе, посвященной изучению патологий пещерных медведей.

В ходе исследования нами изучено 141 челюсть и 378 изолированных зубов *U. kanivetz* из пещеры Заповедная и 28 челюстей и 1067 изолированных зубов *U. rossicus* из пещеры Иманай. Материал хранится в музее ИЭРиЖ УрО РАН. По полу материал не разделялся. Обе пещеры расположены на Южном Урале. Находки *U. kanivetz* в пещере Заповедная датируются 50–30 тыс. лет (Baryshnikov et al., 2019), костные остатки *U. rossicus* из пещеры Иманай датируются 42–32 тыс. лет (Gimranov et al., 2022).

Зубы, имеющие признаки кариозных областей, были изучены с использованием томографа Gendex CB-500 с параметрами 120кВ, 5мА, толщина среза 0.1мм. Изображения и 3D-модели получены посредством RadiAnt DICOM Viewer.

Также была проанализирована стертость щечных зубов по системе, предложенной М. Stiner (1996). По стертости материал был разделен на категории: низкая стертость (молодые особи); средняя стертость с обнажением дентина до 60% коронки (взрослые особи); сильная стертость с обнажениями дентина более 60% (старые особи). На основании полученных данных установлено, что в пещере Заповедная молодые особи составляют 33.5%, взрослые особи – 59.7%, старые особи – 6.8%, а в пещере Иманай молодые особи составляют 43.0%, взрослые особи – 54.6%, старые особи – 2.4%.

В результате нам удалось установить 1 случай кариеса (0.19%) у *U. kanivetz* из пещеры Заповедная и 3 случая кариеса (0.27%) у *U. rossicus* из пещеры Иманай. Кариес был обнаружен только на зубах со средней стертостью, принадлежавших взрослым особям. Помимо кариеса, у *U. kanivetz* было обнаружено 3 случая аномалии развития зубов (0.58%), из которых 2 случая расщепления зуба (шизодонтия) и 1 случай неправильного расположения зуба в зубном ряду (дистопия). У *U. rossicus* аномалий развития не было обнаружено. Обнаруженные нами аномалии развития зубов являются известными и подробно описанными у других наземных млекопитающих (Miller et al., 2022). Причины их возникновения на данный момент малоизучены (Hunasi et al., 2017, Mahendra et al., 2014).

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем благодарность к.б.н. П.А. Косинцеву и А.А. Воробьеву, сотруднику музея ИЭРиЖ УрО РАН, за сбор ископаемого материала и предоставление материала для исследования, а также М.М. Бухеру, врачу-челюстно-лицевому хирургу (РЖД Медицина г. Екатеринбург), А.С. Беляевой, врачу-патологоанатому (РЖД Медицина г. Екатеринбург) за консультацию, А.Ю. Аристову, врачу-рентгенологу (Стоматологическая клиника «Приор-М», РЖД Медицина г. Екатеринбург) за консультацию и проведение КТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Baryshnikov G., Gimranov D., Kosintsev P.* Variability of the upper incisors in the cave bears (Carnivora, Ursidae) from the Caucasus and Urals // *Comptes Rendus Palevol.* 2019. Vol. 18. № 2. P. 209–222.
- Gimranov D., Bocherens H., Kavcik-Graumann N. et al.* The cave bears from Imanay Cave (Southern Urals, Russia) // *Historical Biology.* 2022. Vol. 35. P. 1–9.
- Hall E.R.* Dental Caries in Wild Bears // *Transactions of the Kansas Academy of Science.* 1945. Vol. 48. № 1. P. 79–85.

- Hunasgi S., Koneru A., Manvikar V. et al.* A Rare Case of Twinning Involving Primary Maxillary Lateral Incisor with Review of Literature // Journal of clinical and diagnostic research. 2017. Vol. 11. № 2. P. 9–11.
- Mahendra L., Sujatha G., Jayanandan M., Shamsudeen S. et al.* Complete Bilateral Gemination of Maxillary Incisors with Separate Root Canals // Case reports in dentistry. 2014. Vol. 2014. № 425343. P. 1–5.
- Manville A.M.* Variability of Dental Diseases in Two Populations of Great Lakes Black Bears // Bears: Their Biology and Management. 1990. Vol. 8. P. 129-134.
- Miller H., Avrahami H., Zanno L.* Dental pathologies in lamniform and carcharhiniform sharks with comments on the classification and homology of double tooth pathologies in vertebrates // PeerJ. 2022. Vol. 10. № e12775. P. 1–35.
- Stiner M.* Mortality analysis of Pleistocene bears and its paleoanthropological relevance // Journal of human evolution. 1998. Vol. 34. P. 303-326.
- Toledano L., Mario R., Santi G.* Dental pathologies in the mandibles of cave bears from Grotta delle Pale Rosse (Passo Brocon, Trentino Alto Adige - North Italy) // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen. 2010. Vol. 256. P. 257–266.
- Withalm G.* Pathologies of Cave Bear Bones from Potočka zijalka (Slovenia) // Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. 2004. Vol. 13. P. 183–196.

DOI: [10.5281/zenodo.10054939](https://doi.org/10.5281/zenodo.10054939)

Об изменчивости головной капсулы муравьев *Formica rufibarbis* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Formicidae)

О.А. Ивонина

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: изменчивость размеров, изменчивость окраски, краснощечкий муравей *Formica rufibarbis*, биологическая станция УрФУ

Муравьи (Formica: Formicidae) – один из основных компонентов большинства наземных биоценозов. Эти насекомые доминируют практически во всех наземных экосистемах (Длусский, 1967). С точки зрения морфологии наиболее изучены рыжие лесные муравьи (подрод *Formica* s. str., группа *Formica rufa* Linnaeus, 1761), в то время как муравьям подрода *Serviformica* Forel, 1913 уделяется недостаточно внимания.

Морфологические различия между особями в одной и той же популяции зачастую более выражены, чем различия между особями родственных видов. Это обусловлено наличием полового диморфизма, возрастной, сезонной и биотопической изменчивости у некоторых групп организмов (Майр, 1974). Для муравьев изменчивость морфологических признаков связана, в первую очередь, с биологическим состоянием семьи (возраст семьи, обеспеченность и доступность кормовой базы и т.д.) (Гилев, 2002).

Formica rufibarbis Fabricius, 1793, представитель подрода *Serviformica*, – типичный европейско-западносибирский вид, распространенный в зоне смешанных лесов, в лесной и степной зонах (Захаров и др., 2013).

Цель данной работы – проанализировать изменчивость размеров и окраски головной капсулы муравьев *F. rufibarbis*, обитающих в окрестностях биологической станции УрФУ. **Задачи:**

- 1) Проанализировать изменчивость размеров головной капсулы рабочих особей *F. rufibarbis*.
- 2) Оценить частоту встречаемости разных типов окраски головной капсулы рабочих особей *F. rufibarbis* в разных семьях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой сбор материала осуществляли в окрестностях пос. Двуреченск Сысертского района Свердловской области 20–24 июля 2022 г. Всего изучен материал общим объемом 357 рабочих особей с кратеров 11 гнезд. Все исследуемые выборки были объединены в три группы: первая группа включает в себя 3 гнезда, вторая – 4 гнезда,

третья – 4 гнезда. Такое деление обусловлено наличием естественных и антропогенных преград для распространения муравьев: между первой и второй группами гнезд проходит автомобильная дорога; третью группу отделяет река (см. рис. 1).

В каждой выборке определяли четыре основных метрических признака: длину и ширину головы, наибольший диаметр глаза и длину капсулы (см. рисунок 2). Все измерения сделаны при помощи стереоскопического микроскопа МБС-10 и окуляр-микрометра (увеличение 4х, цена деления 0.25 мм). Определение вариантов окраски головной капсулы осуществлялось по ранее разработанным схемам (Гилев, 2002). Статистическую значимость различий по размерам головной капсулы между исследуемыми выборками оценили с помощью дискриминантного анализа. Связь размеров и окраски оценивали с помощью регрессионного анализа. Все расчеты проведены в программе Statistica 8.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты дискриминантного анализа показали, что по комплексу изученных метрических признаков все гнезда статистически значимо различаются (Wilks' Lambda: 0.26, $p < 0.001$). Основные различия выявляются по первому корню и, очевидно, связаны с общими размерами муравьев в выборках (см. рис. 3). В таблице показаны средние значения длины и ширины головной капсулы рабочих в гнездах и видно, что оба показателя различаются почти в 1.5 раза. Таким образом, выявляется значительная межсемейная изменчивость по размерам рабочих особей.

Для наилучшей демонстрации закономерностей межсемейной изменчивости были выбраны два гнезда, имеющие самых мелких и самых крупных на исследуемой территории рабочих особей. Таковыми оказались соседние гнезда № 6 и № 5 соответственно (см. таблицу). Как видно на рисунке 4, облака рассеяния признаков практически не пересекаются, что подтверждается статистически (длина головы: $Z = 7.45$, $p < 0.001$; ширина головы: $Z = 7.48$; $p < 0.001$). Поскольку географически эти гнезда являются соседними и не отделяются друг от друга естественными и антропогенными преградами, можно предположить, что такие различия связаны со спецификой каждой из семей.

Размах изменчивости групп 1 и 2 гораздо шире, чем таковой у группы 3 (см. рисунок 3), поскольку в этой группе отсутствуют гнезда с мелкими рабочими особями. Однако дискриминантный анализ не показывает четкого обособления этих групп. Таким образом, изученные выборки представляют собой единую популяцию, где межсемейная изменчивость выше, чем межгрупповая, и имеющиеся естественные и антропогенные преграды не приводят к фенотипической дифференциации.



Рисунок 1. Карта-схема района исследования.

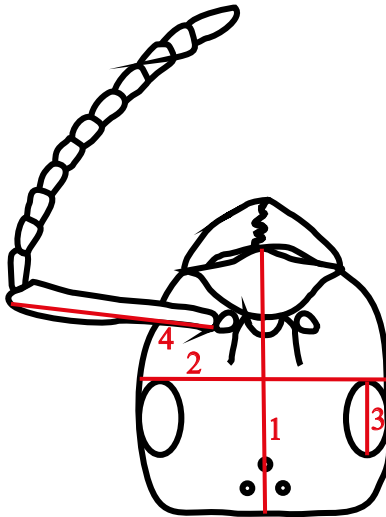


Рисунок 2. Схема промеров головной капсулы *F. rufibarbis*. 1 – длина головы; 2 – ширина головы; 3 – наибольший диаметр глаза; 4 – длина скапуса.

Вариации окраски головной капсулы муравьев *F. rufibarbis*, относящегося к подроду *Serviformica*, совпадают с таковыми у муравьев подрода *Formica* s. str. Схема окраски рабочих особей *Formica* s. str. детально разработана А. В. Гилевым (2002). В целом, все гнезда *F. rufibarbis* на исследуемой территории демонстрируют тенденцию к мономорфизму – доминирующей является средняя степень пигментации головной капсулы, т. е. вариант 4 (см. табл.).

Таблица. Значения изучаемых метрических признаков (среднее ± ошибка среднего) и частоты встречаемости типов окраски головной капсулы *F. rufibarbis*

Номер гнезда	Средние значения метрических признаков, ед. ок.-микро. ($\times 0,25$ мм)				Частота встречаемости вариантов окраски			Объем выборки
	Длина головы	Ширина головы	Наибольший диаметр глаза	Длина скапсула	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	
1	6.03±0.31	5.05±0.37	1.96±0.10	6.05±0.30	0.04	0.96	0	50
2	5.61±0.37	4.63±0.35	1.85±0.13	5.62±0.35	0	1	0	25
3	6.67±0.39	5.76±0.41	2.14±0.11	6.59±0.32	0.33	0.67	0	36
4	6.68±0.28	5.64±0.30	2.12±0.09	6.59±0.26	0	1	0	28
5	6.73±0.30	5.90±0.36	2.17±0.11	6.69±0.31	0	1	0	35
6	5.36±0.25	4.38±0.20	1.78±0.07	5.38±0.22	0.02	0.88	0.10	41
7	5.94±0.48	4.94±0.48	1.98±0.15	6.02±0.45	0	1	0	21
8	6.21±0.56	5.27±0.60	2.06±0.17	6.19±0.49	0	1	0	31
9	6.54±0.38	5.54±0.42	2.11±0.10	6.50±0.36	0	0.93	0.07	30
10	5.90±0.45	4.87±0.45	1.97±0.14	5.91±0.47	0	1	0	23
11	6.33±0.54	5.28±0.55	2.09±0.16	6.41±0.53	0	1	0	37

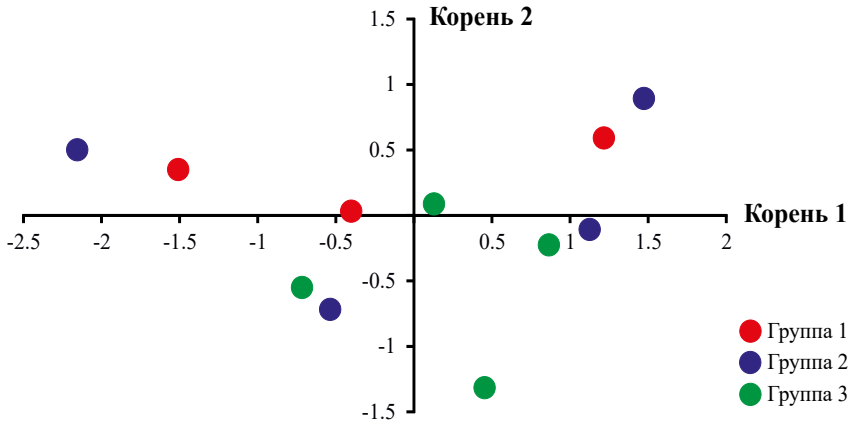


Рисунок 3. Результаты дискриминантного анализа изменчивости размеров головной капсулы *F. rufibarbis*.

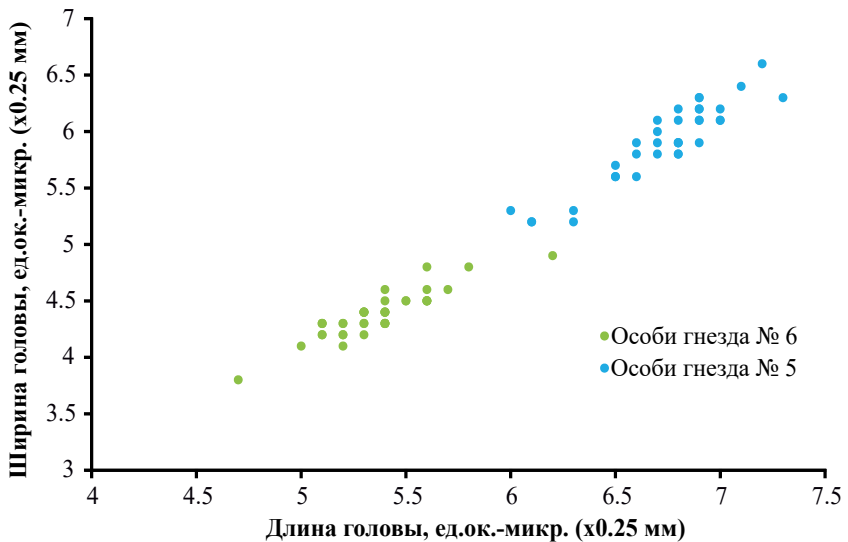


Рисунок 4. Изменчивость длины и ширины головной капсулы *F. rufibarbis*, обитающих в гнездах с минимальными и максимальными средними значениями измеряемых параметров.

Сравнительный анализ частот встречаемости вариантов окраски в зависимости от линейных размеров головной капсулы (см. рисунок 5) показал, что при увеличении средних размеров тела рабочих особей в семье наблюдается снижение пигментации ($R^2=0.91$), что согласуется с результатами Г.М. Длусского (1967).

ВЫВОДЫ

1. Обнаружена межсемейная изменчивость размеров головной капсулы рабочих особей *F. rufibarbis*. Особи разных семей статистически значимо отличаются друг от друга по значениям всех измеренных параметров: длины и ширины головы, наибольшего диаметра глаза и длине скапуса.
2. Естественные и антропогенные преграды для распространения муравьев *F. rufibarbis* не приводят к фенотипической дифференциации. Таким образом, исследованные выборки представляют собой единую популяцию с высоким уровнем межсемейной изменчивости.
3. Варианты окраски головной капсулы исследуемого вида принципиально совпадают с таковыми у муравьев *Formica* s. str. В популяции *F. rufibarbis*, обитающей на исследованной территории, преобладают особи со средней степенью пигментации головной капсулы.
4. У рабочих особей *F. rufibarbis*, так же, как и у муравьев *Formica* s. str., наблюдается взаимосвязь между размерами и окраской головной капсулы: с увеличением размеров тела уменьшается степень пигментации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гилев А.В. Дискретные вариации окраски и некоторые закономерности изменчивости пигментации рабочих особей рыжих лесных муравьев подрода *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) // Зоологический журнал. 2002. Т. 81. № 3. С. 336–341.
- Длусский Г.М. Муравьи рода формика. М.: Наука, 1967. 236 с.
- Захаров А.А., Длусский Г.М., Горюнов Д.Н., и др. Мониторинг муравьев Формика. М.: КМК, 2013. 99 с.
- Майр Э. Популяции, виды, эволюция. М.: Мир, 1974. 460 с.

DOI: [10.5281/zenodo.10056895](https://doi.org/10.5281/zenodo.10056895)

Сравнительный анализ орнитофауны модельных участков охраняемых и неохраняемых лесов северной Карелии

О.А. Канцерова^{1,2}, С.А. Симонов²

¹Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

²Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск

Ключевые слова: птицы, видовое разнообразие, охраняемые территории

Расположенный в северной Карелии Костомукшский заповедник занимает площадь свыше 49 тыс. га и представлен преимущественно северо-таежными лесами и болотами, а также развитой озерно-речной системой. Сходные по составу растительности биотопы окружают территорию заповедника, однако они критически отличаются от охраняемой территории степенью антропогенной нагрузки. Эти леса частично подвергнуты вырубкам, по ним проложены лесовозные дороги, их посещают с целью сбора грибов и ягод. Соседство подобных территорий создает условия для сравнительного анализа состояния фауны охраняемых и неохраняемых территорий и выявления роли антропогенного пресса в ее трансформации. В частности, **целью** наших исследований был сравнительный анализ орнитофауны модельных участков охраняемых и неохраняемых лесов северной Карелии. В **задачи** исследований входила закладка маршрутов на модельных территориях в границах Костомукшского заповедника и за его пределами, проведение учетов на заложенных маршрутах, сравнительный анализ состава орнитофауны по данным проведенных учетов. Рабочая гипотеза заключалась в предположении, что доля участия типичных северо-таежных видов, общее видовое разнообразие и параметры численности птиц в пределах охраняемых территорий будут выше, чем на неохраняемых территориях.

Учеты проведены по методу С.В. Сазонова (1997) летом 2022 г. Общая протяженность заложенных маршрутов составила 60 км (по 30 км на охраняемых и неохраняемых территориях). Анализ данных реализован в среде R. Показатели относительной численности характеризовали с использованием меры разнообразия Шеннона с последующим сравнением выборок посредством t-теста Хатчинсона для двух сообществ (использовали пакеты «vegan» и «ecolTest»). Оценка различий между выборками при анализе доли участия и численности разных видов проведена с помощью парного W-критерия Уилкоксона.

В результате исследований подтверждено только третье положение рабочей гипотезы – относительная численность птиц в пределах заповедника оказалась выше, чем за его границами (парный W -критерий Уилкоксона: $W_{49,49} = 934$, $p = 0.004$). При этом доля участия типично таежных видов и общее видовое разнообразие оказались сходными на охраняемых и неохраняемых территориях (результаты t -теста Хатчинсона показали отсутствие значимых различий между показателями биоразнообразия с использованием индекса Шеннона (t -статика Хатчинсона = 0.39, $df = 14.70$, $p = 0.70$), значения индекса биоразнообразия Симпсона и индекса выровненности Пиелу для двух выборок практически идентичны). Сходные показатели видового разнообразия обследуемых территорий, по-видимому, обусловлены их сходными биотопическими характеристиками. При этом вопрос снижения относительной численности птиц в неохраняемых лесах мы считаем открытым. Предположительно, оно связано с антропогенной нагрузкой, однако для окончательных заключений необходим дальнейший сбор данных.

БЛАГОДАРНОСТИ

Сообщение подготовлено в рамках выполнения работ по гранту РФФИ № 23-24-10049.

DOI: [10.5281/zenodo.10056908](https://doi.org/10.5281/zenodo.10056908)

Влияние широтного градиента на распространение и показатели щелкунов (Coleoptera, Elateridae) в Омской области

С.Ю. Князев, К.А. Бабий

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Ключевые слова: элатериды, юг Западной Сибири, Омская область, распределение биомассы и численности, природные зоны

Представители семейства щелкуны (Elateridae) являются одним из существенных компонентов населения почв в естественных местообитаниях и агроценозах (Бессолицына, 2019). Передвижение в почве и пищевая активность личинок элатерид влияет на аэрацию и водный режим заселенного горизонта почвы, на состав органического вещества, а также способствует увеличению численности микроорганизмов и снижению активности грибов (Самойлова и др., 2015).

Температура и влажность почвы являются одними из наиболее важных переменных, определяющих жизнедеятельность щелкунов (Traugott et al., 2015), поэтому изменения климатических условий способны изменить видовой состав и плотность населения щелкунов и, соответственно, их воздействие на характеристики почвы. Необходимы подходы, которые дадут возможность спрогнозировать, как будет меняться состав сообществ щелкунов в связи с изменением условий среды. Макроклиматические вариации вдоль широтных градиентов представляют собой «естественную лабораторию» (De Frenne et al., 2013) для исследования роли потенциального воздействия изменения климата на щелкунов.

Омская область является оптимальной площадкой для исследования широтных изменений в почвенной фауне, так как на всем протяжении с юга на север имеет четкое зональное и подзональное деление и включает таежную, подтаежную, лесостепную с подзонами и степную зоны умеренного пояса (Булатов, 1999).

Цель работы: изучить распределение плотности, биомассы и изменения в вертикальной почвенной локализации щелкунов в Омской области в широтном градиенте. **Задачи:** 1. Оценить, изменяется ли биомасса щелкунов в зависимости от широты. 2. Выяснить изменения плотности населения щелкунов по природным зонам. 3. Определить, меняется ли вертикальная локализация щелкунов в зависимости от природной зоны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран на территории Омской области в широтном градиенте от степной зоны (53°26' с. ш.) до южной тайги (58°32' с. ш.). Количественные учеты шелконов проведены по методике Ю.В. Бызовой и М.С. Гилярова (1987) в летний период с 2009–2018 гг. Всего исследовано 28 из 35 зональных ландшафтов в пяти зонах согласно Атласу Омской области (Булатов, 1999). В каждом ландшафте сбор шелконов был произведен в лесных и луговых биотопах минимум в трёхкратной повторности. Всего было обработано 730 проб: 120 проб по южной тайге, 135 проб по северной лесостепи, 205 проб по центральной лесостепи, 190 проб по южной лесостепи и 86 проб по степной зоне. Собранных элатерид фиксировали в 70% этиловом спирте, взвешивали и проводили видовую идентификацию по определителям В.Г. Долина (1978) и А.И. Черепанова (1965). Нормальность выборок оценена критерием Шапиро-Уилка и определена как ненормальная. Для оценки значимости различий между выборками использовали непараметрический критерий PERMANOVA с апостериорным тестом с поправкой Бонферрони при $P < 0.05$. Анализ зональных изменений таксономической насыщенности обилия почвенной мезофауны и шелконов проведен по индексу Менхиника (D_{Mn}). Все расчеты были выполнены с помощью пакета программы PAST 4.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Омской области существует тенденция роста показателя средней биомассы шелконов при движении с юга на север, где максимальное значение биомассы отмечается в северной лесостепи и немного снижается в южной тайге. При этом статистически значимо различаются только выборки из южнотаежной и центральнолесостепной зон (рис. 1). Значение средней плотности, наоборот, имеет тенденцию увеличивается от южнотаежной зоны и достигает максимума в южной лесостепи. Значение плотности в южной лесостепи значимо отличается от остальных зон (рис. 1). По данным Н.М. Порядиной и Б.Р. Стригановой (2005) в Западной Сибири (Тюменская область) плотность шелконов также увеличивается при движении с севера на юг, но распределение биомассы по зонам отличается от структуры в Омской области и совпадает с тенденциями характерным для показателя плотности.

Сравнения средних величин D_{Mn} показали тенденцию к понижению значений от таежной зоны к степи. Увеличение индекса Менхиника в южной лесостепи можно объяснить появлением значительного количества обитателей остепненных ландшафтов, отсутствующих в типичных лесных местообитаниях (рис. 2).

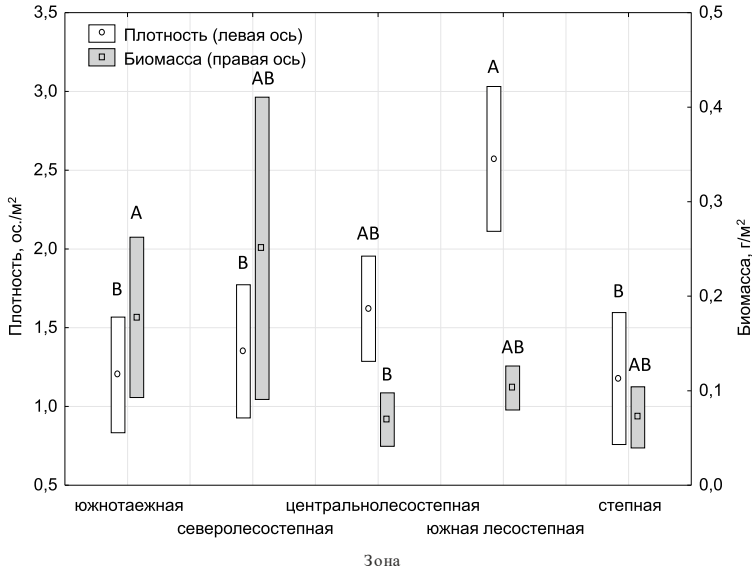


Рис. 1. Зональное распределение плотности и биомассы (среднее \pm стандартная ошибка) шелкоунов в почвах Омской области. Буквами показаны различия между зонами ($P = 0.05$ PERMANOVA Post Hoc Test Bonferroni).

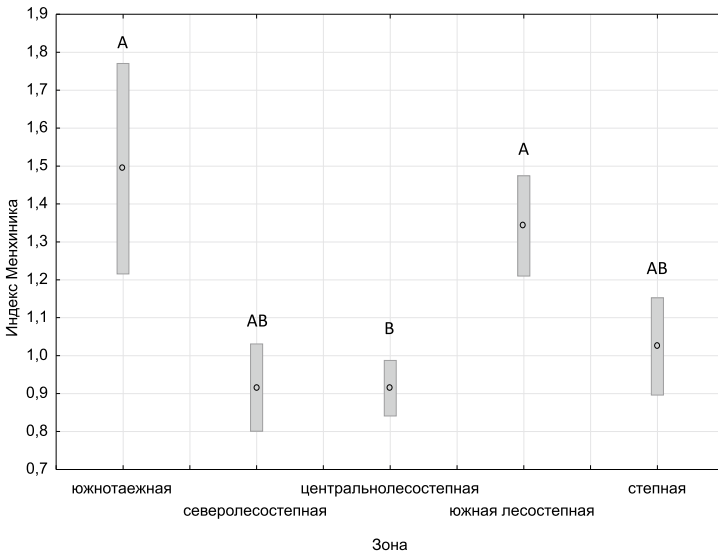


Рис. 2. Зональные изменения таксономической насыщенности обилия шелкоунов по индексу Менхиника D_{tp} (среднее \pm стандартная ошибка). Буквами показаны различия между зонами ($P = 0.05$ PERMANOVA Post Hoc Test Bonferroni).

Щелкуны на большей части территории Омской области локализованы в верхнем горизонте почвы до 20 см вне зависимости от зоны (подзоны). Только в южной лесостепи элатериды были локализованы в подстилке и в почвенном слое 10–20 см в равной степени. В южнотаежной зоне щелкуны активно заселяли нижний горизонт 20–40 см (рис. 3). Обитание щелкунов в верхнем слое почвы очевидно характерно для Западной Сибири и других территорий, так как по результатам исследований на территории соседней Тюменской области (Порядиной, Стригановой, 2005) и Республики Коми (Колесникова и др., 2013) элатериды также обитают в основном в верхних слоях почвы.

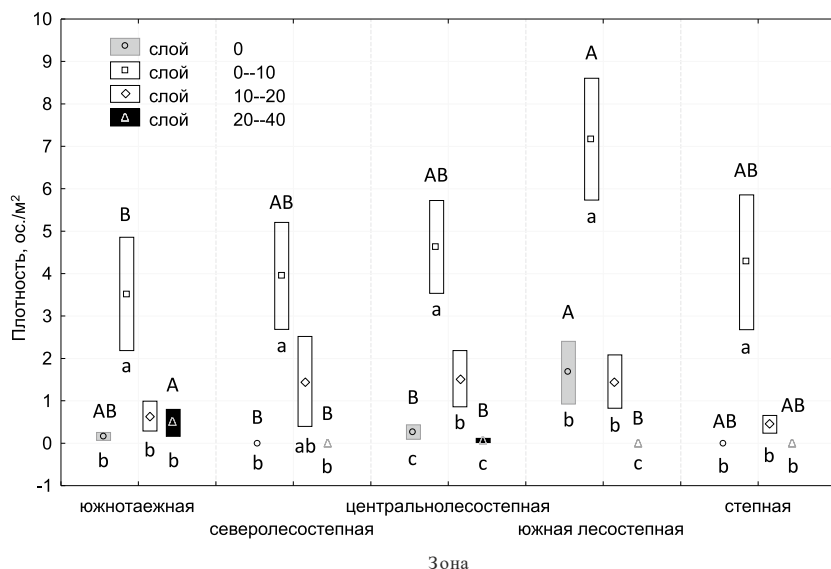


Рис. 3. Зональные различия в вертикальной структуре щелкунов в почвах Омской области. Большими буквами показаны различия каждого слоя между зонами, маленькими между слоями внутри зоны ($P = 0.05$ PERMANOVA Post Hoc Test Bonferroni).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показатели плотности и биомассы щелкунов имеют тенденцию к изменению при движении с севера на юг Омской области. Но значимого различия между зонами по показателям плотности и биомассы не обнаружено. Щелкуны на большей части территории Омской области локализованы в верхнем горизонте почвы вне зависимости от зоны (подзоны). Таким образом широтный градиент не оказывает влияние на показатели щелкунов в Омской области.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 22-14-20034).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бессолицына Е.П., Силаев А.С.* Закономерности распространения элатерид (Coleoptera, Elateridae) в ландшафтноэкологическом диапазоне Байкальского региона // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 28. С. 21–33.
- Булатов В.И.* Атлас Омской области: Ландшафты. Омск: Омская картографическая фабрика, 1999. 59 с.
- Бызова Ю.Б., Гиляров М.С.* Количественные методы в почвенной зоологии. Новосибирск: Наука, 1987. 288 с.
- Долин В.Г.* Определитель личинок жуков-щелкунов фауны СССР. Киев: Урожай, 1978. 126 с.
- Колесникова А.А., Таскаева А.А., Лантева Е.М., Дегтева С.В.* Вертикальное распределение Collembola, Lumbricidae и Elateridae в аллювиальных почвах пойменных лесов // Сибирский экологический журнал. 2013. Т. 1. С. 45–55.
- Самойлова Е.С., Костина Н.В., Стриганова Б.Р.* Влияние жизнедеятельности почвообитающих личинок насекомых на микробные процессы в почве // Известия Академии наук. Серия биологическая. 2015. № 6. С. 653–660.
- Стриганова Б.Р., Порядина Н.М.* Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. Москва: КМК, 2005. 234 с.
- Черепанов А.И.* Проволочники Западной Сибири. Определитель. Москва: Наука, 1965. 190 с.
- De Frenne P., Graae B.J., Rodriguez-Sanchez F. et al.* Latitudinal gradients as natural laboratories to infer species' responses to temperature // Journal of Ecology. 2013. Vol. 101. P. 784–795.
- Traugott M., Benefier C.M., Blackshaw R.P. et al.* Biology, ecology and control of elaterid beetles in agricultural land // Annual Review of Entomology. 2015. Vol. 60. P. 313–334.

DOI: [10.5281/zenodo.10056931](https://doi.org/10.5281/zenodo.10056931)

Использование ИК-спектрометрии для изучения видовой принадлежности и разделения генетических линий на примере рода *Eisenia* Malm, 1877

С.Ю. Князев, К.А. Бабий, Д.В. Соломатин, А.С. Абраменко,
Е.В. Голованова

Омский государственный педагогический университет, г. Омск

Ключевые слова: дождевые черви, ИК-Фурье спектроскопия, таксономическая идентификация

Дождевые черви, являясь инженерами экосистем (Lavelle et al., 1997; Blouin et al., 2013), играют важную роль в почвенной среде и функционировании экосистем за счет перемешивания почвы, переработки опада и создания биогенных структур с особыми свойствами (Bottinelli et al., 2015; Van Groenigen et al., 2019). Их влияние на почву видоспецифично даже в пределах одной экологической группы (Sapowicz et al., 2015; Vos et al., 2019), поэтому идентификация видов дождевых червей необходима для правильного понимания их воздействия на функции почвы.

Наиболее распространенный способ идентификации – анатомо-морфологическое определение дождевых червей, которое требует определенной квалификации и при этом имеет ряд ограничений. Например, определение неполовозрелых и поврежденных особей часто невозможно, из-за чего они не учитываются в исследованиях (Richard et al., 2010). Также нельзя произвести разделения видов-двойников (генетических линий) (Marchan et al., 2018).

Молекулярные методы позволяют определить виды дождевых червей (Shekhovtsov et al., 2017) и идентифицировать криптические виды (Shekhovtsov et al., 2016). Но на практике используются эти методы не так часто из-за высокой стоимости, недоступности оборудования и реактивов, поэтому ведутся поиски альтернативных методов (Vaupel et al., 2022).

Инфракрасная спектроскопия оказалась очень полезным и эффективным инструментом для идентификации почвенных организмов (Bellon-Maurel and McBratney, 2011), к тому же не требующим дорогих расходных материалов (Raupach et al., 2016). Показана эффективность ИК-спектрометрии для таксономической идентификации бабочек (Тао et al., 2018), мух-дрозофил (Aw, Dowell, Ballard, 2012), прямокрылых (Da Silva, Gutjahr, De Moraes, 2018), комаров (Sikulu, 2014), долгоно-

сиков (Johnson, 2022), термитов (Jouquet et al., 2018) и дождевых червей (Pham et al., 2021). Также определена возможность идентификации криптических видов муравьев (Kinzner et al., 2015). Эти работы свидетельствуют о том, что различия спектрального состава у особей могут быть связаны с химическим составом их тел, определяемым их видовой принадлежностью. Поэтому мы считаем возможным использовать ИК-спектроскопию как способ идентификации видов дождевых червей и их генетических линий.

На территории Западной Сибири и Урала дождевые черви широко представлены родом *Eisenia* (Всеволодова-Перель, 1997). Род интересен тем, что включает в себя комплекс видов *Eisenia nordenskioldi*, содержащий несколько линий видов двойников (Shekhovtsov et al., 2017 Shekhovtsov et al., 2020).

Цель исследования – изучение химического состава тел дождевых червей рода *Eisenia* методом инфракрасной спектроскопии для установления возможности его использования для идентификации видов и генетических линий.

Задачи:

1. Оценить различия ИК-спектров тел дождевых червей рода *Eisenia*;
2. Определить существуют ли общие закономерности деления видов по ИК-спектрам, генотипам и по морфо-анатомическим признакам;
3. Установить возможность разделения генетических линий дождевых червей методом ИК-спектроскопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили дождевые черви 9 видов рода *Eisenia*: *Eisenia atlavinyteae* Perel & Graphodatsky, 1984, *E. fetida* (Savigny, 1826), *E. nordenskioldi nordenskioldi* (Eisen, 1879), *E. nordenskioldi pallida* Malevic 1956, *E. sibirica* Perel et Graphodatsky, 1984, *E. angusta* Perel, 1994, *E. nana* Perel, 1985, *E. tracta* Perel, 1985, *E. ventripapillata* Perel, 1985. Дождевые черви были собраны на 6 участках: в окрестностях с. Чернолучье (Омский район, Омская область, N 55°16'33", E 73°02'35"), окрестности с. Екатерининское (Тарский район, Омская область, N 56°53'03" E 74°35'10"), на территории Парка культуры и отдыха имени 30-летия Победы (г. Омск, 54°57' N, 73°21' E), в окрестностях д. Хомутовки (городской округ Первоуральск, Свердловская область, N 56°51'37.7", E 59°46'02.8"), в окрестностях п. Большие поля (Омский район, Омская область, N 55°02'40.8", E 73°22'51.6"), в окрестностях с. Манжерок (Майминский район, Республика Алтай N 51°47'22.0", E 85°43'32.9"). Видовую идентификацию собранных червей проводили по определителю Т.С. Всеволодовой-Перель (1997) и материалам статьи Т.С. Перель (1985).

Для изучения состава тел дождевых червей мы поместили их в 18 двухлитровых пластиковых контейнеров с перфорированными крышками по два микрокосма на каждый вид. Микрокосмы были заполнены 1.5 л почвы, очищенной от макрофауны с помощью сит с диаметром ячейки 4 мм. Во всех микрокосмах в качестве подстилки использовалась сухая листва *Populus tremula* (L., 1753) по 9.00 ± 0.05 г. Таким образом, мы нивелировали влияние типа почвы и опада на состав тела червей. Почву в микрокосмах поливали одинаковым количеством дистиллированной воды, чтобы поддерживать влажность на уровне 50%.

В каждый микрокосм добавляли по 8 особей дождевых червей. В микрокосмах дождевые черви содержались в течение 90 суток, и каждые 30 дней производилась замена почвы. Затем их промывали дистиллированной водой. Для очистки кишечника содержали червей в течении пяти суток в отдельных контейнерах по 2 особи на фильтровальной бумаге, которую меняли по мере загрязнения. После этого их замораживали на 24 ч, заранее удалив последние сегменты тела, так как они часто содержали остатки почвы. Далее червей высушивали при температуре 60°C в течение 48 часов и потом измельчали в порошок. Всего было подготовлено по 6–12 образцов каждого вида.

Порошки исследовали в таблетках, спрессованных в смеси с бромистым калием (соотношение 1:100, диаметр 3.5 мм). В качестве опорного спектра использован спектр чистого бромистого калия, предварительного высушенного при температуре $\sim 600^\circ\text{C}$ в течение 6 часов.

ИК-спектры поглощения регистрировали на ИК-Фурье-спектрометре «ФТ-801» (СИМЕКС) в диапазоне $500\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ (число сканов 32, разрешение 4 см^{-1}). В спектрах были удалены полосы, связанные с CO_2 интерференцией ($1800\text{--}2600\text{ см}^{-1}$). Для анализа данных были выбраны только спектры от 3500 до 500 см^{-1} , чтобы не учитывать шум на двух краях спектрального диапазона. Коррекция базовой линии и нормализация спектров произведена с использованием программного обеспечения ZiIR 3.5 (СИМЭКС).

Для статистической обработки и моделирования на всех спектрах определяли положение, интенсивность и площадь полос поглощения (ПП). Различия характеристик ПП видов дождевых червей проверяли с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) с последующим использованием попарного критерия Тьюки (Tukey HSD test) в программном пакете Statistica 13.0. Анализ методом главных компонент (РСА) и линейный дискриминантный анализ (LDA) были выполнены в программном пакете R.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типичный ИК спектр червя рода *Eisenia* приведен на рис. 1.

В целом по функционально-групповому составу исследуемые виды близки. Дисперсионный анализ с последующим тестом Тьюки показал, что основные отличия наблюдаются для ПП 1080, 1154, 1236, 1316, 1454, 1544, 2929, 3079 см^{-1} при $P = 0.05$ (рис. 2).

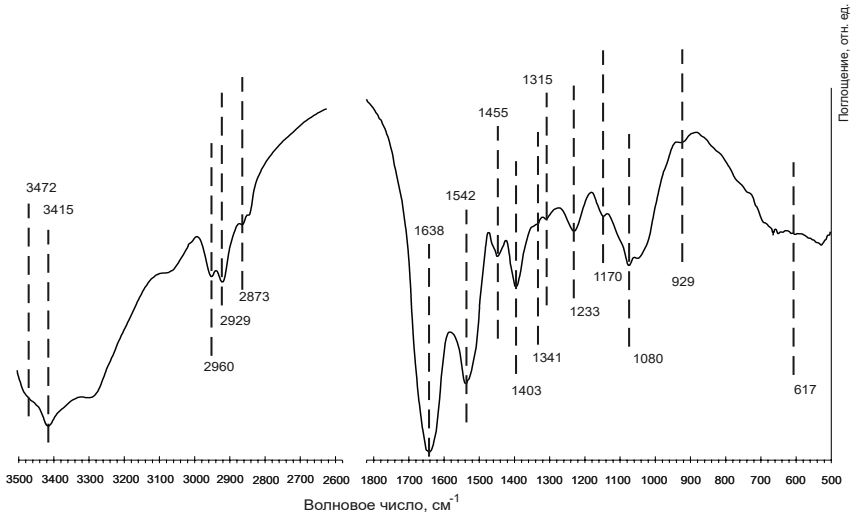


Рисунок 1. Типичный ИК-спектр дождевого червя рода *Eisenia*.

Анализ методом главных компонент по площадям пика показал, что разделение видов по спектральному составу тел по большей части согласуется с диагнозом, который был присвоен дождевым червям при морфо-анатомической идентификации. Ряд видов со сходным спектральным составом пересекаются на факторной плоскости, что может говорить об их родовой близости или они могут быть видами-двойниками.

На факториальной плоскости хорошо видно, что *E. fetida* хорошо отделен от остальных изученных представителей рода *Eisenia* (рис. 3). Отмеченная закономерность соотносится с результатами исследования Чузди с соавторами (2022), согласно которому род *Eisenia* содержит две клады: европейскую, в которую входит *E. fetida*, и азиатскую, включающую виды *E. nordenskioldi*, *E. tracta* и *E. nana*.

Вид *E. nordenskioldi* неоднократно пытались разделить на более мелкие таксоны из-за его морфологического, кариологического и экологического разнообразия (Shekhovtsov et al., 2020). Почвенный *E. n. pallida* получил статус непигментированного подвида *E. nordenskioldi* (Всеволодовой-Перель, 1997). В своем исследовании

С.В. Шеховцов с соавторами (2020) на основании генетических данных указывает, что непигментированные особи с диагнозом *E. n. pallida* относятся к нескольким генетическим линиям. По полученным нами данным спектральный состав тела *E. n. pallida* отличается от почвенно-подстилочной *E. nordenskioldi* (рис. 3).

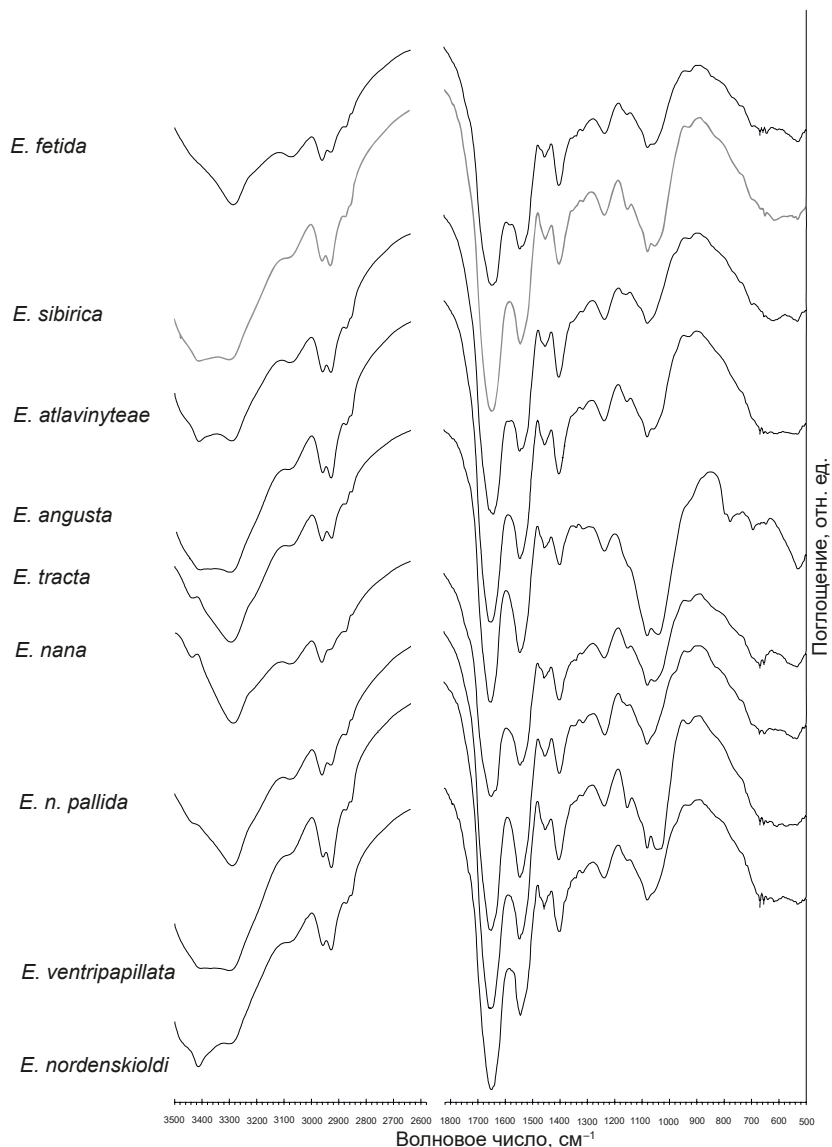


Рисунок 2. Примеры ИК спектров разных видов дождевых червей рода *Eisenia*.

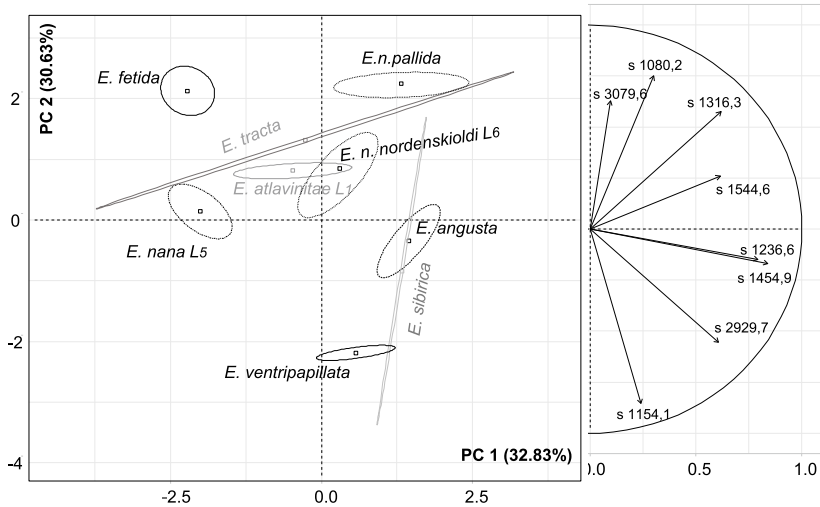


Рисунок 3. Разделение червей рода *Eisenia* по площади (*S*) полосы/ника методом главных компонент (PCA).

Согласно генетическому анализу (Shekhovtsov et al., 2017; Shekhovtsov et al., 2020) исследуемые нами *E. nana* и *E. nordenskioldi* относятся соответственно к 5 и 6 линии генетического комплекса *E. nordenskioldi*. По полученным нами спектральным данным *E. nana* и *E. nordenskioldi* различаются (рис. 3), как и их морфологическая структура. Голованова Е. В. относит их к двум разным видам (неопубликованные данные). Данный факт также подтверждают исследования Чузди с соавторами (2022), где *E. nana* рассматривается как отдельный вид. Экологические исследования воздействия *E. nana* и *E. nordenskioldi* на почву показало, что данные виды различно изменяют катионный состав (Бабий и др., 2021), а также определен разный ионный состав их копролитов (Babiy et al., 2021). Некоторое сходство химического состава тела *E. nana* и *E. tracta* выглядит закономерным, так как согласно данным Чузди с соавторами (2022) это два близкородственных вида, но чтобы сделать подобный вывод по спектральному анализу нужно увеличить размер выборки для *E. tracta*.

Сходство спектрального состава тела *E. nordenskioldi* и *E. atlavinyteae* говорит о том (рис. 3), что всё-таки *E. atlavinyteae* не представляет собой отдельный вид, что совпадает с данными генетического анализа (Shekhovtsov et al., 2020).

E. sibirica собрана в месте, где был отобран типовой экземпляр, поэтому не удивительно, что она сильно отличается по химическому составу тела от *E. nordenskioldi*, у которой встречаются особи с морфологией,

подходящей под диагноз *E. sibirica*. С другой стороны, выборка для *E. sibirica* была небольшой, поэтому для более точного диагноза необходимо провести дополнительные сборы и исследования.

Химический состав тела *E. ventripapillata* сильно отличается от состава других изученных представителей рода *Eisenia*, поэтому его статус отдельного вида очевиден и не подвергался сомнению ранее (Перель, 1985).

Для проверки возможности использования данных спектров ИК идентифицировать виды дождевых червей использовали линейный дискриминантный анализ (табл.). С этой целью весь набор данных, представленный 96 особями, был разделен по видам на две части, из которых (66% выборки) были отобраны для построения модели, а остальные 34% были использованы для оценки точности предсказания. Общая точность (количество правильных прогнозов/общее количество данных проверки) составила 83%, что указывает на приемлемую точность классификации (табл.).

Таблица. Матрицы с результатами дискриминантных моделей (LDA) для прогнозирования видовой принадлежности дождевых червей в проверочном наборе данных ($n = 6$ для *E. sibirica*, *E. tracta* и $n = 12$ для семи других видов)

Предсказанные	<i>E. angusta</i>	<i>E. atlavimiteae</i>	<i>E. fetida</i>	<i>E. nana</i>	<i>E. n. nordenskioldi</i>	<i>E. sibirica</i>	<i>E. tracta</i>	<i>E. ventripapillata</i>	<i>E. n. pallida</i>
<i>E. angusta</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. atlavimiteae</i>	0	1	0	0	2	0	0	0	0
<i>E. fetida</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>E. nana</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>E. n. nordenskioldi</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>E. sibirica</i>	0	2	0	0	0	3	0	0	0
<i>E. tracta</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>E. ventripapillata</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>E. n. pallida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Примечание. Общая точность = 0.8314. Тестовая выборка (34%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инфракрасная спектроскопия может использоваться в качестве метода оценки таксономического статуса дождевых червей или служить дополнением к молекулярным методам. В частности, этим методом

можно проводить первичную оценку собранного материала дождевых червей и по полученным данным проводить отбор особей для дальнейшего генетического анализа.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ (№ 22-14-20034).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабий К.А., Князев С.Ю., Голованова Е.В., Абраменко А.С.* Влияние экзотического *Eisenia nana* (Opisthopora, Lumbricidae) на катионный состав трех типов почв юга Западной Сибири (эксперимент в микрокосмах) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2021. Vol. 6. № 3. P. 1–12.
- Всеволодова-Перель Т.С.* Дождевые черви фауны России: Кадастр и определитель. Москва: Наука, 1997. 102 с.
- Перель Т.С.* Особенности фауны дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в Алтайских рефугиумах неморальной растительности // Доклады академии наук СССР. 1985. Т. 283. № 3. С. 752–756.
- Aw W.C. Dorell F.E., Ballard J.W.O.* Using near-infrared spectroscopy to resolve the species, gender, age, and the presence of *Wolbachia* infection in laboratory-reared *Drosophila* // G3 (Bethesda). 2012. Vol. 2. № 9. P. 1057–1065.
- Babiy K.A., Kniazev S.Yu., Golovanova E.V. et al.* What determines ion content of Lumbricid casts: soil type, species, or ecological group? // Polish Journal of Ecology. 2021. Vol. 69. № 2. P. 96–110.
- Bellon-Maurel V., McBratney A.* Near-infrared (NIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopic techniques for assessing the amount of carbon stock in soils – critical review and research perspectives // Soil Biology and Biochemistry. 2011. Vol. 43. P. 1398–1410.
- Blouin M. et al.* A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services: earthworm impact on ecosystem services // European Journal of Soil Science. 2013. Vol. 64. P. 161–182.
- Bottinelli N., Jouquet P., Capowiez Y. et al.* Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 146. P. 118–124.
- Capowiez Y., Bottinelli N., Sammartino S. et al.* Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae) // Biology and Fertility of Soils. 2015. Vol. 51. P. 869–877.
- Csuzdi C., Koo J., Hong Y.* The complete mitochondrial DNA sequences of two sibling species of lumbricid earthworms, *Eisenia fetida* (Savigny,

- 1826) and *Eisenia andrei* (Bouche, 1972) (Annelida, Crassiclitellata): comparison of mitogenomes and phylogenetic positioning // ZooKeys. 2022. Vol. 1097. P. 167–181.
- Da Silva R., Gutjahr A., De Morais J. Solving taxonomic Orthoptera problems by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): The case of *Aganacris* Walker, 1871 (Tettigoniidae: Phaneropterinae; Scudderini) // Zootaxa. 2018. Vol. 4461. P. 445–450.
- Johnson J.B. Discrimination of Gonipterini weevil genera using near infrared spectroscopy // Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2022. Vol. 30. № 5. P. 264–269.
- Jouquet P., Pando A., Aroui H. et al. Evidence from mid-infrared spectroscopy (MIRS) that the biochemical fingerprints of *Odontotermes obesus* colonies change according to their geographical location and age // Insectes Sociaux. 2018. Vol. 65. P. 77–84.
- Kinzner M.C., Wagner H.C., Peskoller A. et al. A nearinfrared spectroscopy routine for unambiguous identification of cryptic ant species // PeerJ. 2015. Vol. 3. № e991. P. 1–19.
- Lavelle P., Bignell D. M. L., Wolters V. et al. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers // European Journal of Soil Science. 1997. Vol. 33. P. 159–193.
- Marchan D. F., Cosin D. J. D., Novo M. Why are we blind to cryptic species? Lessons from the eyeless // European Journal of Soil Biology. 2018. Vol. 86. P. 49– 51.
- Pham T., Rumpel C., Capowiez Y. et al. Mid-infrared spectroscopy of earthworm bodies to investigate their species belonging and their relationship with the soil they inhabit // Applied Soil Ecology. 2021. Vol. 162. 103894.
- Raupach M.J. Amann R., Wheeler Q. D., Roos C. The application of “-omics” technologies for the classification and identification of animals // Organisms Diversity & Evolution. 2016. Vol. 16. P. 1–12.
- Richard B., Decaens T., Rougerie R. et al. Reintegrating earthworm juveniles into soil biodiversity studies: species identification through DNA barcoding // Molecular Ecology Resources. 2010. Vol. 10. P. 606–614.
- Shekhovtsov S.V., Bazarova N.E., Berman D.I. et al. DNA barcoding: how many earthworm species are there in the south of West Siberia? // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2017. Vol. 7. № 1. P. 57–62.
- Shekhovtsov S.V., Berman D.I., Bazarova N.E. et al. Cryptic genetic lineages in *Eisenia nordenskioldi pallida* (Oligochaeta, Lumbricidae) // European Journal of Soil Biology. 2016. Vol. 75. P. 151–156.
- Shekhovtsov S.V., Shipova A.A., Poluboyarova T.V. et al. Species delimitation of the *Eisenia nordenskioldi* complex (Oligochaeta, Lumbricidae) using transcriptomic data // Frontiers in Genetics. 2020. Vol. 11(598196). P. 1–10.

- Sikulu M.T.* Non-destructive near infrared spectroscopy for simultaneous prediction of age and species of two major African malaria vectors: *An. gambiae* and *An. Arabiensis* // *NIR News*. 2014. Vol. 25. № 5. P. 4–6.
- Tao D., Wang Z., Li G., Qiu G.* Accurate identification of the sex and species of silkworm pupae using near infrared spectroscopy // *Journal of Applied Spectroscopy*. 2018. Vol. 85. P. 949–952.
- Van Groenigen J.W., Van Groenigen K.J., Koopmans, G.F. et al.* How fertile are earthworm casts? A meta-analysis // *Geoderma*. 2019. Vol. 338. P. 525–535.
- Vaupel A., Hommel B., Beule L.* High-resolution melting (HRM) curve analysis as a potential tool for the identification of earthworm species and haplotypes // *PeerJ*. 2022. Vol. 10. № e13661. P. 1–14.
- 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.

DOI: [10.5281/zenodo.10056916](https://doi.org/10.5281/zenodo.10056916)

Видовой состав и динамика обилия землероек в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа

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

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

²Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*Ключевые слова: бурозубки, обилие
Восточно-Уральский радиоактивный след*

Проблема динамики численности мелких млекопитающих занимает центральное место в популяционных исследованиях. Однако закономерности и причины изменения обилия насекомоядных изучены в меньшей степени, чем для грызунов (Бобрецов и др., 2020; Большаков и др., 1996). Территория Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) является природным полигоном с техногенным загрязнением, на которой актуально изучение состояния и путей адаптации популяций животных. **Цель работы** – описание видового состава и динамики обилия насекомоядных (бурозубок) за 20-летний период наблюдений с 2003 по 2022 г. на территории ВУРСа.

Отловы животных проводились сотрудниками лаборатории эволюционной экологии ИЭРиЖ на импактном (район старой лежневой дороги в головной части следа) и условно контрольном (окрестности пос. Метлино, юго-восточный берег оз. Кожакуль) участках по стандартной методике с использованием ловушек-плашек. Общий объем материала составляет более 4150 экз. животных, из них насекомоядных на контроле 430, на импакте – 290 экз. Грызуны и бурозубки относятся к цикломорфным животным, период колебания их численности составляет обычно около трех лет. За 20 лет наблюдений отмечено 5–6 циклов.

Видовой состав насекомоядных на исследуемой территории включает 6 видов рода *Sorex* – обыкновенная *Sorex araneus* L., 1758, средняя *S. caecutiens* Laxmann, 1788, малая *S. minutus* L., 1766, тундряная *S. tundrensis* Merriam., 1900, равнозубая *S. isodon* Turon., 1924 и крупнозубая бурозубка *S. daphaenodon* Thomas, 1907, а также водяная кутора *Neomys fodiens* Pennant, 1771. К доминантам относятся обыкновенная (75.2% на контроле, 72.3% на импакте) и средняя (23.0% и 21.3%, соответственно) бурозубки. На рисунке представлена динамика обилия видов-доминантов перерасчете на 100 л.с. на фоне динамики общего обилия грызунов и бурозубок, а также коэффициенты корреляции Пирсона.

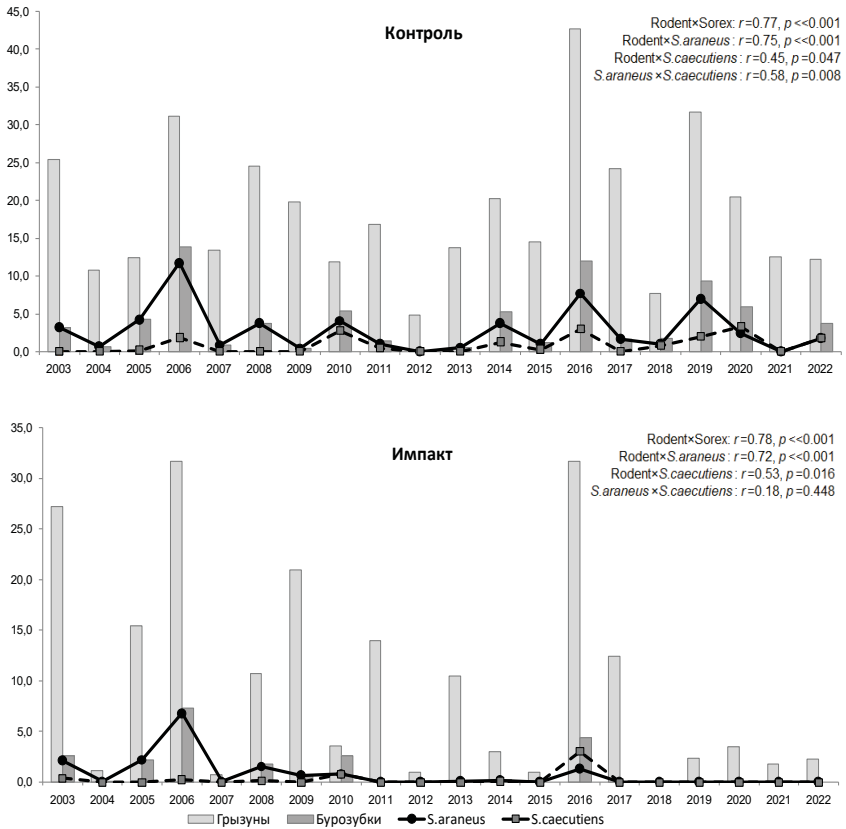


Рисунок. Динамика обилия обыкновенной и средней бурозубок и грызунов на контрольном и импактном участках, экз./100 л.-с.

Фазы обилия животных в целом довольно синхронны как у двух видов бурозубок, в целом у грызунов и бурозубок, так и на двух участках. Динамики обилия *S. araneus* и *S. caecutiens* на контроле имеют среднюю связь ($r = 0.58$), а на импакте связь отсутствует ($r = 0.18$). Это дает основание полагать, что между этими видами нет явной конкуренции.

Для оценки биоразнообразия использовали индексы разнообразия Шеннона, выравненности Шеннона-Пиелу, разнообразия и доминирования Симпсона (Мэгарран, 1992). Информационные индексы биоразнообразия показывают увеличение разнообразия и выравненности при увеличении числа видов, но снижение доминирования при этом.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобрецов А.В., Лукьянова Л.Е., Петров А.Н., Быховец Н.М.* Периодические изменения численности средней бурозубки (*Sorex caecutiens*, Eulipotyphla) в предгорной тайге северного Урала и факторы ее популяционной динамики // Экология. 2020. № 3. С. 224–229.
- Большаков В.Н., Васильев А.Г., Шарова Л.П.* Фауна и популяционная экология землероек Урала (Mammalia, Soricidae). Екатеринбург: Екатеринбург, 1996. 268 с.
- Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 184 с.

DOI: [10.5281/zenodo.10038442](https://doi.org/10.5281/zenodo.10038442)

Некоторые данные по фауне мелких млекопитающих голоцена Среднего Зауралья (пещера Зотинская, Челябинская область)

Е.И. Копотева

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, голоцен, Среднее Зауралье

Изучение плейстоценовых и голоценовых фаун мелких млекопитающих является приоритетным направлением в четвертичной палеозоологии, представляющей собой связующее звено между палеонтологической и неонтологической частями биологии (Смирнов, 2003). Подробное исследование материалов из зоогенных отложений пещер позволяет установить отдельные периоды истории фауны на территориях различных широтных участков западного и восточного склонов Уральских гор и выявить закономерности развития биогеоценозов. Актуальность исследования отложений пещер Среднего Зауралья обусловлена сравнительно слабой изученностью в палеозоологическом плане и существованием «белых пятен» по фаунам ряда отдельных временных интервалов позднего плейстоцена и голоцена.

Цель работы – на основании оригинальных данных изучить состав и структуру ископаемой фауны мелких млекопитающих из отложений пещеры Зотинская и предварительно установить геологический возраст данных отложений (по результатам сравнения с уже известными ископаемыми фаунами Среднего Зауралья).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пещера расположена на севере Челябинской области (левый берег реки Багаряк, GPS-координаты: N 56° 11.187'; E 61° 42.262'). Раскопки проводились в 2008 году в дальней части пещеры археологом В.А. Юриным. Разведочный шурф 1x1 м расположен в 36 метрах от входа в пещеру, около левой скальной стенки, его глубина 70 см. Шурф не доведен до скального ложа. Костные останки позвоночных животных выбраны из костного концентрата из отложений условных горизонтов: 11 (глубина 50–55 см), 9 (глубина 40–45 см), 7 (глубина 30–35 см) и 6 (глубина 25–30 см). Таксономическая номенклатура и классификация млекопитающих приведена по И.Я. Павлинову, А.А. Лисовскому (2012). Основой для видовой идентификации зубов грызунов послужили

жила методика А.В. Бородина (2009). Виды мелких млекопитающих в сравнительном анализе фаун исследуемой пещеры и других известных местонахождений Среднего Зауралья условно отнесены к определенным экологическим группам, исходя из предпочтений рецентных видов (Маркова, 2008): лесостепь, степь, полупустыня – *Marmota bobac*, *Spermophilus sp.*, *Cricetus cricetus*, *Cricetulus migratorius*, *Microtus (Stenocranius) gregalis*, *Eolagurus luteus*, *Lagurus lagurus*, *Ellobius talpinus*; тайга, смешанные и широколиственные леса, горные леса – *Sorex sp.*, *Talpa europaea*, *Tamias sibiricus*, *Sciurus vulgaris*, лесные полевки (рода *Craseomys*, *Myodes*), *Microtus agrestis*, *Sylvaemus sp.*; интразона – *Arvicola amphibius*, *Alexandromys oeconomus*; тундра – *Dicrostonyx torquatus*, *Lemmus sibiricus*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных отложениях пещеры обнаружены кости рыб и млекопитающих, в т. ч. насекомоядных, рукокрылых, зайцеобразных, грызунов и хищных. Определена таксономическая принадлежность 3543 костных останков млекопитающих (табл.).

Соотношения останков представителей отрядов млекопитающих очень близки в условных горизонтах отложений, что в целом может свидетельствовать об использовании дальнего грота пещеры в качестве логова на протяжении нескольких сезонов одним и тем же представителем хищников. Учитывая большое количество костей рыб и преобладание среди останков мелких млекопитающих зубов интразонального вида водяной полевки *Arvicola amphibius*, обитающей по берегам рек, можно предположить, что образователем зоогенных отложений была выдра *Lutra lutra*. Среди останков грызунов также многочисленны зубы «степных» видов грызунов – узкочерепных полевок *Microtus (Stenocranius) gregalis* и обыкновенных слепушонок *Ellobius talpinus*. Кроме того, во всех отложениях условных горизонтов, кроме самого нижнего из рассмотренных, зафиксировано относительно большое количество первых нижнекоренных зубов представителей группы полевок *Microtus ex gr. arvalis-agrestis*. По таксономическому составу останков мелких млекопитающих можно предположить лесостепную растительность в окрестностях пещеры в период образования зоогенных отложений пещеры.

В результате сравнительного анализа количественного состава костных останков млекопитающих в пределах четырех горизонтов пещеры Зотинская и их распределения по биотопической принадлежности зафиксировано увеличение количества лесных видов и уменьшение количества степных видов от более глубоких горизонтов отложений к поверхности.

Таблица. Таксономический состав останков млекопитающих из отложений четырех условных горизонтов пещеры Зотинская (2008 год раскопок)

Таксон/Горизонт отложений	50–55 см (11 гор.)	40–45 см (9 гор.)	30–35 см (7 гор.)	25–30 см (6 гор.)
<i>Lipotyphla</i>	47	34	28	16
Chiroptera	98	92	91	44
<i>Ochotona sp.</i>	-	1	-	-
Carnivora	5	8	8	5
<i>Spermophilus sp.</i>	17	7	7	-
<i>Sicista sp.</i>	13	18	15	2
<i>Cricetus cricetus</i> (Linnaeus 1758)	16	18	15	6
<i>Ellobius talpinus</i> (Pallas 1770)	89	95	78	25
<i>Craseomys rufocanus</i> (M2)	7	2	1	-
<i>Myodes glareolus</i> (M2)	2	6	5	-
<i>Myodes rutilus</i> (M2)	2	5	4	3
<i>Myodes</i> ex. gr. <i>rutilus-glareolus</i> (m1)	11	13	15	2
<i>Craseomys</i> sp., <i>Myodes</i> sp.	22	59	30	9
<i>Arvicola amphibius</i> (Linnaeus 1758)	122	176	134	56
<i>Alexandromys oeconomus</i> (Pallas 1776) (m1)	17	16	15	6
<i>Microtus (Stenocranius) gregalis</i> (Pallas 1779) (m1)	97	69	42	16
<i>Microtus agrestis</i> (Linnaeus 1761) (M2)	20	27	18	4
<i>Microtus</i> ex gr. <i>arvalis-agrestis</i> (m1)	40	59	51	13
<i>Microtus</i> sp., <i>Alexandromys</i> sp.	297	604	408	95
<i>Sylvaemus</i> sp.	10	18	12	5
Количество останков	932	1327	977	307
Количество определенных таксонов	15	16	15	12
Количество одноименных останков (100%)	314	286	241	98

Сравнительный анализ ископаемой фауны из отложений пещеры Зотинская с известными датированными позднплейстоценовыми и голоценовыми фаунами из местонахождений Среднего Зауралья выявил ее наибольшее сходство с фауной из среднеголоценовых отложений горизонта 20 пещеры Мироновская (Рупышева, Струкова, 2010). Однако, в отложениях пещеры Зотинская не обнаружены останки тундровых видов, которые обитали на территории Среднего Зауралья еще в среднем голоцене. С другой стороны, наличие в среднеголоценовых отложениях пещеры Мироновской III тундровых видов и отсутствие их в отложениях пещеры Зотинской может быть обусловлено и более южным пространственным расположением последней.

ВЫВОДЫ

1. Выявленный таксономический состав ископаемой фауны млекопитающих свидетельствует о преобладании лесостепной растительности в окрестностях пещеры в период образования отложений.
2. Сравнительный анализ исследованной ископаемой фауны с известными фаунами из отложений других местонахождений территории позволяет предположить образование отложений пещеры Зотинская во второй половине голоцена.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает большую признательность П.А. Косинцеву (ИЭРиЖ, Екатеринбург) за предоставление материалов для исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бородин А.В., Струкова Т.В., Косинцев П.А. и др.* Новые данные о природной среде Среднего Урала в позднечетвертичное время (местонахождение Шайтаноозерский Каменный остров) // Плейстоценовые и голоценовые фауны Урала: сборник науч. трудов. Челябинск: Рифей, 2000. С. 17–35.
- Бородин А.В.* Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен-современность). Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 100 с.
- Маркова А.К.* Индикаторные виды и экологические группы млекопитающих // Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 т. л. н. н.). Москва: КМК, 2008. С. 29–39.
- Павлинов И.Я., Лисовский А.А.* Млекопитающие России: систематико-географический справочник. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 604 с.
- Рупишьева Т.А., Струкова Т.В.* Фауны мелких млекопитающих восточного склона Среднего Урала в раннем и среднем голоцене // Динамика экосистем в голоцене: материалы Второй Рос. науч. конф. Екатеринбург: Голицынский, 2010. С. 165–170.
- Смирнов Н.Г.* Очерк развития четвертичной палеозоологии на Урале // Четвертичная палеозоология на Урале. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2003. С. 24–54.
- Струкова Т.В.* Шайтаноозерский Каменный остров – палеозоологический памятник в гранитном гроте // Развитие идей академика С.С. Шварца в современной экологии: материалы конф. Екатеринбург, 1999. С. 175–180.

Струкова Т.В. Типология фаун мелких млекопитающих позднего плейстоцена и голоцена Среднего Зауралья // Биосфера и человечество: материалы конф. Екатеринбург, 2000. С. 251–260.

Струкова Т.В. Степная пеструшка и узкочерепная полевка в ископаемых фаунах Среднего и Южного Зауралья // Биота горных территорий: история и современное состояние: материалы конф. мол. ученых. Екатеринбург, 2002. С. 207–215.

DOI: [10.5281/zenodo.10038531](https://doi.org/10.5281/zenodo.10038531)

Паразито-хозяйинные отношения вшей (Anoplura) и мелких млекопитающих разнотравно-дерновинно-злаковой степи Южного Зауралья

Кравченко В.Н., Стариков В.П.

Сургутский государственный университет, г. Сургут

Ключевые слова: вши, мелкие млекопитающие, Южное Зауралье

Южное Зауралье (Курганская область) простирается в пределах между 54–57° с.ш. и 61–69° в.д. Территория расположена на границе леса и степи. В соответствии со схемой ботанико-географического районирования Западно-Сибирской равнины здесь выделяют подтаежную подзону лесной зоны и две подзоны степной зоны – лесостепь и разнотравно-дерновинно-злаковую степь (Науменко, 2008). В формировании травостоя подзоны разнотравно-дерновинно-злаковой степи принимают участие степные дерновинные злаки. Древостойные насаждения в виде колков встречаются сравнительно редко. Сосновые ленточные боры приурочены к долине р. Тобол.

Вши мелких млекопитающих одна из наименее изученных групп паразитов. Имеется работа В.П. Старикова с соавторами (1988), в которой установлен видовой состав вшей грызунов Курганской области (5 видов) и работа по экологии эктопаразитов обыкновенной слепушонки, в том числе вшей (Стариков, Вершинин, 2020). Поэтому **цель работы** – выявить видовой состав и некоторые стороны экологии вшей разнотравно-дерновинно-злаковой степи Южного Зауралья. **Задачи:**

1. Выявить видовой состав мелких млекопитающих и вшей изученной территории разнотравно-дерновинно-злаковой степи Южного Зауралья.
2. Определить основных прокормителей Anoplura.
3. Установить специфичность выявленных видов вшей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование зараженности вшами мелких млекопитающих проведено в апреле-августе 2022 г. в подзоне разнотравно-дерновинно-злаковой степи на юге Курганской области в Звериноголовском районе вблизи села Озёрное (54°24' с.ш. 64°38' в.д.) и посёлка Искра (54°24' с.ш. 64°33' в.д.). Зверьков добывали методами ловчих канавок и ловушко-линий (Шефтель, 2018). Отработано 11800 конусо-суток и 12120 давилко-суток. Русские и латинские названия видов мелких млекопи-

тающих указаны по А.А. Лисовскому с соавторами (2019). Во время сбора вшей с мелких млекопитающих следовали рекомендациям Е.Ф. Сосниной. Для определения видов вшей использовали определитель Ж.К. Бокурню (Beaucour, 1968). Латинские названия видов приведены по Л. Дурдену и Г.Г. Муссеру (Durden, Musser, 1994). Для анализа в работе использовали общепринятые в паразитологии индексы: индекс встречаемости – ИВ, %, индекс обилия – ИО, экз. и интенсивность заражения зверьков эктопаразитами – ИЗ, экз. (Беклемишев, 1961). Проверку статистической значимости значений ИВ и ИО проводили по формулам, предложенным К.П. Фёдоровым (1986) и П.В. Терентьевым, Н.С. Ростовской (1977).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Отловлено 2107 особей насекомоядных и грызунов 18 видов: обыкновенная бурозубка *Sorex araneus* Linnaeus, 1758, тундряная бурозубка *S. tundrensis* Merriam, 1900, средняя бурозубка *S. caecutiens* Laxmann, 1785, малая бурозубка *S. minutus* Linnaeus, 1766, крошечная бурозубка *S. minutissimus* Zimmermann, 1780, лесная мышовка *Sicista betulina* (Pallas, 1779), степная мышовка *S. subtilis* (Pallas, 1773), красная полевка *Myodes rutilus* (Pallas, 1779), обыкновенная слепушонка *Ellobius talpinus* (Pallas, 1770), степная пеструшка *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773), узкочерепная полевка *Lasiopodomys gregalis* Pallas, 1779, тёмная (пашенная) полевка *Agricola agrestis* (Linnaeus, 1761), полевка-экономка *Alexandromys oeconomus* (Pallas, 1776), обыкновенная полевка *Microtus arvalis* (Pallas, 1778), мышь-малютка *Micromys minutus* (Pallas, 1771), полевая мышь *Apodemus agrarius* (Pallas, 1771), малая лесная мышь *Sylvaemus uralensis* (Pallas, 1811), домовая мышь *Mus musculus* Linnaeus, 1758.

Всего учтено 3755 особей вшей: *Hoplopleura acanthopus* (Burmeister, 1839), *H. edentula* Fahrenholz, 1916, *H. longula* (Neumann, 1909), *H. affinis* (Burmeister, 1839), *H. captiosa* Johnson, 1960, *Linognathoides laeviusculus* (Grube, 1851), *Polyplax serrata* (Burmeister, 1839), *P. ellobii* (Socnina, 1955) и *P. hannswrangeli* Eichler, 1952.

В отловах ловчими канавками сообщество зверьков характеризовалось как полидоминантное: обыкновенная полевка (20.6%), малая лесная мышь (12.3%), тундряная (11.8%) и обыкновенная бурозубки (10.2%). Эти же виды входили в группу фоновых, а также сюда отнесены полевка-экономка, малая бурозубка, узкочерепная и красная полевки. Все эти виды обычны для изученной территории. Сообщество мелких млекопитающих в учётах давилками также полидоминантно. Эту группу составили: малая лесная мышь (45.5%), обыкновенная полевка (24.2%) и домовая мышь (11.0%).

Сравнение показателей зараженности зверьков в зависимости от методов учётов (ловчие канавки и ловушко-линии) проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимых различий в ИО ни для одного из хозяев и видов вшей не выявлено. ИВ статистически значимо различался только в комплексах: *A. oeconomus* – *H. acanthopus* ($t_{эмп} = 2.01, t_{теор} (p_{0.05}, df = 197) = 2.08$) и *M. arvalis* – *H. acanthopus* ($t_{эмп} = 2.09, t_{теор} (p_{0.05}, df = 63) = 2.00$). Поэтому все дальнейшие обсуждения зараженности мелких млекопитающих вшами производили независимо от метода учёта.

Мелкие млекопитающие на территории разнотравно-дерновинно-злаковой степи заражены вшами умеренно. Даже у наиболее зараженных (ИЗ) массовых видов не более 20% особей имели вшей, ИО не более 4.00; ИВ – 20 насекомых на одного зараженного зверька (табл.). У большинства обследованных зверьков показатели заражения вшами были значительно ниже указанных. В тоже время, на отдельных особях встречалось более 100 вшей: на полевке-экономке – 261 и 258, малой лесной мыши – 111 и 107, мыши-малютке – 102 вши.

Таблица. Вши мелких млекопитающих разнотравно-дерновинно-злаковой степи Южного Зауралья (2022 г.)

Вид хозяина	N зверьков	Вид вшей	N вшей	Показатели заражения		
				ИЗ, экз.	ИВ,%	ИО, экз.
<i>S. araneus</i>	272	<i>H. acanthopus</i>	1	1.000	0.368	0.004
<i>S. subtilis</i>	5	<i>H. edentula</i>	1	1.000	20.000	0.200
<i>M. rutilus</i>	215	<i>H. acanthopus</i>	17	5.667	1.395	0.079
		<i>H. edentula</i>	255	6.375	18.605	1.186
<i>E. talpinus</i>	6	<i>P. ellobii</i>	125	31.250	66.667	20.833
<i>L. lagurus</i>	16	<i>H. acanthopus</i>	150	18.750	50.000	9.375
		<i>P. serrata</i>	2	2.000	6.250	0.125
<i>L. gregalis</i>	125	<i>H. acanthopus</i>	38	19.000	1.600	0.304
		<i>L. laevisculus</i>	2	2.000	0.800	0.016
<i>A. agrestis</i>	31	<i>P. hannswrangeli</i>	64	16.000	12.903	2.065
<i>A. oeconomus</i>	200	<i>H. acanthopus</i>	770	19.250	20.000	3.850
<i>A. arvalis</i>	367	<i>H. acanthopus</i>	293	7.325	10.899	0.798
		<i>P. serrata</i>	65	5.417	12.000	0.650
<i>M. minutus</i>	100	<i>H. longula</i>	302	10.067	30.000	3.020
		<i>H. acanthopus</i>	1	1.000	25.000	0.250
<i>A. agrarius</i>	4	<i>H. edentula</i>	3	3.000	0.257	0.008
		<i>H. affinis</i>	727	20.194	9.254	1.869
		<i>P. serrata</i>	929	11.060	21.594	2.388
<i>M. musculus</i>	28	<i>H. captiosa</i>	13	2.600	17.857	0.464

Вошь *H. acanthopus* малоспецифичный паразит, нами зарегистрирована на семи видах мелких млекопитающих. Наибольшие показатели заражения свойственны степной пеструшке, полевке-экономке и обыкновенной мыши.

новенной полёвке; единично регистрировалась на обыкновенной бурозубке (ИВ 0.37%, ИО 0.004 экз.) и полевой мыши (ИВ 25.00%, ИО 0.25 экз.).

H. edentula – паразит лесных полёвок (основные хозяева), но может единично паразитировать и на других мелких млекопитающих: полёвка-экономка, водяная полёвка и др. (Ельшанская, 1987). В Звериноголовском районе эта вошь единично паразитировала на малой лесной мыши и степной мышовке, максимальные показатели зараженности на красной полёвке (ИВ 18.61%, ИО 1.186 экз.).

H. longula – специфичный паразит исключительно мыши-малютки (Durden, Musser, 1994). В наших сборах около 30% популяции грызуна заражены. Сходные данные были получены Е.Ф. Сосниной (1981) в Саралах (Волжско-Камский заповедник).

H. affinis – специфичная вошь представителей мышей родов *Apodemus* и *Sylvaemus*. В 2022 г. паразитирование было выявлено только на малой лесной мыши (ИВ 9.25%, ИО 1.87 экз.).

H. captiosa – специфичный паразит подродов *Mus* (Durden, Musser, 1994). Зарегистрирован только на домовый мыши. В сборах составил не более 0.35% от всех вшей. Слабая инвазия домовый мыши вшами отмечалась ранее: в Душанбе *H. captiosa* также единично были сняты с домовых мышей (Соснина, 1982), в Приамурье из 241 исследованных зверьков ни один не был заражен (Волков и др., 1977).

P. serrata – паразит мышей. Для этого вида характерен более широкий круг хозяев, чем у ранее рассмотренных видов вшей, паразитирующих на представителях семейства Мышиные (*H. affinis*, *H. captiosa* и *H. longula*) (Durden, Musser, 1994). В.И. Волков с соавторами (1977) также отмечали его паразитирование на не свойственных хозяевах: полёвка-экономка, дальневосточная, красносерая, красная полёвки и др. В наших исследованиях показатели заражения *P. serrata* у малой лесной мыши в 1.8–3.7 раз выше, чем у мыши-малютки.

P. hannswrangeli – встречается на разных видах прокоромителей: красная, темная, водяная, восточноевропейская полевки, полёвка-экономка и др. (Beaucournu, 1968). В разнотравно-дерновинно-злаковой степи эта вошь паразитировала только на тёмной полёвке.

P. ellobii – паразит рода *Ellobius*. Во время исследования характеризовался самыми высокими показателями заражения среди всех учтенных мелких млекопитающих. Мы это связываем с особенностями биологии прокоромителя. Обыкновенная слепушонка – специализированный социальный грызун, который роет норы для передвижения, практически полностью изолируется от других зверьков (Евдокимов, 2001).

L. laeviusculus – паразит нескольких подродов *Spermophilus* (Durden, Musser, 1994). Нами было выявлено паразитирование имаго самки и

самца *L. laeviusculus* на одной узкочерепной полёвке в ивняково-осоковых приречных зарослях (табл.). Возможно, это связано с тем, что данная особь была отловлена в биотопе, прилегающем к местообитанию сусликов. В Якутии Г.А. Романова (1991) отмечала вошь *L. laeviusculus* на домово́й мыши.

На одном виде-прокормителе установлено паразитирование двух видов вшей. В популяции мыши-малютки сопаразитирование зарегистрировано для *H. longula* и *P. serrata*, отмечалось у 30% зараженных зверьков, при этом лишь единично преобладала *P. serrata*; на малой лесной мыши совместно паразитировали *H. affinis* и *P. serrata*, у 11%; на степной пеструшке однократно сопаразитировали *H. acanthopus* и *P. serrata* – преобладала *H. acanthopus*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фауна вшей мелких млекопитающих разнотравно-дерновинно-злаковой степи Южного Зауралья насчитывает 9 видов: *H. acanthopus*, *H. edentula*, *H. longula*, *H. affinis*, *H. captiosa*, *P. ellobii*, *L. laeviusculus*, *P. serrata* и *P. hannswrangeli*. Впервые для Южного Зауралья (Курганская область) зарегистрированы два вида *H. captiosa* и *P. hannswrangeli*. Массовыми видами вшей являются: *H. acanthopus*, *P. serrata* и *H. affinis*. Паразитирование вшей в большом количестве зарегистрировано на грызунах и частично на землеройках. Круг хозяев отдельных видов вшей неодинаков: одни из них узкоспецифичны (*H. longula*, *P. ellobii*, *H. affinis*), другие малоспецифичны и встречаются на нескольких видах зверьков (*H. acanthopus* и *P. serrata*). Совместное паразитирование разных видов вшей на одном виде хозяина отмечается сравнительно часто: на малой лесной мыши – *H. affinis* и *P. serrata*; на мыши-малютке – *H. longula* и *P. serrata*; на степной пеструшке – *H. acanthopus* и *P. serrata*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беклемишев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1961. Т.40. № 2. С. 149–158.
- Волков В.И., Зарубина В.Н., Черных П.А. К фауне и экологии вшей мелких млекопитающих Приамурья // Паразитология. 1977. Т. 17. Вып. 2. С. 186–186.
- Евдокимов Н.Г. Популяционная экология обыкновенной слепушонки. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2001. 144 с.
- Ельшанская Н.И., Зарубина В.Н., Рябов В.Н. О сезонной зараженности вшами мелких млекопитающих долины р. Холодной (Бурятская АССР) // Экология и география членистоногих Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. С. 226–227.

- Лисовский А.А., Шефтель Б.И., Савельев А.П. и др. Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты // Сб. трудов Зоол. музея МГУ. Т. 56. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2019. 191 с.
- Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья: Монография. Курган: Изд-во Курганского госуниверситета, 2008. 512 с.
- Романова Г.А. Паразитофауна домовый мыши Якутии // Фауна и экология животных Якутии. Якутск: Изд-во Якут. гос. ун-та. 1991. С. 162–167.
- Соснина Е.Ф. О паразито-хозяйинных отношениях вшей и грызунов // Паразитология. 1982. Т. 16. Вып. 1. С. 62–67.
- Соснина Е.Ф., Назарова И.В., Садекова Л.Х. Вши мелких млекопитающих Волжско-Камского заповедника (Anoplura) // Паразитология. 1981. Т. 15. Вып. 2. С. 157–162.
- Стариков В.П., Зарубина В.Н, Вершинин Е.А. К фауне вшей (Anoplura) грызунов Южного Зауралья // Вопросы динамики популяций млекопитающих. Информационные материалы. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. С. 58–59.
- Стариков В.П., Вершинин Е.А. Паразитологические членистоногие обыкновенной слепушонки *Ellobius talpinus* Pallas, 1770 Южного Зауралья // Паразитология. 2020. Т. 54. № 2. С. 152–162.
- Терентьев П.В., Ростова Н.С. Практикум по биометрии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. 153 с.
- Фёдоров К.П. Закономерности пространственного распределения паразитических червей. Новосибирск: Наука. 1986. 255 с.
- Шефтель Б.И. Методы учёта численности мелких млекопитающих // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. Vol. 3. № 3. С. 1–21.
- Beaucourtni J.C. Les Anoploures de Lagomorphes, Rongeurs et Insectivores dans la Region Palearctique Occidentale et en particulier en France // Annales de Parasitologie Humaine et Comparee. 1968. Vol. 43. № 2. P. 201–271.
- Durden L.A., Musser G.G. The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions // Bulletin of the American museum of Natural History. 1994. № 218. P. 1–90.

DOI: [10.5281/zenodo.10039171](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039171)

Охотничьи тактики рыбоядных косаток *Orcinus orca* Авачинского залива Камчатки

З.С. Кузнецов¹, Т.В. Ивкович², М.А. Бакланов¹

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: косатка, охотничье поведение, тактики охоты, элементы охоты, лососевые

При охоте на разные виды рыб рыбоядные косатки используют визуально отличные друг от друга тактики поимки рыбы. Изучение охотничьего поведения помогает лучше прогнозировать динамику численности косаток и разрабатывать различные методы охраны этих животных, что придает актуальность нашему исследованию.

Цель работы – изучение охотничьих тактик косаток Авачинского залива Камчатки.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить и описать основные элементы охоты рыбоядных косаток Авачинского залива.
2. Описать и классифицировать охотничьи тактики.
3. Определить зависимость между охотничьими тактиками и размером добычи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалы по наблюдениям за поведением косаток были собраны на территории п-ва Камчатка, г. Петропавловск-Камчатский, Камчатский край (от мыса Поворотного до мыса Шипунского Кроноцкого заповедника) (рис. 1).

Получение материала (фото и видео) проводилось с использованием цифровых фотокамер Canon EOS 40D и 7D с объективом Canon EF с фокусным расстоянием 100–400 мм, видеокамерой Panasonic HC-V770 и дроном Mavic mini 2.

Съемка проводилась в дневное время. С лодки отправлялся дрон и снимал акт охоты сверху. Параллельно с этим, проводилась фото- и видеосъемка с самой лодки. Таким образом, процесс охоты был запечатлен с боковой и верхней сторон. Наблюдаемые рыбоядные косатки Авачинского залива относятся к разным семейным группам.



Рисунок 1. Место сбора материала

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анализа видеозаписей была сделана этограмма (описание поведения животного) видимых элементов охоты, которые были выделены и описаны. **Мышкование (М)** – элемент, характеризующий выныр животного под тупым углом, и резкое погружение в воду в том же месте. **Обычный выныр (О)** – элемент, при котором животное выныривает под острым углом, и плавно заныривает, проплывая небольшое расстояние. **Скольжение (С)** – элемент, при котором животное в течение нескольких секунд преследует добычу у поверхности воды, показывая из воды верхнюю часть тела, проплывая небольшое расстояние. Каждый элемент имеет 2 варианта исполнения (1 – животное не ловит добычу, 2 – ловит). Элементы приведены ниже (рис. 2).

В ходе работы было обработано 38 видеозаписей (на 28 видеозаписях отмечалась тактика «А», на 10 – «В»). Было подсчитано общее количество элементов (122); количество элементов в тактике А (93), количество элементов в тактике В (29). Данные о процентном соотношении каждого элемента в тактиках представлены ниже (рис. 3). В каждой записи были выделены встречающиеся элементы охоты, обозначенные буквой, а также зафиксировано время начала каждого элемента и записан размер добычи. Диаграммы для каждого акта охоты не составлялись.

Как показал анализ частот элементов охоты, рыбацкие косатки Авачинского залива Камчатки используют различные тактики охоты при ловле рыбы. Разные тактики охоты, вероятно, связаны с размерами добычи, скоростью и поведением рыбы во время преследования косаткой. Было замечено, что при ловле лососевых (особенно крупных) косатки используют тактику «А», что подтвердил анализ чешуи, собран-

ной после охоты (Волкова, 2017). Крупные лососевые более проворны, чем мелкая рыба, часто резко уходят на глубину, охота на них требует большей активности. Вероятно, с этим связана высокая встречаемость элемента «О1» (обычный выныр, животное не ловит добычу) в охоте на них, т.к. при погоне за рыбой косатки часто промахиваются или теряют быструю добычу. Использование элементов группы «М» (мышкование) наиболее рационально при охоте на лососевых, поэтому элементы этой группы встречаются чаще в тактике «А».

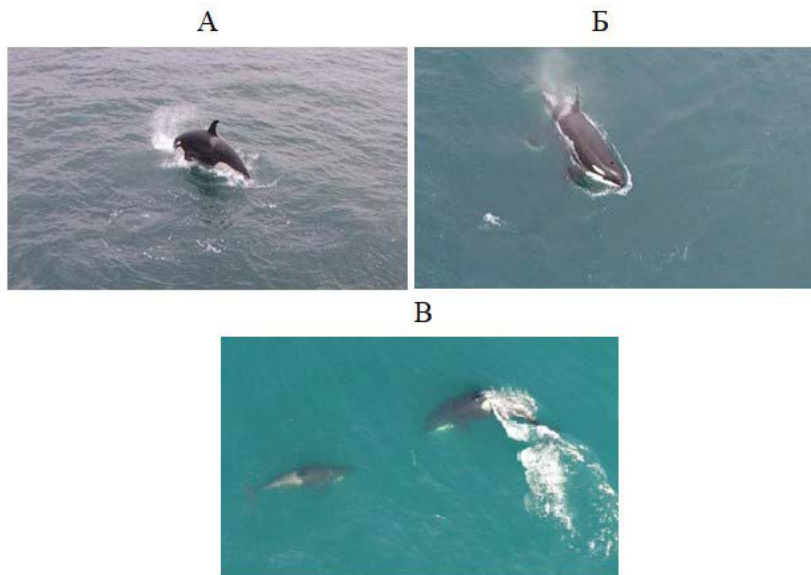


Рисунок 2. Элементы охоты рыбацких косаток Авачинского залива.
А - элемент группы «М», Б - «О», В - «С».

При охоте на мелкую рыбу косатки используют тактику «В», так как рыба не уходит на глубину, но может зигзагообразно отбиваться от косаток. С этим связано частое использование элементов группы «С».

Таким образом, благодаря многолетним визуальным наблюдениям за охотой рыбацких косаток, можно достоверно определить видимые с лодки тактики «А» или «В» и дифференцировать их, изучая животных, т.к. определенная встречаемость разных элементов свойственна определенной тактике. Можно сделать вывод, что косатки определенным образом (описанным выше) охотятся либо на крупную, либо на мелкую рыбу. Окончательное обозначение тактики подтверждалось после определения размера рыбы, что сопоставлялось со снятыми на камеру элементами. Иных видимых с лодки тактик не наблюдалось за весь период исследований проекта.

Полученные результаты вносят вклад в изучение пищевого поведения рыбоядных косаток Авачинского залива Камчатки, где подобных исследований ранее не проводилось. Сопоставление с литературными данными, показывает, что и другие косатки могут использовать схожие тактики охоты на рыбу, например, косатки в водах Исландии при охоте на сельдь (Opzeeland et al., 2005). Экотипы, которые охотятся на мигрирующего тунца в районе Гибралтарского пролива, могут демонстрировать тактику схожую с тактикой «А» у рыбоядных косаток Авачинского залива, но из-за высокой скорости тунца элементы группы «М» редко приводят к поимке рыбы (Guinet et al., 2007).

ВЫВОДЫ

1. Рыбоядные косатки Авачинского залива используют 2 основные тактики охоты на рыбу (А и В). При тактике «А» животное использует в охоте больше элементов группы «М», а при тактике «В» чаще всего встречаются элементы группы «С» и не встречается вариант группы «М» – «М2».
2. Выбор тактики охоты зависит от размера добычи. В случае крупного размера рыбы косатки предпочитают тактику «А», а при мелкой добыче – «В».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Волкова Е.В. Пищевая стратегия рыбоядных косаток *Orcinus orca* Авачинского залива // Дис. ... магистр. биол. наук. СПб., 2017. 64 с.
- Guinet C., Domenic P., Stephanis R. et al. Killer whale predation on bluefin tuna: exploring the hypothesis of the endurance-exhaustion technique // MEPS. 2007. № 3. P. 111–119.
- Opzeeland I.C.V., Corkeron P.J., Leyssen T. et al. Acoustic Behaviour of Norwegian Killer Whales, *Orcinus orca*, During Carousel and Seiner Foraging on Spring-Spawning Herring // Aquatic Mammals. 2005. № 1. P. 110–119.

DOI: [10.5281/zenodo.10039179](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039179)

Влияние инвазионного кустарника *Sorbaria sorbifolia* на состав банка семян лесных фитоценозов г. Екатеринбурга

Ю.А. Липихина

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: инвазионное растение, сообщества сосновых лесов, банк семян

Хозяйственная деятельность человека приводит к появлению в составе флор и сообществ чужеродных видов. Агрессивные чужеродные растения, изменяющие строение и функционирование природных экосистем называют инвазионными (Виноградова и др., 2010). Исход инвазий сложно прогнозировать (Simberloff, 2013). На Среднем Урале выделено 100 инвазионных видов растений (Третьякова, 2016а). Из них самыми опасными являются виды-трансформеры, они активно внедряются в естественные сообщества, выступают в качестве эдификаторов, препятствуют возобновлению видов местной флоры. По нашим данным к видам-трансформерам на Среднем Урале можно отнести рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun), так как он образует моновидовые заросли и препятствует возобновлению местных видов.

Рябинник рябинолистный – вегетативно-подвижный кустарник. Его интродукция в Европу и европейскую часть России происходила в середине 18 в. (Фирсов, Ткаченко, 2016). Природный ареал рябинника охватывает Сибирь, Дальний Восток, Камчатку, Японию, Корею, Китай и Центральную Азию (Флора СССР, 1939; Флора Сибири, 1988; Коропачинский, Встовская, 2002). Во вторичном ареале является инвазионным видом, занесен в Черную книгу Флоры Средней России (Виноградова и др., 2010).

Существует большое число работ, посвященных влиянию инвазионных растений на сообщества, при этом работ, показывающих их влияние на банк семян, значительно меньше (Gioria et al., 2012; Gioria et al., 2014). При этом банк семян – это резерв, который позволяет сообществу восстанавливаться после нарушений (Grewell et al., 2019; Yang et al., 2021). Ранее было исследовано влияние рябинника на сообщества сосновых лесов, в которые он внедряется. Следующий этап – исследование банка семян. **Целью работы** было оценить влияние инвазионного кустарника *Sorbaria sorbifolia* на таксономическое разнообразие растений почвенного банка семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные собраны в двух лесопарках на территории Екатеринбурга – Уктусском и Юго-Западном в 2019 и 2020 гг. Были выбраны участки, на каждом из которых исследованы по три сообщества, находящиеся в непосредственной близости друг от друга: I – лес без рябинника и малины; II – с доминированием малины; III – заросли рябинника. Все сообщества – I, II, III относятся к основным лесам. Два типа лесных сообществ – с доминированием малины (II) и леса без рябинника и малины (I) были взяты для контроля. Заросли малины были исследованы, приняв во внимание филогенетическую близость (семейство Rosaceae) и сходную жизненную форму (вегетативно-подвижный кустарник) двух кустарников, а также одинаковую ценотическую роль. В 2019 г. были исследованы три участка, на каждом из которых выполнено по три геоботанических описания: зарослей рябинника, а также расположенных в непосредственной близости сообществ I и II; всего 9 описаний. В 2020 г. к трем ранее существовавшим участкам были добавлены еще три, всего выполнено 18 описаний. На площади 10×10 м регистрировали видовой состав и проективное покрытие растений (%).

Для исследования почвенного банка семян в каждом сообществе было отобрано по три образца почвы: 27 проб почвы с трех участков в 2019 г. и 54 пробы почвы с шести участков в 2020 г. Каждую пробу почвы размещали в пластиковом вегетационном сосуде размером 20×15×10 см (объем 2 дм³), предварительно просеивая через сито с ячейками 0.5–0.8 см. Почву экспонировали в теплице с поликарбонатным покрытием, умеренно поливая. Учет всходов проводили раз в месяц в течение 4 месяцев в 2019 г. и 4 месяцев в 2020 г. Каждый месяц все доступные для идентификации особи выпалывали, гербаризировали и определяли. Некоторые экземпляры пересаживали и дорастивали в отдельных сосудах на гидропонике для определения вида. Часть особей определены до рода или семейства. При анализе их учитывали как отдельный таксон.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за два года исследований в лесных сообществах рассматриваемых участков выявлено 156 видов высших растений, относящихся к 111 родам и 49 семействам. В почвенном банке семян выявлено 72 вида, относящихся к 53 родам и 24 семействам. Следовательно, в банке семян отмечено в 2 раза меньше видов, родов, семейств по сравнению с сообществами. Такая же закономерность сохраняется в отдельные годы исследования. По сравнению с контрольными сообществами таксономическое разнообразие растений под пологом рябинника снижается как на уровне видов, так и на уровне родов и семейств. В банке семян

не наблюдается значимое влияние рябинника на число таксонов, по сравнению с контролями (рис.). Это может отчасти объясняться тем, что банк семян находится в почве и может избегать неблагоприятных воздействий (Fenner, Thompson, 2005) и поэтому банк семян менее чувствителен к влиянию инвазионных растений по сравнению с сообществами (Gooden, French, 2014).

Основу банка семян и сообществ составляют травянистые растения (76–90% всех видов). Наибольшее число видов в ценофлоре исследованных сосновых лесов составляют представители семейств Rosaceae (23 вида), Poaceae (16), Asteraceae (12). В банке семян также доминируют эти семейства – Rosaceae (10 видов), Poaceae (9), Asteraceae (7). Это соответствует первой триаде спектра ведущих семейств флоры Свердловской области (Третьякова, 2016б).

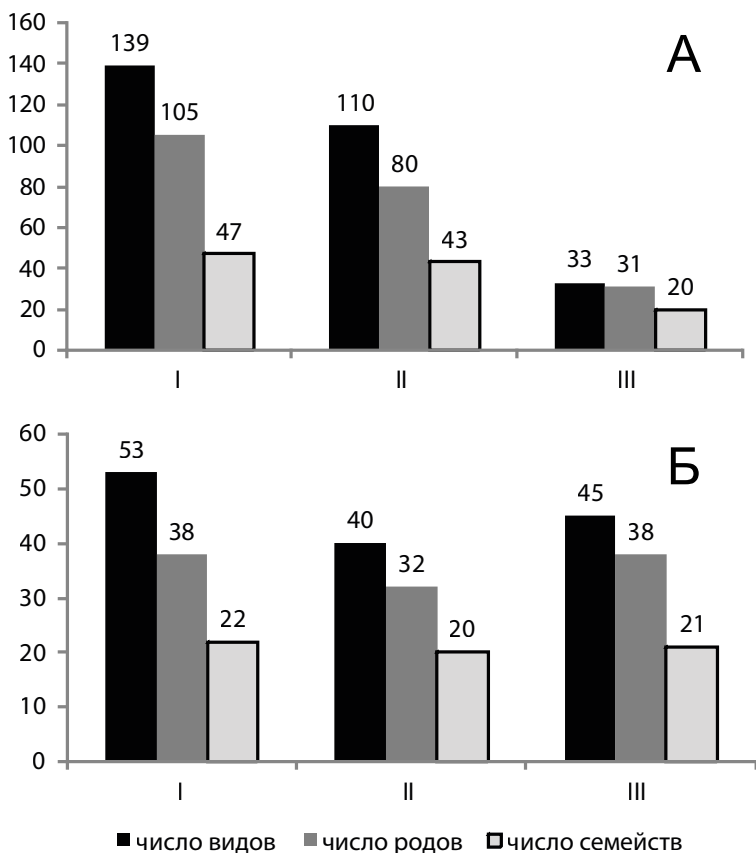


Рисунок. Число таксонов растений под пологом соснового леса (а) и почвенного банка семян (б) в разных типах сообществ: I – лес без рябинника и малины, II – с доминированием малины, III – заросли рябинника.

Общими для банка семян и сообществ были 49 видов. По ценотической приуроченности это, в основном, лесные и опушечные виды. Только в банке семян отмечены 23 вида. Их большая часть – многолетние травы, также сюда относятся все выявленные в банке семян одно-двухлетние травы; по ценотической приуроченности преобладают опушечные и рудеральные виды. Виды, присутствующие только в банке семян, не отличаются высокой встречаемостью и большим числом всходов и, вероятно, являются результатом случайного заноса. Большая часть видов (108 видов) исследованных сообществ не обнаружена в банке семян.

Сообщества и банк семян имеют значительные различия по видовому составу (коэффициент сходства Жаккара $I_j = 0.13-0.23$). Это подтверждает результаты исследований, указывающих на малое сходство между видовым составом сообществ и почвенным банком семян как трансформированных инвазией, так и естественных фитоценозов (Holmes, Cowling, 1997; Mason et al., 2007; Giantomasi et al., 2008; Gioria, Osborne, 2009; Gonzalez-Munoz et al., 2012; Skowronek et al., 2014).

Банк семян разных групп сообществ (I, II, III) более сходен ($I_j = 0.42-0.52$). Влияние рябинника на видовой состав банка семян не выявлено. Видовой состав растений по группам сообществ существенно различается, т.е. рябинник обуславливает избирательное возобновление растений под своим пологом. Сообщества с рябинником имеют малое сходство с лесными сообществами и сообществами с малиной ($I_j = 0.19$ и $I_j = 0.25$, соответственно), для сравнения лесные сообщества и сообщества с малиной имеют сходство $I_j = 0.62$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлено значимое отрицательное влияние рябинника на число таксонов ценофлоры исследованных сосновых лесов, при этом влияние рябинника на число таксонов банка семян не обнаружено. Влияние рябинника на растительность подчиненных ярусов обусловлено, по-видимому, прямым конкурентным и средообразующим воздействием, создаваемым его живой фитомассой.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.

- Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России, Новосибирск: Гео, 2002. 707 с.
- Третьякова А.С. Закономерности формирования и экологическая структура флоры урбанизированных территорий Среднего Урала (Свердловская область) // Дисс. ... д. б. н. Екатеринбург, 2016а. 384 с.
- Третьякова А.С. Особенности таксономической структуры флоры урбанизированных территорий Среднего Урала (Свердловская область) // Самарский научный вестник. 2016б. № 1 (14) С. 66–71.
- Фирсов Г.А., Ткаченко К.Г. О качестве семян *Sorbaria sorbifolia* и *Sorbaria kirilowii* (Rosaceae), интродуцированных на северо-западе России // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2016. № 16. С. 22–28.
- Флора Сибири. Rosaceae. Новосибирск: Наука, 1988. 200 с.
- Флора СССР. Т. IX. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1939. 313 с.
- Fenner M., Thompson K. The ecology of seeds. Ed. 2. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 260 pp.
- Giantomasi A., Tecco P.A., Funes G. et al. Canopy effects of the invasive shrub *Pyracantha angustifolia* on seed bank composition, richness and density in a montane shrubland (Cordoba, Argentina) // Austral Ecology. 2008. Vol. 33. № 1. P. 68–77.
- Gioria M., Jarosik V., Pysek P. Impact of invasions by alien plants on soil seed bank communities: Emerging patterns // Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics. 2014. Vol. 16. P. 132–142.
- Gioria M., Osborne B. The impact of *Gunnera tinctoria* (Molina) Mirbel invasions on soil seed bank communities // Journal of Plant Ecology. 2009. Vol. 2. № 3. P. 153–167.
- Gioria M., Pysek P., Moravcova L. Soil seed banks in plant invasions: Promoting species invasiveness and long-term impact on plant community dynamics // Preslia. 2012. Vol. 84. P. 327–350.
- Gonzalez-Munoz N., Costa-Tenorio M., Espigares T. Invasion of alien *Acacia dealbata* on Spanish *Quercus robur* forests: impact on soils and vegetation // Forest Ecology and Management. 2012. Vol. 269. P. 214–221.
- Gooden B., French K. Impacts of alien grass invasion in coastal seed banks vary amongst native growth forms and dispersal strategies // Biological Conservation. 2014. Vol. 171. P. 114–126.
- Grewell B.J., Gillard M.B., Futrell C.J., Castillo J.M. Seedling emergence from seed banks in *Ludwigia hexapetala*-invaded wetlands: implications for restoration plants // Plants. 2019. Vol. 8. № 451. P. 1–14.
- Holmes P.M., Cowling R.M. Diversity, composition and guild structure relationships between soil-stored seed banks and mature vegetation in alien plant-invaded South African fynbos shrublands // Plant Ecology. 1997. Vol. 133. P. 107–122.

-
- Mason T., French K., Russell K.* Moderate impacts of plant invasion and management regimes in coastal hind dune seed banks // *Biological Conservation*. 2007. Vol. 134. P. 428–439.
- Simberloff D.* *Invasive Species: What Everyone Needs to Know*. Oxford: Oxford University Press, 2013. 329 pp.
- Skowronek S., Terwei A., Zerbe S. et al.* Regeneration potential of floodplain forests under the influence of nonnative tree species: soil seed bank analysis in northern Italy // *Restoration Ecology*. 2014. Vol. 22. № 1. P. 22–30.
- Yang X., Baskin C.C., Baskin J.M. et al.* Global patterns of potential future plant diversity hidden in soil seed banks // *Nature Communications*. 2021. Vol. 12. № 7053.

DOI: [10.5281/zenodo.10039183](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039183)

Секвестрация углерода из биомассы крупнотравных растений путем получения биоуглей

А.В. Малахеева

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: биоуголь, углерод, свойства биоуглей, секвестрация углерода

Технология получения биоугля направлена на решение проблем секвестрации CO₂ из атмосферы с помощью почвенно-растительных экосистем. При этом углерод растительной биомассы с помощью пиролиза (нагрева при высоких температурах с ограниченным доступом кислорода) переводится в труднорастворимую форму, которая может храниться в почве в течение сотен и тысяч лет (Knicker et al., 2013; Kuzyakov et al., 2009).

Дальнейшая «судьба» биоугля определяется режимом депонирования. Если его будут интенсивно использовать при возделывании сельскохозяйственных структур, то большое значение имеют характеристики биоугля, улучшающие почву для той или иной культуры. Если биоуголь будет депонировать в естественные экосистемы, то здесь решающее значение приобретает устойчивость биоугля к разложению в региональных почвенно-климатических условиях.

Как правило, секвестрационный потенциал биоуглей определяется по выходу углерода, а также по доле устойчивых фракций (стабильных форм) углерода (Masek et al., 2013). В некоторых работах показано, что устойчивость биоуглей можно косвенно оценить по содержанию О и Н в них, а также соотношению Н/С и О/С (Tu et al., 2022).

Технология получения биоугля имеет множество аналогов, разработанных для других регионов. Однако для каждого региона вид сырья и способ переработки необходимо подбирать с учетом зональной и региональной специфики. Перенос аналогичных технологий, например, из Европейской части России на Средний Урал не гарантирует успеха. Подход получения биоуглей представляется перспективным в отношении высокотравных растений, которые отличаются высокой продуктивностью и большой вариативностью свойств биомассы.

Цель работы – выявить связь между исходными характеристиками растительного сырья и секвестрационным потенциалом полученных биоуглей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 6 видах высокотравных растений из коллекции Ботсада УрФУ: *Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L., *Echinops sphaerocephalus* L., *Miscanthus sinensis* Andersson, *Polygonum weyrichii* F. Schmidt. Для сравнения использовали березовый опил – сырье, наиболее часто используемое для изготовления биоуглей. Биомассу высушивали при температуре 70°C, а затем измельчали до размера менее 1 см для производства биоугля. Пиролиз биомассы осуществляли при двух температурных режимах 370°C и 500°C в электропечи для лабораторного коксования (ГОСТ 9521-74). Содержание С, Н, N определяли в 3-х параллельных измерениях на элементных анализаторах CHN PE 2400 (производитель «Perkin Elmer Instruments», США) и EA3000 («EuroVector Instruments», Италия). Элементный анализ выполнен в Центре коллективного пользования «Спектроскопия и анализ органических соединений» группой элементного анализа ИОС УрО РАН.

Для определения зольности аналитическую пробу биоугля измельчали до размера частиц 1 мм и менее. Озоление проводили при свободном доступе воздуха и прокаливании зольного остатка до постоянной массы при температуре 815±10°C по ГОСТ 55661–2013. Содержание О получали вычитанием из 100% процента С, Н, N, золы (Tu et al., 2022).

Окисленный (органический) углерод определяли методом мокрого сжигания по Тюрину, по окисляемости в 0.4н растворе бихромата калия. На основе полученных данных рассчитали выход биоугля (Zhao et al., 2013) и углерода, выход устойчивых форм С.

Для установления влияния отдельных факторов был проведен дисперсионный анализ. Метод парной корреляции Пирсона использовали для определения силы и характера связей между показателями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые виды различались по концентрации углерода в биомассе: наименьшие значения обнаружены у видов рода *Amaranthus*, а самые высокие – в опиле, промежуточные – в биомассе *E. sphaerocephalus* и *P. weyrichii* (табл. 1). Амаранты отличались повышенным содержанием азота в фитомассе по сравнению с остальными травами, самое низкое содержание азота было в березовом опиле. Наибольшее содержание водорода обнаружено в биомассе *M. sinensis* и опила. Содержание кислорода в биомассе изменялось от 40% у *A. cruentus* и *A. hypochondriacus* до 46% у опила. Значительные различия выявлены в зольности сырья. Биомасса амарантов характеризовались максимальной зольностью, что более чем в 2 раза превосходило зольность в биомассе остальных трав. В опиле зольность не превышала 1%.

Таблица 1. Содержание макроэлементов в биомассе исследуемых видов (среднее \pm SE, %)

Вид	С	О	Зольность	Н	N
Березовый опил	47.1 \pm 0.2	46.1 \pm 0.2	0.3 \pm 0.1	6.39 \pm 0.06	0.12 \pm 0.03
<i>Miscanthus sinensis</i>	44.3 \pm 0.1	45.3 \pm 0.5	3.6 \pm 0.2	6.22 \pm 0.12	0.57 \pm 0.06
<i>Amaranthus caudatus</i>	34.4 \pm 1.3	43.5 \pm 2.5	14.1 \pm 2.1	5.04 \pm 0.30	3.00 \pm 0.40
<i>A. cruentus</i>	37.8 \pm 0.4	40.4 \pm 0.9	13.9 \pm 1.5	5.37 \pm 0.10	2.54 \pm 0.19
<i>A. hypochondriacus</i>	39.6 \pm 0.4	40.7 \pm 0.7	11.4 \pm 0.9	5.90 \pm 0.18	2.40 \pm 0.06
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	42.7 \pm 1.0	43.2 \pm 1.5	6.9 \pm 0.6	5.96 \pm 0.06	1.24 \pm 0.31
<i>Polygonum weyrichii</i>	42.4 \pm 0.6	42.7 \pm 0.8	7.9 \pm 0.1	5.73 \pm 0.10	1.92 \pm 0.18

Для производства биоугля важен выход биоугля – масса, полученная из единицы биомассы. Для секвестрационного потенциала информативным показателем является выход С биоугля – количество С биомассы, сохраняющееся в биоугле после пиролиза.

Выход биоугля и углерода в биоугле сильно зависели от температуры пиролиза и вида сырья (табл. 2). Максимальный выход биоугля отмечен из *A. hypochondriacus*, *E. sphaerocephalus* и *P. weyrichii* в условиях низкой температуры пиролиза. При высокой температуре пиролиза у всех видов наблюдалось снижение выхода биоугля и углерода на 20% и более. Повышенный выход биоугля и углерода при более низкой температуре можно объяснить низкой интенсивностью обугливания биомассы. Пиролиз биомассы с высоким содержанием лигнина ведет к высокому выходу биоугля (Nanda et al., 2015), однако биоуголь из опила не отличался высоким выходом.

Не обнаружено четкой связи выхода углерода в биоуглях с выходом биоуглей при температуре при 500°C ($r = 0.37$, $p = 0.0993$), а при пиролизе 370°C такая связь наблюдалась ($r = 0.70$, $p = 0.0003$).

Большое значение для секвестрационного потенциала биоугля имеет устойчивость полученного биоугля к разложению, которая косвенно оценивается по доле стабильной фракции биоугля. Наиболее важным показателем является выход стабильной фракции С, а не просто ее концентрация в биоугле. Наибольший выход стабильного углерода обнаружен у большей части видов биомасс при 500°C пиролиза. Исключения составляют *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* и *P. weyrichii*, у которых этот показатель был сопоставим или выше при 370°C. У биоуглей из *M. sinensis* и опила доля устойчивых фракций углерода были в 2–3 раза выше, чем у биоуглей из других типов сырья. Это свидетельствует о том, что у *M. sinensis* и опила более развиты свойства биомассы, отвечающие за получение биоуглей с высокой степенью устойчивости.

Корреляционный анализ не выявил связи между выходом биоугля и устойчивыми фракциями углерода. Так, наибольшая доля стабильных фракций углерода была характерна в биоуглях *M. sinensis* и опила, которые отличались при сжигании 500°C и особо не выделялись выходом биоуглей.

Из отношений элементов, которые наиболее точно отражают устойчивость соединений, являются Н/С и О/С (Tu et al., 2022). Высокоустойчивые соединения, как правило, характеризуются дефицитом водорода и кислорода и состоят из конденсированных ароматических колец. К ним относятся угли, гуминовые кислоты и лигнины. Отношение Н/С для изученных нами групп биоуглей и биомасс для высокотемпературных биоуглей варьировало от 0.04 у опила до 0.05 у *A. hypochondriacus*, для низкотемпературных биоуглей от 0.06 у *A. hypochondriacus* до 0.08 у *E. sphaerocephalus*, отношение О/С у высокотемпературных биоуглей варьировало от 0.15 у опила до 0.47 у *A. hypochondriacus*, у низкотемпературных от 0.32 у *M. sinensis* и *E. sphaerocephalus* до 0.56 у *A. hypochondriacus*. Н/С и О/С для биомасс были значительно выше: 0.14–0.15 и 0.98–1.27 соответственно. Наиболее выражено низкое отношение Н/С и О/С у высокотемпературных биоуглей из опила *M. sinensis* и *E. sphaerocephalus*.

Таблица 2. Показатели биоуглей в зависимости от вида и температуры пиролиза (среднее \pm SE, буквенными индексами показаны гомогенные по критерию Тьюки значения)

Вид	Выход			Н/С	О/С
	Выход, %	Выход С, %	устойчивых форм С, %		
Показатели биоуглей в зависимости от вида сырья					
Березовый опил	34.6 \pm 3.0 a	55.7 \pm 3.0 a	13.8 \pm 0.7 e	0.05 \pm 0.01 a	0.24 \pm 0.05 a
<i>Miscanthus sinensis</i>	35.1 \pm 2.0 ab	53.4 \pm 1.9 a	10.9 \pm 0.6 d	0.06 \pm 0.01 ab	0.25 \pm 0.03 a
<i>Amaranthus caudatus</i>	36.0 \pm 3.6 ab	39.5 \pm 3.3 b	3.4 \pm 0.4 b	0.05 \pm 0.01 a	0.51 \pm 0.03 d
<i>Amaranthus cruentus</i>	37.2 \pm 3.6 ab	39.0 \pm 5.2 b	3.6 \pm 0.4 bc	0.06 \pm 0.01 ab	0.46 \pm 0.02 cd
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	42.7 \pm 2.3 ab	52.5 \pm 2.0 a	5.1 \pm 0.3 ac	0.06 \pm 0.01 b	0.38 \pm 0.03 bc
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	41.2 \pm 3.0 ab	58.5 \pm 4.0 a	6.2 \pm 0.9 a	0.06 \pm 0.01 ab	0.28 \pm 0.03 a
<i>Polygonum weyrichii</i>	43.1 \pm 2.6 b	58.8 \pm 2.7 a	5.4 \pm 0.6 a	0.06 \pm 0.01 ab	0.31 \pm 0.03 ab
<i>F</i>	3.53	11.40	119.92	3.76	30.30
<i>p</i>	0.0100	<0.0001	<0.0001	0.0072	<0.0001
Показатели биоуглей в зависимости от температуры пиролиза					
370 °C	43.5 \pm 1.3	56.3 \pm 2.2	6.3 \pm 0.7	0.07 \pm 0.01	0.40 \pm 0.02
500 °C	33.2 \pm 1.0	45.2 \pm 1.9	7.7 \pm 1.0	0.05 \pm 0.01	0.29 \pm 0.03
<i>F</i>	53.01	36.52	27.18	439.00	59.31
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Мы предположили, что усиление устойчивых свойств биоуглей, обнаруженное у *M. sinensis* и опила может быть обеспечено свойствами исходной биомассы. Корреляционный анализ не выявил связь между выходом биоугля и измеренными нами характеристиками исходной биомассы (табл. 3). Зато важнейшие характеристики биоуглей, такие как выход стабильных фракций и выход углерода угля связаны с исходными свойствами сырья. Нами обнаружена положительная связь между выходом углерода и его устойчивых форм в биоугле с содержанием углерода и водорода в биомассе и отрицательная связь с содержанием азота и зольностью. Эти связи сходным образом коррелировали при разных температурных режимах пиролиза, но при 500 °С сила связей была выше.

Таблица 3. Корреляции характеристик биоуглей с показателями биомассы. (* – значимая корреляция при $p < 0.05$)

Показатели биомассы	Выход биоугля	Выход С, %	Выход устойчивых форм С, %	О/С	Н/С
С, %	-0.09	0.53 *	0.84 *	-0.76 *	-0.00
Н, %	-0.05	0.49 *	0.76 *	-0.69 *	0.04
Н, %	0.18	-0.47 *	-0.87 *	0.73 *	0.04
Зольность, %	0.24	-0.46 *	-0.86 *	0.68 *	0.06
О, %	-0.15	0.20	0.37 *	-0.23	-0.13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нами показано, что на свойства биоуглей влияют исходные характеристики биомасс и температура пиролиза. Для секвестрационных свойств биоуглей важны исходные характеристики биомассы и высокая температура пиролиза. Угли с высоким выходом не отличаются высокими секвестрационными качествами. Это биоугли из биомасс амарантов. Для получения биоуглей с высокими секвестрационными свойствами важную роль играет высокое содержание углерода и водорода и низкое содержание золы и азота в исходной биомассе. Это угли из *M. sinensis* и опила.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность д.б.н. Д.В. Веселкину (ИЭРИЖ УрО РАН) за помощь в обсуждении материалов, к.б.н. А.А. Бетехтиной (УрФУ) за научное руководство.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (тема № FEUZ-2023-0023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Knicker H., Gonzalez-Vila F. J., Gonzalez-Vazquez R.* Biodegradability of organic matter in fire-affected mineral soils of Southern Spain // *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. Vol. 56. P. 31–39.
- Kuzyakov Y., Subbotina I., Chen H. et al.* Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ^{14}C labeling // *Soil Biology and Biochemistry*. 2009. Vol. 41, № 2. P. 210–219.
- Masek O., Brownsort P., Cross A., Sohi S.* Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar // *Fuel*. 2013. Vol. 103. P. 151–155.
- Tu P., Zhang G., Wei G. et al.* Influence of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of biochars obtained from herbaceous and woody plants // *Bioresources and Bioprocessing*. 2022. Vol. 9. № 131. P. 1–12.
- Nanda S., Dalai A. K., Berruti F., Kozinski J. A.* Biochar as an Exceptional Bioresource for Energy, Agronomy, Carbon Sequestration, Activated Carbon and Specialty Materials // *Waste and Biomass Valorization*. 2015. Vol. 7. P. 201–235.
- Zhao X., Cao O., Masek A., Zimmerman A.R.* Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures // *Journal of Hazardous Materials*. 2013. Vol. 256–257. P. 1–9.

DOI: [10.5281/zenodo.10039195](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039195)

Птицы средневекового городища Уфа-II

М.П. Маслинцына^{1,2}, Д.О. Гимранов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

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

Ключевые слова: орнитофауна, остатки птиц, средневековые, археологические памятники, Южный Урал

Городище Уфа-II – одно из наиболее хорошо исследованных средневековых (V–XVI века) поселений на Южном Урале. Более 90% костных остатков из этого местонахождения принадлежит млекопитающим. Доминирующими видами являются лошади (34,2%), КРС (26,4%) и МРС (33,6%). Костные остатки птиц, найденные на территории городища, составляют 0,06% от общего количества всех обнаруженных костей (Сатаев и др., 2011). Голоценовая орнитофауна Южного Урала исследована недостаточно полно (Сатаев, 2005; Danukalova et al., 2020). Изучение костных остатков из таких крупных местонахождений как Уфа-II может существенно дополнить информацию о видовом составе птиц этого региона в позднем голоцене.

Цель работы – исследование костных остатков птиц из культурных слоёв средневекового городища Уфа-II. В связи с поставленной целью были сформулированы следующие задачи: определить таксономическую принадлежность костных остатков, сравнить экологическую структуру орнитофауны исследуемого городища с таковой из синхронных местонахождений Урало-Поволжья, сопоставить полученные результаты с данными по позднеголоценовой авифауне Южного Урала и охарактеризовать особенности использования птицы древним населением.

В ходе исследования было изучено 54 кости птиц из раскопа 2017 года и 44 из раскопок 2022 года. Среди костных остатков из раскопок 2022 года идентифицировано большое количество домашних птиц. Было установлено, что эти материалы датируются новейшим временем, поэтому далее в исследовании они не учитывались. Для сравнения нами привлекались литературные данные по следующим археологическим памятникам: Тверской кремль, XII–XVI вв (Zinoviev, 2021); Билярское городище, X–XIII вв (Шаймуратова и др., 2021); Увекское городище, XII–XIV вв (Шаймуратова и др., 2022). Определение видовой принадлежности производилось с помощью сравнения с остеологической коллекцией птиц Музея ИЭРиЖ УрО РАН. Кости птиц отряда гусеобразные (Anseriformes) диагностировались до вида путём

соотнесения их размеров с опубликованными литературными данными (Poland, 2018). Измерение проводилось с помощью штангенциркуля (точность 0,01 мм), в соответствии со схемами промеров, предложенными Д. Поландом (2018). Виды объединялись в экологические группы в соответствии с типологизацией, предложенной несколькими авторами (Аськеев и др., 2013; Равкин, Богомолова, 2022). Полученные данные для характеристики экологических групп суммировались с данными из предыдущих исследований этого памятника (Романов и др., 2015).

В результате проведенного исследования по материалам из раскопок 2017 года нами были идентифицированы следующие виды: белолобый (*Anser albifrons*) и серый (*A. anser*) гуси, красноголовый нырок (*Aythya ferina*), кряква (*Anas platyrhynchos*), свиязь (*A. penelope*), серая утка (*A. strepera*), хохлатая чернеть (*A. fuligula*), чирок-трескунок (*A. querquedula*), шилохвость (*A. acuta*), лебедь-шипун (*Cygnus olor*), тетерев (*Lyrurus tetrix*), сорока (*Pica pica*) и коростель (*Crex crex*). Некоторые экземпляры были определены только до рода, среди них отмечены гуси, речные утки и кулик. Было установлено, что все идентифицированные нами виды, кроме кряквы, были ранее отмечены в списках фаун из других местонахождений позднего голоцена этого региона (Сатаев, 2005; Danukalova et al., 2020). В соответствии с типологизацией предложенной И.В. Аськеевым с соавт. (2013) птицы, костные остатки которых обнаружены в культурных слоях городища Уфа-II, относятся к следующим экологическим группам: водоплавающие и болотные (67%), степные и лесостепные (8%), синантропные (8%), лесные и лесолуговые (17%). В соответствии с типологизацией, предложенной Ю.С. Равкиным и И.Н. Богомоловой (2022) выделены следующие группы: тундрово-стланиковые (13%); лесные и редколесные (4%); птицы лугов, степей и пустынь (8%); птицы верховых и открытых болот и марей (17%); птицы рек и материковых водоёмов (50%); птицы городов, посёлков и свалок (8%). Экологическая структура сообщества птиц городища Уфа-II по доминирующим и по редким группам близка к таковым из синхронных памятников Урало-Поволжья. Однако по процентному соотношению экологических групп Уфа-II наиболее сходна с Увекским городищем. Количество костных остатков, принадлежащих водным и болотным птицам в Увекском городище составило 60%, лесным и лесолуговым – 23%, домашним – 8%, синантропным – 6%, степным и лесостепным – 3% (по типологизации, предложенной И.В. Аськеевым с соавт. (2013)). Среди костных остатков не обнаружено домашних птиц и дневных хищников. Также, по сравнению с другими памятниками, в исследуемом местонахождении идентифицировано меньшее число синантропных видов.

В культурных слоях городища доминирующей группой и по видовому разнообразию (10 видов), и по количеству найденных остатков (95 экз.) являются гусеобразные. Субдоминирующей - курообразные (28 экз.). Выявленная экологическая структура орнитофауны средневекового городища Уфа-II оказалась близка к таковой из синхронных местонахождений Урало-Поволжья. Можно констатировать, что на территории Уфимского полуострова были распространены разнообразные лесные, степные, луговые, водные и болотные ландшафты. Все идентифицированные виды зарегистрированы в составе современной орнитофауны Южного Урала. Также нами было установлено, что древнее население городища Уфа-II не занималось птицеводством и не практиковало соколиную охоту. Была распространена охота на водоплавающих птиц и боровую дичь.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Музея ИЭРиЖ УрО РАН за предоставленные коллекции, директору ИЭРиЖ УрО РАН М.Г. Головатину за поддержку формирования современных остеологических коллекций, А.Н. Созонтову (ИЭРиЖ, г. Екатеринбург) за помощь в использовании статистического пакета R, а также П.А. Косинцеву (ИЭРиЖ, г. Екатеринбург) за консультации и ценные советы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аськеев И.В., Галимова Д.Н., Аськеев О.В.* Птицы Среднего Поволжья в V–XVIII вв. НЭ (по материалам археологических раскопок) // Поволжская археология. 2013. № 3 (5). С. 116–144.
- Равкин Ю.С., Богомолова И.Н.* Распределение и структура населения птиц Северной Евразии в первой половине лета // Поволжский экологический журнал. 2022. № 4. С. 452–473.
- Романов А.А., Русланов Е.В., Сахинов Р.Ф.* К вопросу о видовом разнообразии орнитофауны Уфимского полуострова в эпоху раннего средневековья (по материалам «Городища Уфа-II») // Русский орнитологический журнал. 2015. Т. 24. № 1213. С. 4073–4080.
- Сатаев Р.М., Сатаева Л.В., Куфтерин В.В. и др.* Особенности природопользования средневекового населения Уфимского полуострова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. С. 101–105.
- Сатаев Р.М.* Экологическая интерпретация палеофаунистических материалов (на примере голоценовых местонахождений наземных позвоночных Башкирского Южного Урала) // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Казань, 2005. 24 с.

- Шаймуратова Д.Н., Аськеев И.В., Шакиров З.Г.* Новые археозоологические исследования средневекового Биляра // Археология евразийских степей. 2021. № 3. С. 90-95.
- Шаймуратова Д.Н., Аськеев И.В., Недашковский Л.Ф.* Значение птиц на золотоордынских сельских поселениях Нижнего Поволжья (на примере Багаевского селища) // Золотоордынское обозрение. 2022. Т. 10. № 4. С. 851–867.
- Danukalova G., Kosintsev P., Yakovlev A. et al.* Quaternary deposits and biostratigraphy in caves and grottoes located in the Southern Urals (Russia) // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 84–124.
- Poland J.G.* A methodological approach to the identification of duck and goose remains from archaeological sites with an application to Roman Britain. PhD thesis. Sheffield, 2018. 339 pp.
- Zinoviev A.V.* Zooarchaeology of Tver Kremlin (12th–18th centuries, Tver, Russia) // International Journal of Osteoarchaeology. 2021. Vol. 31. № 4. P. 568–582.

DOI: [10.5281/zenodo.10039200](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039200)

Полиморфизм фенотипических и генетических маркеров в популяциях *B. nana* L. на Урале

С.О. Медведева, О.Е. Черепанова, Н.В. Семериков

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: береза карликовая, маркеры хлоропластной ДНК, фенотипическая изменчивость, генетический полиморфизм, популяция

Береза карликовая (*Betula nana* L.) – низкий ветвистый кустарник северного полушария, высотой до 1 м, вид относится к секции *Aptercaryon*, произрастает в арктической и горной тундре, а также на моховых сфагновых или гипновых болотах лесной полосы (Скворцов, 2002). Ареал карликовой березы охватывает всю территорию Сибири, Урал, Северную Европу. Листовая пластина (ЛП) обладает набором признаков, позволяющих безошибочно идентифицировать данный вид в полевых условиях: размеры не более 2.5 см, тупозубчатый край, округлое или ширококлиновидное основание (Ashburner, McAllister, 2016). Гибридизация *B. nana* с другими видами из секции *Betula* малоизучена и представляет интерес, как для селекции, так и для понимания эволюционных процессов. На сфагновых болотах *B. nana* часто произрастает совместно с *B. pubescens* Ehrh. (березой пушистой). Были высказаны предположения о наличии гибридных форм *B. nana* × *B. pubescens* в популяциях карликовой березы (Anamthawat-Jonsson et al., 2010, Thorsson et al., 2007). При этом отмечено, что гибриды имели промежуточную морфологию листовой пластины (Thorsson et al., 2007).

Предпринимались попытки исследовать наличие и интенсивность гибридизации *B. nana* с помощью морфологических и молекулярно-генетических методов (Jadwiszczak et al., 2012, Palme et al., 2004). Большинство таких исследований охватывает Европейскую часть ареала карликовой березы, данные по популяциям карликовой березы на территории РФ фрагментарны, а изучение генетической изменчивости карликовой березы на Урале ранее не проводилось. Одним из наиболее широко используемых молекулярно-генетических методов оценки генетического полиморфизма популяций берез является анализ маркеров хлоропластной ДНК (хпДНК) (Jadwiszczak et al., 2012, Maliouchenko, 2007). У представителей рода *Betula* хпДНК передается по материнской линии через семена, что позволяет получить более четкую картину генетической структуры популяций.

Таким образом, **цель работы** – изучение популяционной изменчивости *B. nana*, произрастающей на Урале: фенотипической (параметров

листовой пластины) и генетической (маркеров хпДНК), а также выявление признаков, которые могут быть перспективными для поиска гибридных форм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа генетического полиморфизма и фенотипической изменчивости ЛП образцы были собраны в 4 популяциях на Среднем Урале (Табл. 1). В каждой из популяций было отобрано по 20–24 генеративных особей на расстоянии не ближе 20 м друг от друга.

Таблица 1. Географическое положение образцов

№	Вид	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Географическое описание
2	<i>V. nana</i>	56°50'24.29"С 60°43'22.19"В	271	оз. Малый Шарташ
3	<i>V. nana</i>	59°37'32.9"С 59°14'40.3"В	1200	Серебрянский камень
6	<i>V. nana</i>	55°39'50.40"С 60°20'10.10"В	286	Болото окр. Слюдорудника (Челябинская обл.)
7	<i>V. nana</i>	56°35'36.38"С 60°34'59.81"В	400	Болото Шабровское, близ п. Шабровский

Листовые пластины отсканированы с помощью HP Office JetPro 9010. Размеры листьев измерялись в 15-ти кратной повторности в программе AxioVision Rel 4.8. У каждого растения измерялись следующие параметры ЛП: Длина ЛП (А), максимальная ширина ЛП (В), расстояние от кончика ЛП до самой широкой части (С), расстояние от самой широкой части ЛП до основания (D), угол основания ЛП (Е), площадь листовой пластины, угол отхождения первой жилки. Дополнительно рассчитывались индексы: индекс ЛП (А/В), индекс формы ЛП (С/D).

Для статистической обработки данных рассчитывали минимальный и максимальный пределы варьирования признака (max, min), среднее арифметическое значение (X_{cp}), ошибку среднего (m), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv). Статистическую обработку данных проводили с помощью программ «Excel» и «Statistica» ver. 10.0.

Для анализа генетической изменчивости тотальная ДНК выделена с использованием СТАБ-метода. Амплификацию регионов хпДНК проводили с использованием праймеров и условий, описанных ранее (Medvedeva et al., 2021). Рестрикция ампликонов проводилась *Hinf*I при температуре 37°С в течение 3 часов. Разделение полученных фрагментов выполнено на полиакриламидном агарозном геле с последующим окрашиванием $AgNO_3$. Статистический анализ бендов произведен с помощью Arlequin 3.5 (Schneider and Lischer 2009). Филогенетические отношения между гаплотипами построены с помощью NETWORK ver. 4.6.1.2 (метод Reduced Median, RM) (Bandelt et al., 1999).

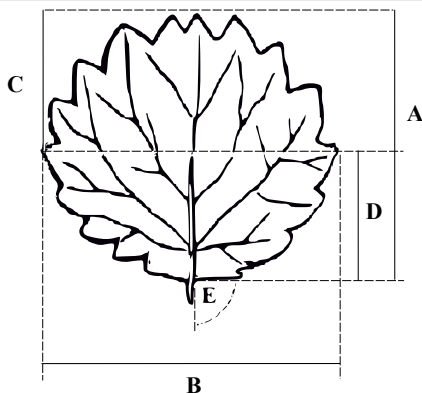


Рис. 1. Фенотипические параметры ЛП.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что большая часть морфологических признаков ЛП в популяциях березы карликовой варьирует на среднем и высоком уровнях изменчивости (табл. 2). Высоко изменчивыми являются такие фенотипические параметры как площадь ЛП, длина и ширина, то есть признаки, характеризующие размеры листа. Такая вариабельность является следствием влияния экологических факторов и указывает на адаптационные возможности вида. Более стабильные признаки включают индексы и углы отхождения первой жилки и основания ЛП, то есть признаки, характеризующие форму.

Таблица 2. Показатели изменчивости параметров ЛП

Показатель	Хср	m	min	max	σ	CV, %
Площадь ЛП, см ²	1.35	0.08	0.42	3.43	0.71	52.15
L ЛП до черешка, см	1.19	0.04	0.66	2.17	0.31	25.79
L верх/тах шир, см	0.58	0.03	0.33	1.03	0.16	26.85
Макс. ширина ЛП, см	1.35	0.02	0.72	2.33	0.37	27.75
Угол у основания ЛП, град.	85.68	0.04	59.42	121.25	12.70	14.82
Угол отхождения 1 жилки, град.	45.16	1.35	30.85	60.46	5.89	13.04
L от самой широкой части ЛП до основания, см	0.62	0.03	0.33	1.14	0.16	26.72
Индекс формы	0.96	0.02	0.68	1.33	0.14	14.50
Индекс ЛП	0.90	0.01	0.71	1.34	0.11	12.39

Высокая вариабельность параметров ЛП отмечается как на внутрипопуляционном, так и на межпопуляционном уровне (Рис. 2). Популяция Серебрянский камень характеризуется некоторой статичностью изученных параметров, что связано с экологическими условиями произрастания в горной тундре. Такие фенотипические параметры ЛП как индексы и углы отхождения первой жилки и основания ЛП являются более стабильными на межпопуляционном уровне и, следовательно, могут быть использованы как диагностические признаки для поиска и идентификации гибридов *B. nana*.

На основании проведенного рестриктоного анализа регионов *trnS-trnG*, *trnL-trnF* хпДНК в исследованных популяциях *B. nana* выявлено 7 гаплотипов. В таблице 3 приведены показатели генетической изменчивости популяций.

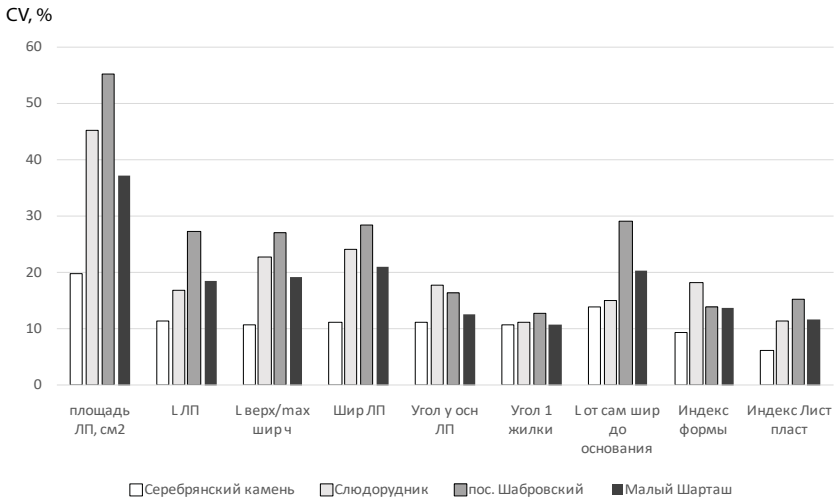


Рисунок 2. Коэффициент вариации фенотипических параметров ЛП

Таблица 3. Характеристики генетического полиморфизма регионов *trnS-trnG*, *trnL-trnF* по данным рестриктоного анализа

Популяции	N	H	He	F
Серебрянский камень	14	Г1, n:2, Г2, n:1, Г6, n:9, Г7, n:2	0.58	0.58
Слюдорудник	16	Г1, n:11, Г4, n:3, Г2, n:2	0.32	0.43
пос. Шабровский	16	Г1, n:6, Г5, n:8, Г2, n:2	0.63	0.33
Малый Шарташ	20	Г3, n:20	0.00	0.71

Примечание: N – размер выборки, H - гаплотипы, He – генетическое разнообразие, F – индекс фиксации Райта.

По результатам иерархического анализа ANOVA, большая часть генетической изменчивости (61%) исследованных межгенных спейсеров хпДНК приходится на межпопуляционную изменчивость, внутрипопуляционная изменчивость составила 39%. Наибольшим генетическим разнообразием характеризуются популяции Серебрянского камня и п. Шабровский. Генетические дистанции между популяциями варьируют в пределах $F_{ST} = 0.33-0.71$. Высокий индекс дифференциации свидетельствует о сниженном потоке генов между популяциями (Хедрик, 2003), что, вероятно, обусловлено как географическим расстоянием, так и отсутствием рек вблизи болотных популяций. Генеалогическая сеть гаплотипов (рис. 3) позволяет предположить, что гаплотип 1 может являться предковым исходя из его центрального положения и высокой частоты (41% всей выборки).

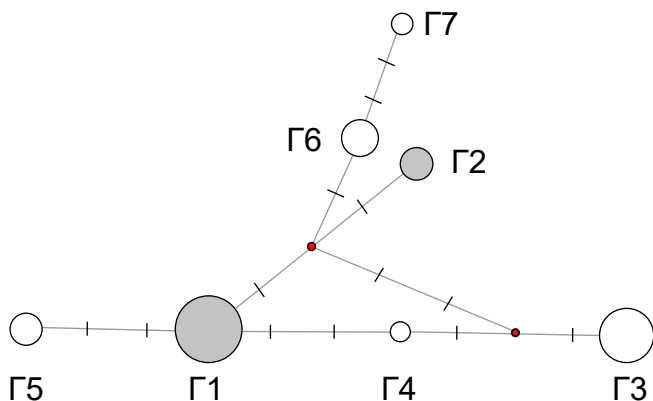


Рисунок 3. Генеалогическая сеть, демонстрирующая взаимоотношения между исследованными образцами *V. papa* на основе матрицы генетических дистанций Nei по данным рестриктового анализа регионов *trnS-trnG*, *trnL-trnF* хпДНК. Общие гаплотипы выделены серым.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее стабильными признаками ЛП *V. papa* являются индекс формы, индекс ЛП, угол отхождения первой жилки, угол основания ЛП, данные признаки могут быть использованы для выявления гибридных форм березы карликовой. Признаки, характеризующие размеры ЛП у данного вида, являются высоко изменчивыми.
2. Регионы *trnS-trnG*, *trnL-trnF* хпДНК у березы карликовой являются полиморфными и могут быть использованы для изучения генетической структуры популяций данного вида. Высокий индекс межпопуляционной дифференциации, свидетельствует

о сниженном потоке генов между популяциями, что, вероятно, обусловлено экологической приуроченностью *B. nana*, а также географическими дистанциями между популяциями. Генеалогическая сеть позволяет предположить существование одного предкового гаплотипа. Требуется дополнительно изучить изменчивость данных регионов хпДНК у *B. pubescens*, произрастающей совместно с *B. nana*, чтобы сделать вывод о возможности использования этого маркера для поиска гибридов *B. nana* × *B. pubescens*.

3. Закономерности, выявленные в данной работе, необходимо верифицировать за счет увеличения числа исследуемых популяций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Скворцов А.К. Новая система рода *Betula* L. – береза // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2002. Т. 107. № 5. С. 73–76.
- Хедрик Ф. Генетика популяций. М.: Техносфера, 2003. 592 с.
- Anamthawat-Jonsson K., Thorsson T., Temsch E. M., Greilhuber J. Icelandic Birch Polyploids – The Case of a Perfect Fit in Genome Size // Journal of Botany. 2010. Vol. 2010. P. 1–9.
- Ashburner K., McAllister H.A. The Genus *Betula*: A Taxonomic Revision of Birches. London: Kew Publishing, 2016. 432 pp.
- Bandelt H.J., Forster P., Rohl A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Molecular Biology and Evolution. 1999. Vol. 16. P. 37–48.
- Jadwiszczak K., Banaszek A., Jablonska E., Sozinov O.V. Chloroplast DNA variation of *Betula humilis* Schrk. in Poland and Belarus // Tree Genetics and Genomes. 2012. Vol 8. 1017–1030.
- Maliouchenko O., Palme A.E., Buonamici A., Vendramin G.G. et al. Comparative phylogeography and population structure of European *Betula* species, with particular focus on *B. pendula* and *B. pubescens* // Journal of Biogeography. 2007. Vol. 34. P. 1601–1610.
- Medvedeva S., Cherepanova O., Tolkach O., Ponomarev V., Malosieva G. *trnL-trnfF* cpDNA polymorphism in some representatives of the genus *Betula* // BIO Web of Conferences. 2021. P. 35.
- Palme A.E., Palsson Q. Su, S., Lascoux M. Extensive sharing of chloroplast haplotypes among European birches indicates hybridization among *Betula pendula*, *B. pubescens* and *B. nana* // Molecular Ecology. 2004. Vol. 13. 167–178.
- Schneider S, Lischer H. Arlequin, version 3.5: an integrated software package for population genetics data analysis. Berne: University of Berne, 2009. P. 1–145.

Thorsson A.Th., Palsson S., Sigurgeirsson A., Anamthawat-Jonsson K.
Morphological variation among *Betula nana* (diploid), *B. pubescens*
(tetraploid) and their triploid hybrids in Iceland // *Annals of Botany*.
2007. Vol. 99. № 6. 1183–1193.

DOI: [10.5281/zenodo.10039212](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039212)

Потенциальный ареал сибирского клещевого тифа в Амурской области

Д.С. Орлов, А.Д. Хабирова, С.М. Малхазова

Московский государственный университет, г. Москва

Ключевые слова: природноочаговые болезни, клещевые инфекции, моделирование ареала, MaxEnt, Амурская область

Важной проблемой для органов здравоохранения Амурской области являются инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. Наиболее эпидемически значимая из них – сибирский клещевой тиф (СКТ), на долю которого приходится 85% всех случаев заболевания людей клещевыми инфекциями. **Цель исследования:** определить современный потенциальный ареал СКТ в Амурской области, т.е. территорию, пригодную для функционирования природных очагов инфекции, при попадании в которые, человек может заразиться.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные по местам выделения возбудителя СКТ (*Rickettsia sibirica*, Zdrodovskii, 1948) из иксодовых клещей в Амурской области за период с 2017 по 2021 гг. Всего отмечено 215 зараженных СКТ особей клещей. Материалы были предоставлены Управлением Роспотребнадзора по Амурской области.

Для каждого случая выделения возбудителя в программе Google Earth были определены географические координаты мест сбора зараженных иксодовых клещей. Отлов клещей проводился в разных биотопах на территории области по стандартной методике учета (Сбор, учет и подготовка..., 2011).

Для выявления современного потенциального ареала СКТ в пределах Амурской области было проведено его моделирование с использованием метода экологических ниш. Мы использовали метод максимальной энтропии, реализованный в программе MaxEnt 3.4.2 (Phillips et al., 2006). Этот метод основан на сопоставлении точечных локаций, в которых достоверно известно присутствие изучаемого вида (места регистрации) и набора потенциальных объясняющих экологических переменных, представляющих географически распределённые биотические и абиотические факторы (Лисовский, Дудов, 2020). Алгоритм моделирования заключается в итеративном подборе такого распределения каждого из объясняющих факторов, которое бы наиболее равномерным образом соответствовало его значениям в местах регистрации.

Физико-географические факторы (переменные для моделирования) отобраны на основе данных об экологии возбудителей клещевых инфекций (Коренберг, 2013; Рудаков и др., 2015; Сироткин, Коренберг, 2019 и др.):

1. Высота над уровнем моря (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)
2. Тип земельного покрова (Copernicus, ESA, Modis) (подготовлен авторами)
3. Тип растительности (Егоров, Барталев, 2018)
4. NDVI (подготовлен авторами)
5. Температура земной поверхности LST (Land Surface Temperature) (подготовлен авторами)
6. Среднегодовая температура воздуха, °C (worldclim.org)
7. Годовое количество осадков, мм (worldclim.org)

Для снижения мультиколлинеарности модели был проведен предварительный корреляционный анализ переменных с помощью пакета usdm (Naimi et al., 2014) в среде R v. 4.3.2 (www.r-project.org).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Построенная на основе девяти переменных модель показала хорошую предсказательную способность ($AUC = 0.897 \pm 0.065$). Наибольшую значимость в модель вносят переменные «высота над уровнем моря», «температура земной поверхности», «среднегодовая температура воздуха» и «тип земельного покрова» (рис. 1). Однако, ни одна из переменных не проявила определяющего вклада в модель, что подчеркивает значимость совокупности физико-географических факторов, влияющих на распространение заболевания.

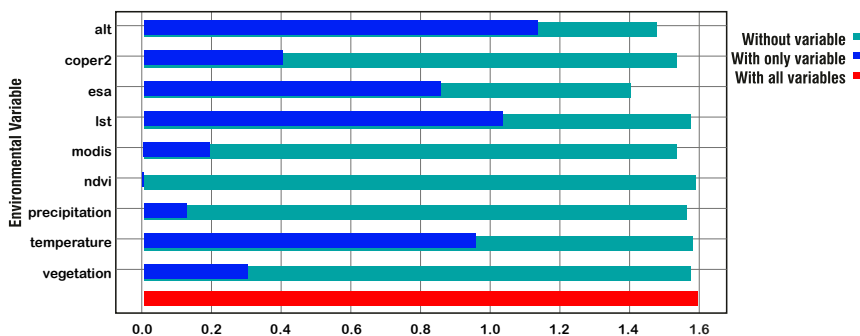


Рисунок 1. Значимость переменных при моделировании ареала СКТ, оцененная при помощи теста Jackknife. Синие столбцы показывают индивидуальный вклад каждой переменной (чем длиннее столбец, тем больше вклад); зеленые столбцы – падение предсказательной способности модели при исключении данной переменной (чем короче столбец, тем более значимая информация потеряна при исключении данной переменной).

В условиях современного климата наиболее пригодными для функционирования очагов сибирского клещевого тифа, т.е. наиболее эпидемиологически опасными территориями по СКТ являются долины рек Амур и Зея (рис. 2), что, видимо, связано с характерными для этой территории широколиственно-хвойными лесами, которые являются благоприятными местообитаниями для основных переносчиков СКТ – иксодовых клещей родов *Haemaphysalis* и *Dermacentor*.

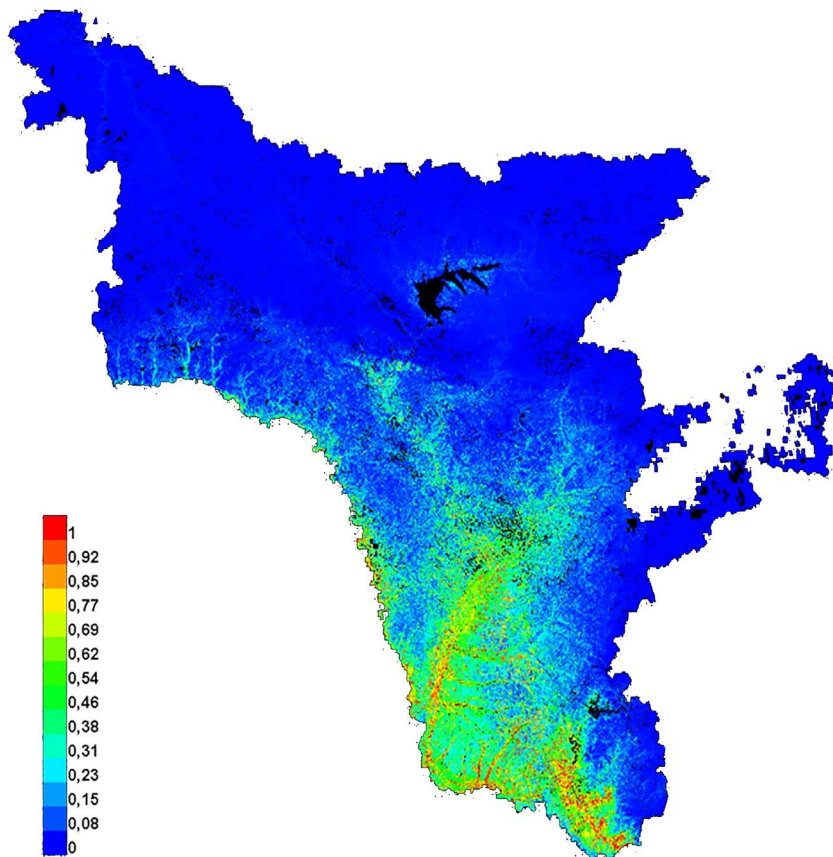


Рисунок. 2. Современный потенциальный ареал СКТ на территории Амурской области.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее влияние на распространение СКТ на территории Амурской области оказывают такие факторы как «высота над уровнем моря», «температура земной поверхности (LST)», «среднегодовая температура воздуха» и «тип земельного покрова (ESA)».

2. Наиболее эпидемиологически опасными территориями по СКТ являются долины рек Амур и Зея.
3. Результаты исследования могут быть использованы органами Роспотребнадзора при планировании профилактических мероприятий по борьбе с клещевыми инфекциями, в том числе наиболее детального обследования потенциально опасных районов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) проект № 21-47-00016 «Новые и возвращающиеся природнообусловленные инфекционные заболевания в Китае и России: пространственно-временной анализ и оценка трансграничных рисков».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С.* Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: Наука. 2013. 463 с.
- Лисовский А.А., Дудов С.В.* Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 2. *MaxEnt* // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81. № 2. С. 135–146.
- Рудаков Н.В., Шпынов С.Н., Самойленко И.Е., Оберт А.С.* Клещевой риккетсиоз и риккетсии группы клещевой пятнистой лихорадки в России. Омск: ИЦ «Омский научный вестник», 2011. 232 с.
- Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 55 с.
- Сироткин М.Б., Коренберг Э.И.* Влияние абиотических факторов на возбудителей инфекций, экологически связанных с иксодовыми клещами (на примере боррелий и вируса энцефалита) // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139. № 2. С. 126-146.
- Naimi B., Hamm N.A., Groen T.A et al.* Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? // *Ecography*. 2014. Vol. 37. P. 191–203.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E.* Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. 2006. Vol. 190. P. 231–259.

DOI: [10.5281/zenodo.10039215](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039215)

Особенности стирания нижнего хищнического зуба (m1) у пещерных медведей

М.В. Павлова^{1,2}, Д.О. Гимранов²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

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

Ключевые слова: малый пещерный медведь, большой пещерный медведь, бурый медведь, стирание зубов

Пещерные медведи являлись фоновыми представителями мегафауны среднего и позднего плейстоцена и населяли территорию Европы и Северной Азии (Барышников, 2007; Sher et al., 2010). На территории Урала в позднем плейстоцене обитало 4 вида медведей: большой пещерный медведь *Ursus kanivetz* Verectchagin, 1973, малый пещерный медведь *U. rossicus* Borissiak, 1930, бурый медведь *U. arctos* L., 1758, и гималайский медведь *U. thibetanus* Cuvier, 1823 (Гимранов, Косинцев, 2021). Сейчас на территории Урала встречается только бурый медведь.

На данный момент в мире накоплено большое количество костных остатков пещерных медведей, а также изучены некоторые особенности их биологии, морфологии и филогенеза (Верещагин, 1973; Барышников, 2007; Кнарр, 2019; Barlow et al., 2021). Но некоторые вопросы экологии до сих пор остаются мало исследованными, в частности особенности питания. Исходя из результатов анализа стабильных изотопов ¹³C и ¹⁵N в коллагене костей пещерных медведей установлено, что они были преимущественно растительноядными животными (Bocherens et al., 2016). Особенности питания млекопитающих изучают на основе исследования морфологии зубов, их уровней стирания, микроследов и микроструктуры эмали (Барышников, 2007; Pinto Llona, 2006, 2013; Martin, Koenigswald 2020).

Существует ряд работ, где уровень стирания зубов современных и ископаемых медведей используется как показатель индивидуального возраста животного (Kurten, 1958; Stiner, 1996). Ранее нашим коллективом были проведены исследования, направленные на изучение износа резцов (Вольская, Гимранов 2021; Арасланов, Гимранов, 2022). Работы, посвященные окклюзиальным особенностям стирания щечных зубов у пещерных медведей отсутствуют. Исследование характера стирания зубов крупных млекопитающих в настоящее время является актуальной задачей, так как существенно дополняет представление об их пищевом поведении (Ungar, Teaford, 1996; Martin, Koenigswald,

2020). **Цель работы** – оценка уровня стирания хищнического зуба у пещерных медведей из различных местонахождений Урала. **Задачи исследования:**

- 1) Составление схем стирания зуба и установление групп стирания;
- 2) Оценка групп стирания хищнического зуба между видами пещерных медведей;
- 3) Характеристика различий в уровнях стирания зубов у пещерных медведей и бурого медведя.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для исследования был выбран первый нижний моляр (m1), он является наиболее массовым в отложениях палеонтологических памятников. Также m1 является одним из самых показательных зубов при определении видовой принадлежности, характера питания и особенностей рациона, т.к. на этом зубе хорошо представлены как режущая (тригонид), так и давящая (талонид) части. Для исследования была использована коллекция костных остатков медведей, хранящаяся в музее ИЭРиЖ УрО РАН.

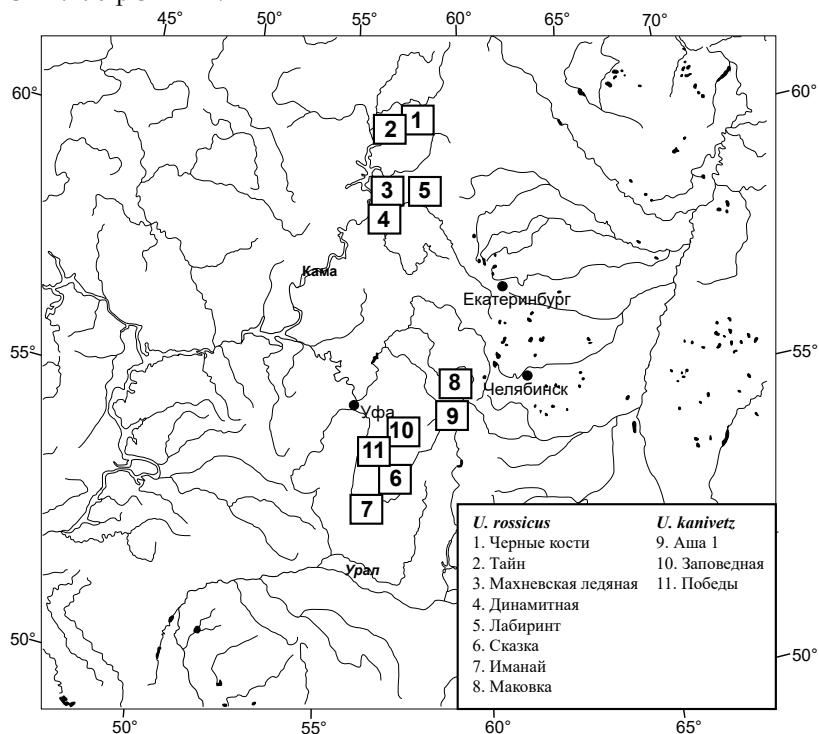


Рисунок 1. Карта Урала с расположением местонахождений с остатками пещерных медведей.

Нами было изучено 233 экземпляра *m1*, из них: 104 экземпляра принадлежит *U. kanivetz*, 70 – *U. rossicus*, и 59 – *U. arctos*. Экземпляры зубов *U. kanivetz* были взяты из местонахождений п. Победы, п. Заповедная и п. Аша 1; *U. rossicus* из местонахождений п. Иманай, п. Махнёвская ледяная, п. Черные кости, п. Лабиринт, п. Тайн, п. Сказка, п. Динамитная и п. Маковка (рис. 1). Эти местонахождения датируются поздним плейстоценом (Гимранов, Павлова, 2021). 34 экземпляра зубов *U. arctos* происходят из позднеголоценового местонахождения пещера Ушминская, остальные 25 экземпляров зубов принадлежат современным медведям с территории Урала.

В процессе исследования стирания *m1*, внимание уделялось главным элементам зуба (рис. 2). На тригониде такими элементами являются параконид, протоконид и метагонид, на талониде – гипоконид и энтоконид. Для каждого зуба создавалась схема стирания. Выделенные схемы были разделены на группы от самой слабой стертости с малым видоизменением коронки до самой сильной с полным стиранием эмалевой части коронки. Также изучались следы стачиваемости на буккальной стороне зуба.

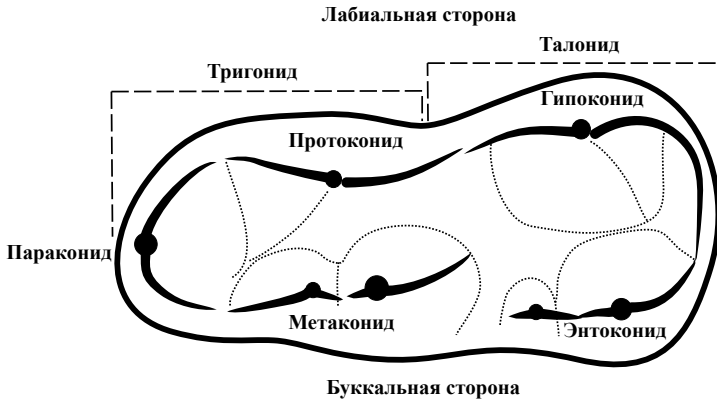


Рисунок 2. Строение *m1* у рода *Ursus*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для *U. kanivetz* было выделено 7 групп стирания. Для *U. rossicus* и *U. arctos* было выделено по 8 групп стирания (рис. 3). Первая группа стирания характеризуется появлением дентиновой «точки», которая меньше или равна толщине эмали, на главных элементах зуба. Во второй группе стирания у трех видов формируются фасетки, когда дентиновое пятно превышает толщину эмали. Во второй группе также увеличивается количество дентиновых точек. Третья группа стирания характеризуется увеличением площади фасеток на буккальной стороне коронки, а также появление фасеток на лингвальной стороне. В четвер-

той группе увеличиваются фасетки на буккальной стороне и стирание распространяется в сторону центра, а также наблюдается соединение фасеток на главных буграх тригониды и талонида. На лингвальной стороне наблюдается увеличение фасеток. В пятой группе стирания увеличивается площадь фасеток на обеих сторонах зуба. В шестой группе фасетки на буккальной стороне соединяются и начинают сливаться с фасетками на лингвальной стороне. Седьмая группа стирания характеризуется сливанием фасеток на лингвальной и буккальной стороне, стиранием не затронута часть эмали на периферии окклюзионной части. В восьмой группе стирается вся окклюзирующая поверхность зуба.

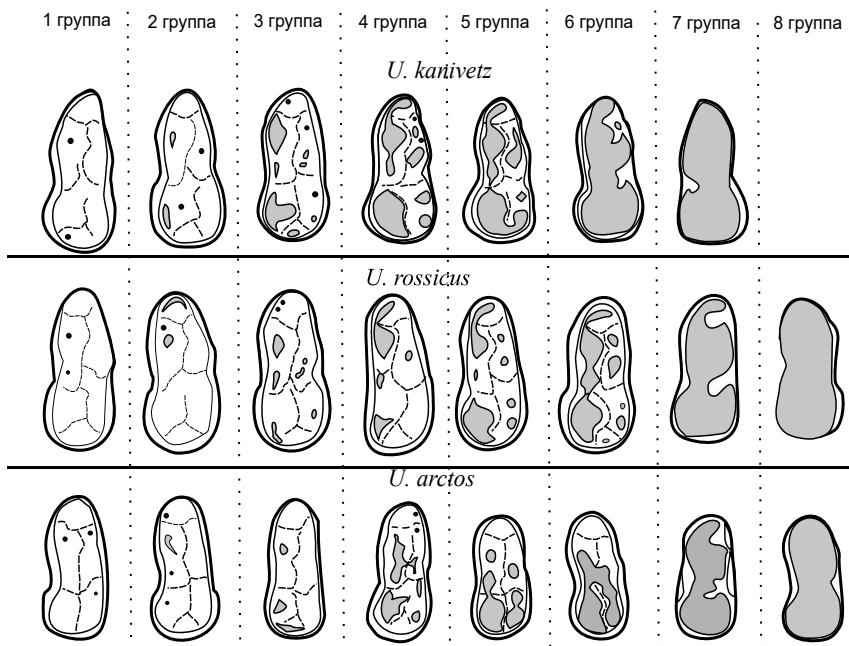


Рисунок 3. Группы стирания т1.

Черная точка – дентиновая точка, серый цвет – фасетка.

Первые три группы стирания между видами не имеют существенных отличий. В четвертой группе у *U. kanivetz* фасетки на буккальной стороне увеличиваются в размерах, на лингвальной стороне увеличивается количество фасеток. У *U. rossicus* в четвертой группе фасетки на буккальной стороне увеличиваются в размерах, но на лингвальной стороне количество фасеток не изменяется. У *U. arctos* фасетки на буккальной стороне увеличиваются в размерах, и формируется множество фасеток на лингвальной стороне.

В пятой группе у *U. kanivetz* фасетки на буккальной и лингвальной сторонах начинают сливаться в одну. У *U. rossicus* на буккальной стороне наблюдается увеличение фасеток, и появляется несколько фасеток на лингвальной стороне. У *U. arctos* наблюдается сливание буккальных и лингвальной фасеток талонида.

В шестой группе у *U. kanivetz* стиранием не затронут только бугорок метаконида. У *U. rossicus* фасетки на буккальной стороне сливаются в одну, на лингвальной стороне фасетки начинают увеличиваться в размерах. У *U. arctos* стиранием не затронуты параконид и бугорки метаконида.

В седьмой группе у *U. kanivetz* стиранием затронута вся акклюзирующая поверхность коронки. У *U. rossicus* формируется одна фасетка на поверхности зуба, стиранием не затронута часть эмали по периметру зуба. У *U. arctos* формируется одна фасетка и сохраняется эмаль по периметру зуба.

В восьмой группе у *U. rossicus* и *U. arctos* стиранием затронута вся акклюзирующая поверхность коронки.

У бурого медведя наблюдается формирование притертости на буккальной стороне тригониды (рис. 4). Формирование такого «лезвия» у *U. kanivetz* не наблюдалось ни на одном из 104 экземпляров, у *U. rossicus* наблюдалось на 8 из 70. У *U. arctos* 29 зубов из 59 несут следы стирания на буккальной стороне тригониды.

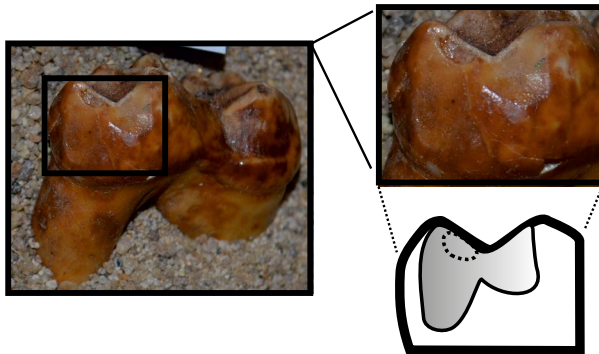


Рисунок 4. Следы стирания на буккальной стороне тригониды m1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всего в ходе исследования было выделено 8 групп стирания. Для *U. kanivetz* выделено 7 групп стирания, для *U. rossicus* и *U. arctos* по 8 групп стирания. Для *U. kanivetz*, так же, как и для *U. arctos* характерно более синхронное стирание главных элементов коронки m1. У *U. rossicus* мы наблюдаем смену стирания жевательных элементов. Сначала стираются бугры на буккальной стороне, затем на лингвальной. Для *U. arctos* характерна боковая притертость коронки зуба на буккальной стороне тригониды.

Стирание зубов у *U. rossicus* и *U. kanivetz* имеют некоторые отличия друг от друга, что может свидетельствовать, как о различиях в питании, так и о разном пищевом поведении большого и малого пещерных медведей. По-видимому, эти два вида могли совместно обитать на одних территориях, питаясь различными растительными кормами, либо по-требляя в пищу разные участки растений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем благодарность П.А. Косинцеву за предоставленный материал. Мы признательны сотрудникам музея ИЭРиЖ УрО РАН А.А. Воробьеву и Н.Г. Ерохину за помощь в работе с музейными коллекциями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арасланов И.Ф., Гимранов Д.О.* Абнормальное стачивание передних зубов пещерных медведей Урала // Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы конференции молодых ученых, ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: ООО «Альфа Принт», 2022. С. 8–9.
- Барышников Г.Ф.* Семейство медвежьи (Carnivora, Ursidae). Санкт-Петербург: Наука, 2007. 541 с.
- Гимранов Д.О., Косинцев П.А.* Пещерные медведи (*Ursus spelaeus sensu lato*) Урала // Палеонтологический журнал. 2021. № 1. С. 97–106.
- Гимранов Д.О., Павлова М.В., Нанова О.Г., Косинцев П.А., Смирнов Н.Г.* Новые данные о распространении малого пещерного медведя (*Ursus ex gr. savini-rossicus*) на Урале // Доклады академии наук. Науки о жизни. 2021. Т. 499. С. 9–12.
- Верещагин Н.К.* Краниологическая характеристика современных и ископаемых медведей // Зоологический журнал. 1973. Т. 52. № 6. С. 920–930.
- Вольская С.В., Гимранов Д.О.* Особенности стирания резцов у пещерных медведей (*Ursus spelaeus sensu lato*) Урала // Экология: факты, гипотезы, модели. Материалы конференции молодых ученых, ИЭРиЖ УрО РАН. Екатеринбург: ООО «Альфа Принт», 2021. С. 22–27.
- Barlow A., Pajmans J.L.A., Federica A. et al.* Middle Pleistocene genome calibrates a revised evolutionary history of extinct cave bears // Current Biology. 2021. Vol. 31. P. 1–9.
- Bocherens H., Naito Y., Germonpr M. et al.* Evidence for herbivorous cave bears (*Ursus spelaeus*) in Goyet Cave, Belgium: implications for palaeodietary reconstruction of fossil bears using amino acid $\delta^{15}\text{N}$ approaches // Journal of Quaternary Science. 2016. Vol. 31. P. 590–606.
- Knapp M.* From a molecules' perspective – contributions of ancient DNA research to understanding cave bear biology // Historical Biology. 2019. Vol. 31. P. 442–447.

- Kurtén B. Life and death of the pleistocene cave bear: a study in paleontology // *Acta Zoologica Fennica*. 1958. Vol. 95. P. 1–59.
- Martin T., Koenigswald W. *Mammalian Teeth – Form and Function*. München: Pfeil, 2020. 288 pp.
- Pinto Llona A., Grandal d'Anglade A., Robinson-Roxburgh S. Tito bustillo, a new *Ursus spelaeus* Rosenmüller, 1794 cave assemblage in Asturias (Northern Spain) // *Scientific Annals. School of Geology Aristotle. University of Thessaloniki*. 2006. Vol. 98. P. 163–172.
- Pinto Llona A. Macrowear and occlusal microwear on teeth of cave bears *Ursus spelaeus* and brown bears *Ursus arctos*: Inferences concerning diet // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2013. Vol. 370. P. 41–50.
- Sher A.V., Weinstock J., Baryshnikov G.F. et al. The first record of «spelaeoid» bears in Arctic Siberia // *Quaternary Science Reviews*. 2010. Vol. 30. № 17–18. P. 2238–2249.
- Stiner M.C., Arsebük G., Howell F.C. Cave bears and Paleolithic artifacts in Yarimburgaz Cave, Turkey: dissecting a palimpsest // *Geoarchaeology*. 1996. Vol. 11. P. 279–327.
- Ungar P. S., Teaford M.F. A preliminary examination of non-occlusal dental microwear in anthropoids: Implications for the study of fossil primates // *American Journal of Physical Anthropology*. 1996. Vol. 100. P. 101–113.

DOI: [10.5281/zenodo.10039231](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039231)

Изменения фенологии доминантных видов пауков оранжерейного комплекса ботанического сада ПГНИУ

Е.В. Плакхина

Пермский государственный национальный исследовательский
университет, г. Пермь

*Ключевые слова: фенология, Araneae, Trochosa ruricola,
интродуцированные виды*

Аранеокомплексы городов, в том числе и города Перми, в фаунистическом отношении изучены относительно неплохо, однако фенология отдельных массовых видов описывается редко. **Цель работы** – изучение изменчивости фенологии пауков в условиях оранжерейного комплекса ботанического сада, где физические параметры окружающей среды существенно не меняются на протяжении всего года.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Ботанический сад им. проф. А.Г. Генкеля – ООПТ местного значения, которая находится на территории кампуса ПГНИУ, расположенной между железнодорожной магистралью и промышленной зоной вдоль берега р. Кама. Общая площадь – 1.97 га (Шумихин, 2015). Было проведено 25 учетов в 10 отделениях оранжерейного комплекса стандартными почвенными ловушками (пластиковые стаканы, диаметром 70 мм, объемом 250 мл, заполненные на 1/3 раствором 4% формалина) по 5 в линию, материал изымался раз в две недели. Собрано 968 особей пауков, различных видов, полов и возрастов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обнаружено 27 видов пауков, 20 из которых – местные, 3 – синантропные, 4 – интродуценты. К абсолютным доминантам тепличного комплекса относятся интродуцированные виды *Nesticella mogera* (Yaginuma, 1972) (331 особь) и *Coleosoma floridanum* (Banks, 1900) (332 особи). Из местных видов высокую численность в теплицах демонстрирует *Trochosa ruricola* (De Geer, 1778) (120 особей). Согласно W. Nentwig и др. (2023), самцы *N. mogera* активны в апреле-мае, самки с апреля по июль; самцы *C. floridanum* активны с мая по июнь, а самки в июне и июле. Фенология *N. mogera* и *C. floridanum* по результатам сборов в оранжерейном комплексе представлена на рис. 1. Сравнение фенологии двух групп особей *T. ruricola*, собранных в оранжерее и на открытом участке, непосредственно прилегающем к ней, показано на рис. 2.



Рисунок 1. Фенология *N. togera* (N.m.) и *C. floridanum* (C.f.) в теплицах Ботанического сада ПГНИУ.



Рисунок 2. Фенология *T. ruricola* в Ботаническом саду ПГНИУ. T – теплица, Y – улица.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оранжерейного комплекса пауков ботанического сада характерно довольно большое видовое разнообразие, созданное комплексом видов местной, синантропной и интродуцированной фауны. Сравнение с литературными данными позволяет утверждать, что интродуценты сохраняют свой естественный цикл в целом, но проявляют склонность к полицикличности или растянутости периода размножения. Жизненный цикл *T. ruricola* в условиях оранжереи отличается от наблюдаемого нами в природе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Шумихин С.А.* Ботанические экскурсии по коллекциям и экспозициям Ботанического сада им. А.Г. Генкеля Пермского университета: путеводитель. Санкт-Петербург: Маматов, 2015. 208 с.
- Nentwig W., Blick T., Bosmans R., Gloor D., Hänggi A., Kropf C. Spiders of Europe. URL: www.araneae.nmbe.ch (05.06.2023).

DOI: [10.5281/zenodo.10039248](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039248)

Макроуголь в болотных отложениях предгорья Восточного Саяна и равнинной тайги Красноярского края как индикатор пожарного режима среднего и позднего голоцена

О.В. Подобуева, А.В. Гренадерова, А.Б. Михайлова

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Ключевые слова: макроугольковый анализ, палеопожары, голоцен, торфяные отложения, палеоэкология

Для исследования природно-климатических условий прошлого палеоэкологическими методами изучают отложения различного генезиса. Торфяники, благодаря своим свойствам, консервируют в себе практически всё, что произрастало на болоте или оседало на поверхность, вследствие чего могут служить естественными архивами локальных и региональных изменений природной среды. В последнее десятилетие, в связи с учащением пожаров на территории Сибири и Евразии в целом, большой интерес для палеоэкологических исследований приобрел метод реконструкции пожарной активности «Charcoal» (Clark, 1998), позволяющий понять, как изменение климата в прошлом влияло на пожарный режим и на динамику растительности.

Цель исследования – изучение пожарной ситуации в голоцене на территории таёжной зоны Красноярского края. **Задачи:** выделить периоды наиболее высокой пожарной активности; сравнить частоту и временные интервалы пожарных периодов в пределах предгорья Восточного Саяна, южной и средней тайги Красноярского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования охватывает таежную зону Красноярского края, с помощью макроуголькового анализа были изучены отложения болота «Большое» общей мощностью 3.25 м, расположенного на надпойменной террасе р. Кан к югу от с. Ирбейское (предгорье Восточного Саяна, абсолютная отметка высот 330–320 м); отложения крупнейшего в Казачинском районе болота «Большое Сполошинское», расположенного в бассейне р. Ягодкина на правом берегу р. Енисей, общей мощностью 3.25 м (южная тайга, абсолютная отметка высот 100 м). Полученные результаты были сопоставлены с ранее изученным разрезом «ВБ7-3», расположенным в пределах средней тайги в бассейне р. Дубчес на левом берегу р. Енисей (Карпенко и др., 2022).

Метод «Charcoal» заключается в количественном учете макроскопических (крупнее 125 мкм) частиц древесного угля в слоях торфа. Лабораторный этап анализа включал в себя пробоподготовку по стандартной методике (Clarke, 1988), с предварительной обработкой проб 5% раствором пиррофосфата натрия ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$) и 6% перекисью водорода (H_2O_2).

Максимальный калиброванный возраст образцов торфа в колонке болота «Большое» составил 6596 кал. л. н. (календарных лет назад), в изученной колонке «БС-1» болота «Большое Сполошинское» – 6486 кал. л. н. (Гренадерова и др., 2021). Колонка «ВБ7-3» на болоте «Зотино» в бассейне р. Дубчес (Карпенко и др., 2022) имеет возраст придонного слоя торфа – 11802 ± 101 кал. л. н. и описывает 10 локальных пожарных эпизодов, для сравнения пожарной ситуации мы ограничились возрастом 6500 кал. л. н. Количество угольков и данные возраста, известные для каждого интервала были введены в качестве исходных параметров и обработаны с помощью программы «CharAnalysis» (Higuera, 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного анализа установлена частота возгораний (рис. 1), выявлены пожарные эпизоды – первичное отложение древесного угля от пожара и/или серии пожаров, находящихся в радиусе от нескольких десятков-сотен метров (Clark et al., 1998) до 3 км (Higuera, 2009) от объекта исследования, на рисунке помечены «+».

Установлено, что за последние 6500 лет наибольшее количество пожарных эпизодов отмечалось в южнотаежной подзоне (рис. б), в колонке «БС-1» выявлено 12 эпизодов: 6400 кал. л. н., 5540, 4550, 4300, 3250, 2750, 2450, 2200, 1850, 1400, 400 и 100 кал. л. н. А временные интервалы, соответствующие наибольшей частоте возгораний, приходятся на периоды: примерно 6500-6000, 5000–4000, 3250–1400, 700 кал. л. н. – по настоящее время.

В пределах средней тайги (Зотино, «ВБ7-3») в динамике локальных пожаров выделены четыре периода увеличения активности: около 12000–10000, 8250–7250, 6300–4000, 2400 кал. л. н. – по настоящее время (Карпенко и др., 2022). На период позже 6500 кал. л. н. пришлось следующие локальные пожарные эпизоды: 5900, 5450, 4600, 1900, 1200 и 250 кал. л. н. (рис. 1а).

В предгорье Восточного Саяна (рис. в) было выявлено 10 пожарных эпизодов: 6400, 4200, 4000, 3950, 3750, 3250, 2950, 1650, 1150 и около 150 кал. л. н., и 6 этапов усиления пожарной активности: 6500–6300, 4300–3600, 3400–2800, 1800–1550, 1200–1000 и от 150 кал. л. н. – по настоящее время.

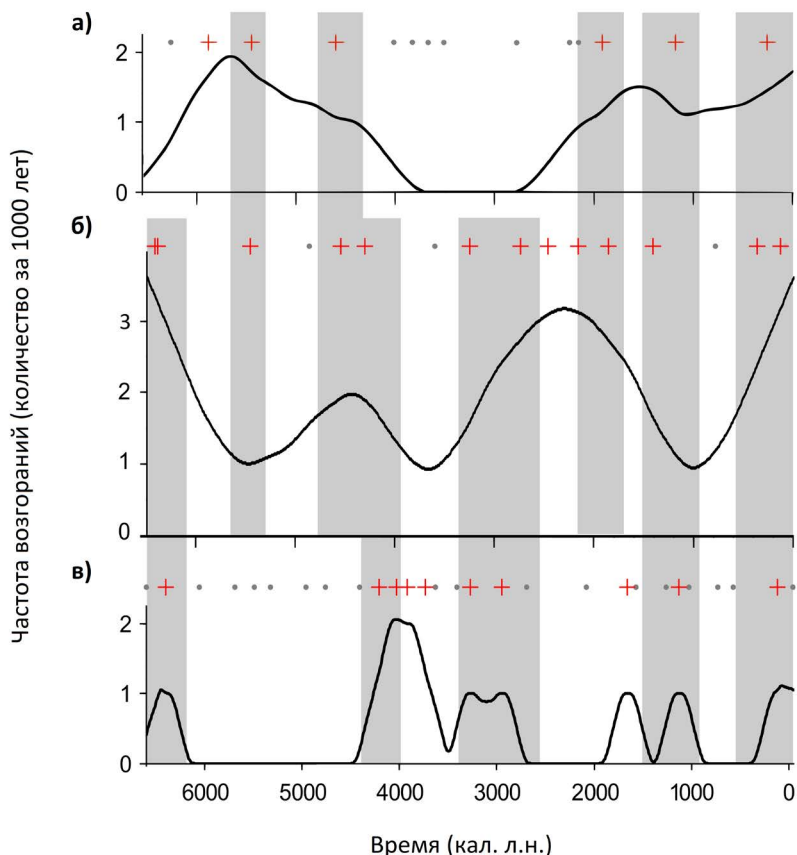


Рисунок. Пожарные эпизоды в болотных отложениях и частота возгораний в пределах равнинной и горной тайги Красноярского края а) болото «Зотино» – «ВБ7-3» (средняя тайга); б) болото «Большое Сполошинское» – «БС-1» (южная тайга); в) болото «Большое» (предгорье Восточного Саяна); ■ – пожарные эпизоды, отмеченные в нескольких зонах; + – пожарный эпизод, • – пики притока древесного угля, не достигшие пороговых значений притока

Наибольшее количество пожарных эпизодов отмечено в пределах южной тайги, что, вероятно, обусловлено большей инсоляцией и суммой активных температур, а также меньшей заболоченностью по сравнению с изученной левобережной частью средней тайги. В пределах предгорной части Восточного Саяна частота пожаров ниже, что обусловлено орографическими особенностями территории. Ориенти-

рованность Восточного Саяна при господствующих западных и юго-западных ветрах определяет большее увлажнение его западной части, и возникновение пожара может отражать периоды со значительной сухостью атмосферы.

Первый период с наибольшей частотой возгораний начался около 6500 кал. л. н. и длился примерно до 5500 кал. л. н., данный интервал отличается относительно сухими условиями, что отмечается как для территории Приенисейской Сибири (Кошкаров, Кошкарлова 2003; Мандрыка и др., 2003; Карпенко, Родионова, 2021; Гренадерова и др., 2021), так и западнее (Zakh, Ryabogina, 2010), происходит обмеление и зарастание озер, отмечается уменьшение участия темнохвойных в составе лесов.

Далее усиление пожарной активности приходится на период с 4550 по 3750, и с 3250 по 2750 кал. л. н., в пределах южной тайги и предгорья это нашло отражение в учащении пожарных эпизодов, а севернее пики притока древесного угля фиксируются, но фоновых значений не достигают.

Пожарные эпизоды с 2200 по 1900 кал. л. н. фиксируются только на равнинной территории, а интервал с 1400 по 1150 кал. л. н. был пройден пожарами на всей территории, это время может быть соотнесено с Малым климатическим оптимумом, отличающимся значительным ростом температуры воздуха (Хотинский, 1977; Мыглан, 2012; Чуракова, Мыглан, 2022).

Как в равнинной, так в горной тайге было зафиксировано увеличение частоты возгораний за последние 500–400 лет. Так, в южной тайге был отмечен пик притока макроугля возрастом 400 и 100 кал. л. н., а в предгорье Восточного Саяна – 150 кал. л. н. Это, вероятно, связано с усилением континентальности климата, большим распространением светлохвойных пожароопасных пород (сосны обыкновенной), а также с усиливающим природную пожароопасность антропогенным влиянием на окружающую среду. Влияние антропогенного фактора на пожарную активность также отмечалось исследованиями пожарной активности голоцена на территориях ХМАО (Бляхарчук и др., 2021) и Республики Коми (Горбач и др., 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования были выделены следующие основные периоды увеличения пожарной активности: 6500–5500, 4550–3750, 3250–2750, 1400–1150, 500 кал. л. н. – по настоящее время, которые приходились на периоды уменьшения увлажнения территорий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта РФФ № 23-27-00341.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бляхарчук Т.А., Дегтярева М.А., ван Харденбрук М.* Голоценовая динамика лесных пожаров по данным макроуголькового анализа донных отложений болотного озера в окрестностях научной станции «Мухрино», Ханты-Мансийский автономный округ // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: материалы Шестого Международного полевого симпозиума. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2021. С. 161–163.
- Горбач Н.М., Кутявин И.Н., Старцев В.В., Дымов А.А.* Динамика пожаров на Северо-Востоке европейской части России в голоцене // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 104–110.
- Гренадерова А.В., Мандрыка П.В., Сяокунь В. и др.* Комплексные археолого-палеоэкологические исследования голоценового хроноряда в южной тайге Среднего Енисея // STRATUM PLUS. Археология и культурная антропология. 2021. № 6. С. 299–313.
- Карпенко Л.В., Гренадерова А.Б., Михайлова А.Б., Подобуева О.В.* Реконструкция локальных пожаров в голоцене по данным содержания макрочастиц угля в торфяной залежи в долине р. Дубчес // Сибирский лесной журнал. 2022. № 4. С. 3–13.
- Карпенко Л.В., Родионова А.Б.* Реконструкция региональной динамики лесного покрова суходолов в центральной части Сым-Дубчесского междуречья в среднем и позднем голоцене // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 45–57.
- Кошкарлов А.Д., Кошкарлова В.Л.* Развитие природной среды бассейна реки Кас в послеледниковый период // Палеогеография Средней Сибири: сборник статей. Красноярск: Красноярский государственный университет, 2003. С. 37–43.
- Мандрыка П.В., Ямских А.А., Орлова Л.А. и др.* Археология и палеоэкология многослойного поселения Бобровка на Среднем Енисее. Красноярск: Красноярский государственный университет, 2003. 138 с.
- Мыглан В.С., Ойдунаа О.Ч., Ваганов Е.А.* Построение 2 367-летней древесно-кольцевой хронологии для Алтае-Саянского региона (горный массив Монгун-Тайга) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2012. № 3 (51). С. 76–83.
- Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. Москва: Наука, 1977. 199 с.
- Churakova-Sidorova O.V., Myglan V.S., Fonti M.V. et al.* Modern aridity in the Altai-Sayan mountain range derived from multiple millennial proxies // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. № 1. P. 1–10.

Clark J.S. Particle motion and the theory of stratigraphic charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling // *Quaternary research*. 1998. Vol. 30. P. 67–80.

Higuera P.E. CharAnalysis 0.9: Diagnostic and analytical tools for sediment-charcoal analysis: user's guide. Bozeman: Montana State University, 2009. 27 pp.

Zakh V.A., Ryabogina N.E., Chlachula, J. Climate and environmental dynamics of the mid- to late Holocene settlement in the Tobol-Ishim forest-steppe region, West Siberia // *Quaternary International*. 2010. Vol. 220. P. 95–101.

DOI: [10.5281/zenodo.10037631](https://doi.org/10.5281/zenodo.10037631)

Криоконсервация диапаузирующих эмбрионов млекопитающих

Т.А. Рахманова^{1,2}, С.В. Окотруб¹, И.Н. Рожкова¹,
Е.Ю. Брусенцев¹, С.Я. Амстиславский¹

¹Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, г. Новосибирск

Ключевые слова: млекопитающие, мыши, эмбрионы, диапауза, овариэктомия, криоконсервация

Для некоторых видов млекопитающих характерна задержка имплантации эмбриона. Данное явление именуют «отсроченной имплантацией» или «эмбриональной диапаузой», и оно характеризуется частичной или полной приостановкой процесса развития эмбриона на стадии бластоцисты (Renfree, Fenelon, 2017). При этом диапауза может наступать как на стадии бластоцисты, которая все еще окружена прозрачной оболочкой, так и на стадии хэтчинга, то есть вылупившейся бластоцисты (Renfree, Fenelon, 2017). Основным биологический смысл диапаузы заключается в том, что потомство рождается в наиболее благоприятный для размножения и выживания вида период, независимо от сезона спаривания (Renfree, Fenelon, 2017).

Различают облигатную и факультативную диапаузу. Облигатная диапауза наступает в каждом репродуктивном периоде, характерном для данного вида, в связи с чем, ее часто называют «сезонной» (Deng et al., 2018). Например, у малого скунса (*Spilogale gracilis*) спаривание происходит в осенний период, после чего полученные эмбрионы могут находиться в диапаузирующем состоянии около 200 дней, а рождение потомства приходится на позднюю весну (Mead, 1981).

Также выделяют факультативную диапаузу, которая возникает в ответ на определенные физиологические условия (Renfree, Fenelon, 2017; Lufkin et al., 2023). Одним из таких условий может быть лактация, при которой происходит повышение концентрации пролактина в крови лактирующей самки, который, в свою очередь снижает секрецию прогестерона из желтого тела, что является стимулом для индукции эмбриональной диапаузы (Deng et al., 2018). Секреция пролактина также может усиливаться мелатонином, концентрация которого повышается при укорочении светового дня. В основном это характерно для сумчатых животных (Deng et al., 2018). Факультативная эмбриональная диапауза может быть вызвана хирургическим способом, а именно

овариэктомией (ОЭ) вскоре после оплодотворения с последующими инъекциями прогестерона (ПГ) (Paria et al., 2002).

Одним из важных способов сохранения генетического разнообразия видов является криоконсервация гамет и ранних эмбрионов млекопитающих (Амстиславский и др., 2015; 2021). Однако криоконсервация диапаузирующих эмбрионов изучена достаточно слабо (Gu et al., 2014, 2017; Wang et al., 2022). Изучение криоконсервации диапаузирующих эмбрионов является актуальной задачей.

Цель работы состояла в разработке наиболее эффективного способа вызвать состояние диапаузы на модельном объекте – лабораторной мыши – при помощи ОЭ и последующей гормональной терапии с целью последующего изучения возможности систематического получения и криоконсервации диапаузирующих эмбрионов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Животные. В эксперименте использовали 31 половозрелую самку и 16 самцов мышей линии CD1 в возрасте от двух до трех месяцев. Животных содержали в SPF-виварии Института цитологии и генетики (Новосибирск, Россия) в индивидуально вентилируемых клетках OptiMice (Animal Care, США) при температуре 22–24 °С и влажности 40–50%; в качестве подстилки использовали опилки. Суточный цикл состоял из 12 ч дня и 12 ч ночи, с восходом в 4 ч утра и закатом в 16 ч. Животные имели постоянный доступ к автоклавированному стандартизированному корму «Ssniff» (Soest, Германия) и очищенной воде, обогащенной минеральными добавками «Северянка» (Экопроект, Россия).

Проведение контролируемого спаривания и вызывание диапаузы. У самок мышей CD1 индуцировали суперовуляцию путем инъекции 10 МЕ хорионического гонадотропина лошади (Фоллимаг; Мосагроген, Россия), а затем, через 45–48 часов, 5 МЕ хорионического гонадотропина человека (Гонадотропин хорионический; Московский эндокринный завод, Россия). После чего, самок ссаживали на ночь с фертильными самцами этой же линии. Спаривание проверяли по наличию вагинальной пробки, присутствие пробки считали, как первый день беременности самки.

Традиционная модель экспериментально индуцированной диапаузы (Paria et al., 2002; Kamemizu, Fujimori, 2019; Hussein et al., 2020) у мышей вызывалась при помощи оvariэктомии (ОЭ) на четвертый день беременности самок. Проводили полостную операцию билатерально. Для анестезии самке внутрибрюшинно вводили медитин (1 мг/мл; Arisenna, Россия) 15 мкл на мышшь; через 10 мин – золетил (Virbac, Франция) 5 мг/мл (0.1 мл на мышшь) внутрибрюшинно. Затем подкож-

но вводили 0.01 мл амоксициллина (тригидрат амоксициллина, 150 мг/мл). Шерсть в области операционного поля (2 см) справа и слева относительно позвоночника выбривали, а кожу обрабатывали 70% спиртом. Кожу и лежащий под ней мышечный слой в области яичников разрезали на уровне 5 мм от нижнего ребра в вентральном направлении. Висцеральный жир вместе с яичником, яйцеводом и верхней частью матки захватывали пинцетом и доставали наружу. Пинцетом пережимали область между яичником и яйцеводом в течении 10 с, после этого удаляли яичник. Органы аккуратно помещали обратно в полость, после этого накладывали швы на мышечную ткань и кожу. Швы обрабатывали антибиотиком.

Далее сразу после операции самкам подкожно вводили различные дозы прогестерона (Дальхимфарм, Россия): одна группа получала 2 мг этого препарата ежедневно, другая группа получала ежедневно этот же препарат, но в дозе 2.5 мг. В третьей группе самкам вводили подкожно 2 мг препарата Депо-провера (ДП) (Pfizer, Бельгия) дополнительно к 2.5 мг прогестерона сразу после окончания операции. В следующие дни самкам продолжали вводить прогестерон в дозе 2.5 мг подкожно в то же время суток.

Утром на шестой, седьмой или восьмой день беременности самок подвергали эвтаназии. Яйцеводы и матку извлекали и промывали модифицированной средой M199 (Gibco, США) с добавлением 20 мМ HEPES, 2.2 мМ пирувата натрия, 2.2 мМ лактата натрия, 3 г/л бычьего сывороточного альбумина, 50 мкг/мл гентамицина для получения диапаузирующих эмбрионов.

Криоконсервация и культивирование эмбрионов *in vitro*. Для программного замораживания эмбрионов использовали модифицированный протокол Sommerfelda и Nиманна (Sommerfeld, Niemann, 1999). Эмбрионы оттаивали классическим способом – 40 с выдерживали солимины с эмбрионами на воздухе, после чего на водяной бане при 30 °С также в течение 40 с, после отмывки от криопротектора, эмбрионы помещали в питательную среду для культивирования *in vitro*. Культивирование эмбрионов *in vitro* проводили в чашках Петри (Corning, США) диаметром 35 мм по 3–5 эмбрионов в каплях питательной среды KSOM, собранной из компонентов Sigma-Merk, объемом 20 мкл как описано ранее (Igonina et al., 2021). Эмбриональное развитие контролировали визуально под микроскопом S8 APO (Leica Microsystems, Германия). Критерием успешно перенесенной криоконсервации было реэксандирование (расправление) полости через 24 ч после культивирования *in vitro*.

Статистический анализ. Данные проверяли на нормальное распределение с помощью критерия Шапиро-Уилка и анализировали с

помощью стандартного пакета программ STATISTICA v 8.0, StatSoft, Inc. Группы с нормальным распределением сравнивали по t -критерию Стьюдента. Процент самок с эмбрионами после двух типов заместительной терапии сравнивали с помощью критерия хи-квадрат. Различия при $p < 0.05$ считали статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Существует несколько способов индукции диапаузы у млекопитающих, как *in vivo*, так и *in vitro*. В регуляции диапаузы активное участие принимают гормоны, важнейшую роль при этом играют стероиды яичников: прогестерон и эстрогены (Renfree, Felon, 2017; Deng et al., 2018). Как было показано ранее в исследовании на мышах, инъекции ПГ на фоне ОЭ поддерживают диапаузу, а эстрогены, наоборот, позволяют реактивировать эмбрион, стимулируя его развитие и последующую имплантацию (Deng et al., 2018). Кроме того, было выявлено, что в запуске диапаузы важную роль играет гормон пролактин (Felon et al., 2016). Отсроченная имплантация может происходить естественным путем во время лактации, если сразу после рождения потомства во время произошло спаривание и оплодотворение. Такого рода диапауза возможна для мышей и крыс (Yoshinaga, 1961; McLaren, 1968). Пока самка мыши лактирует, вскармливая детенышей молоком, эмбрионы развиваются в ее репродуктивных путях до стадии бластоцисты и остаются в состоянии диапаузы в матке (Cha et al., 2013). Это происходит из-за повышенного уровня гипофизарного пролактина под воздействием стимула сосания, который ослабляет секрецию эстрогена яичниками. Удаление этого стимула вызывает реактивацию диапаузирующих бластоцист и имплантацию (Cha et al., 2013).

В представляемом в нашей статье исследовании была проведена работа по подбору оптимального режима гормональной терапии для достижения диапаузы и получения диапаузирующих эмбрионов после операции ОЭ у мышей. В первой серии экспериментов проводили подкожные инъекции ПГ в дозе 2 мг каждый день после ОЭ. Было обнаружено, что из шести самок только у одной наблюдали наличие диапаузирующих эмбрионов в матке на восьмой день беременности и еще у одной самки было меньше трех эмбрионов на седьмой день беременности, что мы засчитывали за неудачный исход операции (табл. 1). В литературе для индукции диапаузы у мышей хирургическим способом в основном используют ежедневные подкожные инъекции ПГ в дозировке 2 мг (Spindler et al., 1996; Hamatani et al., 2004; Cha et al., 2013; Gu et al., 2017; Kamemizu, Fujimori, 2019). В более ранней работе встречается меньшая дозировка ПГ – 0.5 мг на мышшь (Yoshinaga, Adams, 1966). В процессе выполнения работы мы заметили, что существуют

небольшие потери ПГ при его инъекции в холку мыши, поэтому было решено увеличить дозировку препарата до 2.5 мг. Литературный поиск также показал, что помимо ПГ для индукции диапаузы используют медроксипрогестерона ацетат, который можно встретить под названием Депо-провера (ДП). Данный препарат обладает функциями прогестерона, но имеет более пролонгированное действие (Hunter, Evans, 1999). Между тем, Депо-провера, в подавляющем большинстве случаев, используют при фармакологической индукции диапаузы в сочетании с инъекцией тамоксифена, который обладает противоэстрагенными свойствами (Hunter, Evans, 1999; Bulut-Karslioglu et al., 2016; Hussein et al., 2020). Дозировка ДП, которую используют авторы различных работ варьирует от 0.5 до 3х мг на мышь (Hunter, Evans, 1999; Bulut-Karslioglu et al., 2016; Hussein et al., 2020). Для индукции диапаузы авторы вводили тамоксифен и затем ДП на третий день после обнаружения вагинальной пробки и вымывали бластоцисты на шестой-девятый день беременности (Hunter, Evans, 1999; Bulut-Karslioglu et al., 2016; Hussein et al., 2020). В работе Хантер и Эванс (1999) также упоминается и сочетание ОЭ с депо-провера в дозе 1 мг, однако только у одной из семи самок были обнаружены диапаузирующие эмбрионы (Hunter, Evans, 1999). В нашей работе мы решили дополнительно к ПГ делать однократные подкожные инъекции ДП в дозировке 1 мг после ОЭ, и сразу увидели положительное влияние данного препарата на выход диапаузирующих эмбрионов (табл. 1). Стоит также отметить, что в этом случае мы увеличили также дозу ПГ – с 2 мг до 2.5 мг.

Таблица 1. Подбор гормональной терапии после овариэктомии и определение дня для получения диапаузирующих эмбрионов.

Дата ОЭ	Время ОЭ	День беременности	Число эмбрионов в матке	Гормон, доза
01.02.23	12:35–14:00	8	3	ПГ 2 мг
01.02.23	12:40–14:00	8	0	ПГ 2 мг
01.02.23	12:40–14:00	6	0	ПГ 2 мг
16.02.23	09:45–11:15	7	2	ПГ 2 мг
16.02.23	09:45–11:10	7	0	ПГ 2 мг
16.02.23	09:45–12:00	7	0	ПГ 2 мг
20.02.23	09:05–10:10	7	3	ПГ 2.5 мг + ДП 1 мг на 2 день после ОЭ

Примечание. ОЭ – овариэктомия, ПГ – прогестерон, ДП – депо-провера.

В последующих экспериментах мы провели сравнение увеличенной дозировки ПГ – 2.5 мг и комбинации ПГ в дозе 2.5 мг с ДП в дозе 2 мг

на эффективность вызывания диапаузы и получение диапаузирующих эмбрионов. В этих экспериментах диапаузирующие эмбрионы получали на шестой день беременности. День получения диапаузирующих эмбрионов был выбран с учетом результатов исследования авторов из Японии, которые показали, что после ОЭ диапауза наступает уже на 4.5 день беременности, однако увеличение числа клеток в бластоцистах с 4.5 по 5.5 день еще происходит; между тем, начиная с 6.5 дня и по 10.5 день деление клеток замедляется, и эмбрион выходит на плато по числу клеток (Kamemizu, Fujimori, 2019). Эти же авторы показали, что с увеличением «возраста» диапаузирующего эмбриона снижается эффективность имплантации бластоцист в матку (Kamemizu, Fujimori, 2019). С учетом результатов цитированной работы, для получения диапаузирующих эмбрионов, мы остановились на шестом дне беременности, чтобы не брать слишком ранние стадии эмбрионального развития, которые могут еще не до конца вступить в период диапаузы, но и не слишком поздние, которые, вероятно, могут постепенно деградировать. В нашем исследовании мы показали, что комбинация ПГ и ДП значительно увеличивает число самок с диапаузирующими эмбрионами по сравнению с инъекцией только ПГ ($p < 0.05$). Выход по числу эмбрионов между двумя группами ПГ 2.5 мг и ПГ 2.5 мг + ДП 2 мг достоверно не отличался (табл. 2). Показатели эффективности, предлагаемой в данном исследовании модели диапаузы, сопоставимы или даже выше соответствующих показателей в опубликованных ранее исследованиях (Hunter, Evans, 1999; Gu et al., 2017; Wang et al., 2022).

Таблица 2. Сравнение двух типов заместительной терапии после овариэктомии.

Гормон, доза	Число повторов, n	Число самок, n	Число самок с эмбрионами (%)	Число эмбрионов, $m \pm SEM$
ПГ 2.5 мг	4	9	2 (22.2)	4.0 \pm 2.6
ПГ 2.5 мг + ДП 2 мг	7	15	10 (66.7)*	5.2 \pm 1.2

Примечание. * – $p < 0.05$ по сравнению с введением только прогестерона в дозировке 2.5 мг ($p=0.035$) согласно критерию χ^2 ; ПГ – прогестерон, ДП – дено-провера

В преимплантационных эмбрионах 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). Исходя из этого, помимо ОЭ с последующей терапией ПГ (Gu et al., 2017; Kamemizu, Fujimori, 2019),

а также фармакологической моделью диапаузы, индуцируемой при помощи тамоксифена и ДП (Hunter, Evans, 1999), предложен также способ получения диапаузирующих эмбрионов при помощи *in vivo* инъекций DL- α -дифлуорметилорнитина (ДФМО) на мышах (Fenelon, Murphy, 2017). Беременным самкам вводили ДФМО, который блокирует активность фермента ODC1, необходимой для синтеза полиаминов, на четвертый и седьмой день после обнаружения вагинальной пробки. Было показано, что процент имплантаций эмбрионов снижается по сравнению с контролем, причем при отсутствии имплантации из матки вымывали диапаузирующие бластоцисты. Однако такие бластоцисты получили лишь от трети самок, которым был введен ДФМО (Fenelon, Murphy, 2017). На сегодняшний день, хирургическая модель диапаузы на мышах является одной из основных в исследовании механизмов и систем регуляции данного состояния в развитии эмбрионов млекопитающих.

Последнее время появились методы как поддержания эмбрионов мышей в состоянии диапаузы, так и их реактивации в условиях *in vitro* (Fenelon et al., 2016; Fenelon et al., 2017). Добавление в культуральную среду препарата DL- α -ДФМО или веществ, подавляющих мишени рапамицина млекопитающих (mammalian target of rapamycin; mTOR), увеличивает время пребывания диапаузирующих бластоцист в культуре без потери их жизнеспособности (Bulut-Karslioglu et al., 2016; Fenelon et al., 2017; Hussein et al., 2020; Van der Weijden, Bulut-Karslioglu, 2021). Также ингибиторы орнитиндекарбоксилазы, одного из основных ферментов синтеза полиаминов, могут поддерживать диапаузу у мышей и у норок в культуре *in vitro* (Van Winkle, Campione, 1983; Lefevre et al., 2011; Fenelon, Murphy, 2017). После нескольких дней пребывания в этих средах, эмбрионы в состоянии искусственной диапаузы были перенесены в чистые капли среды без добавления этих соединений, что способствовало их реактивации и дальнейшему развитию (Van Winkle, Campione, 1983). В данном случае, реактивация возможно была связана с восстановлением синтеза полиаминов и последующим повышением образования различных белков.

Добавление в культуральную среду полиаминов, таких как путресцин, способствует выходу эмбрионов из состояния диапаузы в условиях *in vitro* (Fenelon et al., 2016). Исходя из исследований на мышах, было сделано предположение о том, что эмбриональная диапауза подразделяется на несколько стадий, причем механизмы, участвующие в запуске и поддержании этих стадий, могут отличаться (Kamemizu, Fujimori, 2019). Более того, в данной работе было показано, что реактивация бластоцисты происходит постепенно: процесс начинается во внутренней клеточной массе и далее распространяется по всему эмбриону (Kamemizu, Fujimori, 2019).

Получение диапаузирующих эмбрионов это первая задача нашей работы, на следующем этапе запланировано изучение возможности криоконсервации бластоцист в данном состоянии. Мы находимся на этапе разработки протокола программного замораживания диапаузирующих бластоцист, и нами уже получены первые результаты. Мы показали, что диапаузирующие эмбрионы успешно переживают процедуру криоконсервации и восстанавливают полость бластоцисты после оттаивания и в процессе культивирования *in vitro* в питательной среде (происходит реэксандирование бластоцист). На рисунке (В) показано, что три из четырех замороженных бластоцист в состоянии диапаузы успешно реэксандировали после криоконсервации.

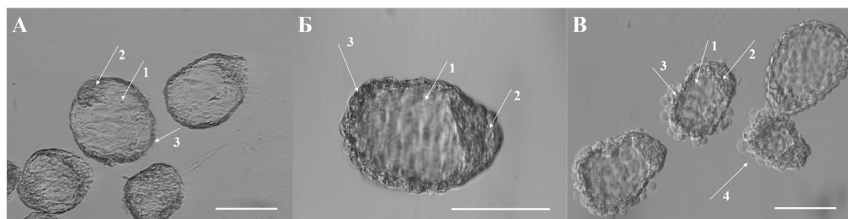


Рисунок. Диапаузирующие эмбрионы мыши, полученные в разные дни после операции овариэктомии и дополнительной гормональной терапии. А – эмбрионы, полученные на шестой день беременности; Б – эмбрионы, полученные на восьмой день беременности; В – эмбрионы, полученные на шестой день беременности, после программного замораживания и дополнительного культивирования в течение 24 ч. Цифрами на рисунке обозначены полость диапаузирующей бластоцисты (1), внутриклеточная масса (2), трофэктодерма (3) и эмбрион не распавшийся полость после криоконсервации (4). Шкала – 100 мкм.

Таким образом, мы сравнили способы получения диапаузирующих эмбрионов при помощи ОЭ с последующей гормональной терапией. Кроме того, мы показали, что диапаузирующие эмбрионы возможно успешно криоконсервировать. Между тем, проблема криоконсервации диапаузирующих эмбрионов представляет большой интерес, в частности, для сохранения генетических ресурсов проблемных для криоконсервации видов млекопитающих, имеющих диапаузу в своем эмбриональном развитии (Wauters et al., 2020). Проблема остается практически не изученной и в дальнейшей своей работе мы предполагаем систематически изучать этот вопрос.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены данные по сравнению двух способов заместительной гормональной терапии после ОЭ: инъекция ПГ в дозе 2.5 мг и инъекция комбинации ПГ в дозе 2.5 мг с ДП в дозе 2 мг. Послед-

ная комбинация препаратов оказала существенное влияние на число самок с диапаузирующими эмбрионами, но не оказала воздействия на число полученных диапаузирующих эмбрионов. В обсуждении описаны разные способы индукции диапаузы, как *in vivo*, так и *in vitro*. Хирургическая модель диапаузы на мышах является одной из основных в исследовании механизмов и систем регуляции данного состояния в развитии эмбрионов млекопитающих. Данное исследование закладывает фундамент по дальнейшей разработке протоколов криоконсервации диапаузирующих эмбрионов.

БЛАГОДАРНОСТИ

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амтиславский С.Я., Брусенцев Е.Ю., Окотруб К.А., Рожкова И.Н.* Криоконсервация эмбрионов и гамет для сохранения генетических ресурсов лабораторных животных // *Онтогенез*. 2015. Т. 46. № 2. С. 67–81.
- Амтиславский С.Я., Мокроусова В.И., Окотруб С.В. и др.* Применение концепции криобанка по отношению к диким и исчезающим видам отряда хищных (Carnivora) // *Онтогенез*. 2021. Т. 52. № 5. С. 345–366.
- Bulut-Karshlioglu A., Biechele S., Jin H. et al.* Inhibition of mTOR induces a paused pluripotent state // *Nature*. 2016. Vol. 540. № 7631. P. 119–123.
- Cha J., Sun X., Bartos A., et al.* A new role for muscle segment homeobox genes in mammalian embryonic diapause // *Open Biology*. 2013. Vol. 3. № 130035. P. 1–10.
- Deng L., Li C., Chen L. et al.* Research advances on embryonic diapause in mammals // *Animal reproduction science*. 2018. Vol. 198. P. 1–10.
- Fenelon J.C., 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). № 6. 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.
- Gu M., Lu T., Liu Y. et al.* Ultrastructural observation of dormant mouse embryos cultured *in vitro* after freezing-thawing // *Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica*. 2014. Vol. 22. № 61. P. 53–56.
- Gu M., Ni H., Sheng X. et al.* RhoA phosphorylation mediated by Rho/RhoA-associated kinase pathway improves the anti-freezing potentiality of murine hatched and diapaused blastocysts // *Scientific reports*. 2017. Vol. 7. № 6705. P. 1–7.

- Hamatani T., Daikoku T., Wang H. et al.* Global gene expression analysis identifies molecular pathways distinguishing blastocyst dormancy and activation // Proceedings of the national academy of sciences. 2004. Vol. 101. № 28. P. 10326–10331.
- Hunter S.M., Evans M.* Non-surgical method for the induction of delayed implantation and recovery of viable blastocysts in rats and mice by the use of tamoxifen and Depo-Provera // Molecular reproduction and development. 1999. Vol. 52. P. 29–32.
- Hussein A.M., Wang Y., Mathieu J. et al.* Metabolic control over mTOR-dependent diapause-like state // Developmental Cell. 2020. Vol. 52. № 2. P. 236–250.
- Igonina T.N., Okotrub K.A., Brusentsev E.Y. et al.* Alteration of the lipid phase transition during mouse embryos freezing after in vitro culture with linoleic acid. Cryobiology. 2021. Vol. 99. P. 55–63.
- 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.
- Lefevre P., Palin M.-F., Chen G. et al.* Polyamines are implicated in the emergence of the embryo from obligate diapause // Endocrinology. 2011. Vol. 152. № 4. P. 1627–1639.
- Lufkin H., Flores D., Raider Z. et al.* Pre-implantation mouse embryo movement under hormonally altered conditions // Molecular human reproduction. 2023. Vol. 29. № 2. P. 1–17.
- McLaren A.* A study of blastocysts during delay and subsequent implantation in lactating mice // Journal of Endocrinology. 1968. Vol. 42. P. 453–463.
- Mead R.A.* Delayed implantation in mustelids, with special emphasis on the spotted skunk // Journal of reproduction and fertility. Supplement. 1981. Vol. 29. P. 11–24.
- Paria B.C., Reese J., Das S.K., Dey S.K.* Deciphering the cross-talk of implantation: advances and challenges // Science. 2002. Vol. 296. № 5576. P. 2185–2188.
- 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.
- Spindler R.E., Renfree M.B., Gardner D.K.* Carbohydrate uptake by quiescent and reactivated mouse blastocysts // Journal of experimental zoology. 1996. Vol. 276. № 2. P. 132–137.
- Van der Weijden V.A., Bulut-Karshioğlu A.* Molecular regulation of paused pluripotency in early mammalian embryos and stem cells // Frontiers in Cell and Developmental Biology. 2021. Vol. 9. № 708318. P. 1–16.

- 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. 437–44.
- Wang X., Liu D., Liu F. et al.* Cathepsin L involved in the freezing resistance of murine normal hatching embryos and dormant embryos // *Reproduction biology*. 2022. Vol. 22. № 1. P. 100612.
- Wauters J., Jewgenow K., Goritz F., Hildebrandt T.B.* Could embryonic diapause facilitate conservation of endangered species. *Bioscientifica Proceedings*. 2020. Vol. 10. P. 76–84.
- Yoshinaga K.* Effect of local application of ovarian hormones on the delay in implantation in lactating rats // *Journal of reproduction and fertility*. 1961. Vol. 2. P. 35–41.
- Yoshinaga K., Adams C.E.* Delayed implantation in the spayed, progesterone treated adult mouse // *Journal of reproduction and fertility*. 1966. Vol. 12. № 3. P. 593–595.

DOI: [10.5281/zenodo.10039251](https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10039251)

Ансамблевые методы машинного обучения и ИНС для оценки потоков углерода в смешанных лесах

А.П. Розанов^{1,2}

¹Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург

²Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: депонирование углерода, машинное обучение, MODIS, FLUXNET

Среди множества механизмов депонирования углерода, секвестрация в наземных экосистемах, в основе которой лежит процесс фотосинтеза, рассматривается как один из возможных методов борьбы с глобальным изменением климата, вызванным ростом содержания углекислого газа в земной тропосфере. Метод турбулентных пульсаций (eddy covariance) дает возможность получить точечную оценку восходящих и нисходящих потоков CO_2 в окрестности размером 100–2000 м от микрометеорологической станции. Однако для оценки углеродного цикла территорий в масштабе страны или континента нужны методы с глобальным покрытием. В этом контексте модели, основанные на алгоритмах машинного обучения, способны решить эту задачу, аппроксимируя точечные наземные наблюдения данными спутникового зондирования тропосферы и подстилающей поверхности и климатического реанализа с заданными пространственными и временными разрешениями. В последние десятилетия возросло число исследований, посвященных оценке потоков углерода с использованием таких моделей, благодаря увеличению вычислительной мощности компьютеров. В частности используют такие методы, как случайный лес (Random Forest) (Zeng et al., 2020), искусственные нейронные сети (Artificial Neural Networks) (Yu et al., 2021), метод опорных векторов (Support Vector Machine) (Zhang et al., 2021) и другие. При достаточно больших обучающих выборках такие модели предоставляют более простой способ оценки параметров углеродного цикла экосистем по сравнению с физическими, построенными на динамическом ядре (системе дифференциальных уравнений в частных производных).

Цель работы – изучение применимости алгоритма экстремально-градиентного бустинга (xgboost) (Chen, Guestrin, 2016) для оценки потоков углерода в экосистемах и сравнение его с искусственными нейронными сетями, такими как многослойный перцептрон, в качестве одного из апробированных методов для решения задач оценки потоков углерода.

Для обучения и оценки точности таких моделей необходимо сформировать два набора данных – тренировочный и тестовый (валидационный), которые бы включали в себя и предикторы, и предсказываемые переменные. Для этого были собраны ряды измерений потоков углерода методом турбулентных пульсаций, предоставленные международной сетью FLUXNET (Pastorello et al., 2020), со 180 метеорологических станций в Северном полушарии за период 2000–2014 гг. Для каждой точки извлечены ежедневные значения:

1. RECO_n и RECO_d (экосистемное дыхание, полученное путем расширения ночных наблюдений на весь день и дневное);
2. NEE (чистый экосистемный обмен, полученный суммированием ежечасных измерений);
3. Флагов качества оценки NEE, характеризующих неопределенность;
4. GPP_n и GPP_d (первичная валовая продукция, рассчитанная из NEE и RECO_n и NEE и RECO_d соответственно).

Измерения с флагом качества $NEE < 0.9$ были исключены из набора данных. Для отобранных точек из сети FLUXNET были получены измерения MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) со спутника NASA Terra в виде двух продуктов: MOD09 CMG (Vermote, Wolfe, 2015) и MCD12C1 (Friedl, Sulla-Menashe, 2015). Первый представлен ежедневными рядами значений отражательной способности земной поверхности в семи спектральных интервалах и яркостной температуры в четырех других с разрешением 0.05° , второй предоставляет карту земного покрова с тем же пространственным разрешением для 3 различных типов классификации, среди которых была выбрана классификация IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme) (Loveland, Belward, 1997). Данные реанализа были представлены переменными из продукта ECMWF ERA5-Land (Munoz Sabater, 2019) в виде компонент ветра, температуры воздуха на высоте 2 м, точки росы на высоте 2 м, температуры поверхности, уровня осадков за сутки, за 7 и 30 дней, уровня испарения, давления на поверхности, покрытия верхнего и нижнего ярусов растительности, чистого радиационного баланса поверхности за сутки, 7 и 30 дней. Также в качестве предикторов использован номер месяца года.

Обучение и оценка результатов производились с помощью пакетов `pytorch` (Paszke et al., 2019) и `xgboost` на языке `python`. Качество моделей оценивалось с помощью нескольких метрик, таких как коэффициент детерминации (R^2), средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) и средняя квадратичная ошибка (MSE). Согласно результатам оценки качества моделей на тестовом наборе данных (табл.), обе модели демонстрируют высокие коэффициенты детерминации для всех целевых переменных, однако ИНС оказалась точнее при оценке

GPP_d, GPP_n и NEE, а модель экстремального градиентного бустинга при оценке RECO_d и RECO_n.

Таблица. Коэффициенты детерминации R^2 у созданных моделей на тестовом наборе данных для переменных, характеризующих потоки углерода.

	GPP_d	GPP_n	RECO_d	RECO_n	NEE
ANN	0.891	0.900	0.599	0.788	0.818
XGBoost	0.865	0.852	0.653	0.835	0.766

В результате анализа результатов моделирования сделан вывод о необходимости комбинирования оценок потоков углерода, выполненных разными моделями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Министерства высшего образования и науки РФ (проект №FEUZ-2023-0023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Chen T., Guestrin C.* Xgboost: A scalable tree boosting system // KDD '16: The 22nd ACM SIGKDD: Proceedings of International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining Proceedings. 2016. P. 785–794.
- Friedl M., Sulla-Menashe D.* MCD12C1 MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 0.05Deg CMG V006. 2015, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC. URL: doi.org/10.5067/MODIS/MCD12C1.006 (Дата обращения 01.06.2023)
- Loveland T.R., Belward A.S.* The international geosphere biosphere programme data and information system global land cover data set (DISCover) // Acta Astronautica. 1997. Vol. 41. № 4–10. P. 681–689.
- Munoz Sabater J.* ERA5-Land hourly data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). 2019. URL: https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac (Дата обращения 01.06.2023)
- Pastorello G., Trotta C., Canfora E. et al.* The FLUXNET2015 dataset and the ONEFlux processing pipeline for eddy covariance data // Nature Scientific Data. 2020. Vol. 7. № 225. P. 1–27.
- Paszke A., Gross S., Massa F. et al.* Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library // NIPS'19: Proceedings of the 33rd International Conference on Neural Information Processing Systems. 2019. P. 8026–8037.
- Vermote E., Wolfe R.* MOD09GA MODIS/Terra Surface Reflectance Daily L2G Global 1kmand 500m SIN Grid V006. 2015, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC. URL: https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD09GA.006 (Дата обращения 01.06.2023)

- Yu T., Zhang Q., Sun R.* Comparison of machine learning methods to up-scale gross primary production // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13. № 2448. P. 1–20.
- Zeng J., Matsunaga T., Tan Z-H. et al.* Global terrestrial carbon fluxes of 1999–2019 estimated by upscaling eddy covariance data with a random forest // *Scientific data*. 2020. Vol. 7. № 313. P. 1–11.
- Zhang C., Brodylo D., Sirianni M.J. et al.* Mapping CO₂ fluxes of cypress swamp and marshes in the Greater Everglades using eddy covariance measurements and Landsat data // *Remote Sensing of Environment*. 2021. Vol. 262. № 112523. P. 1–12.

DOI: [10.5281/zenodo.10039262](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039262)

Изучение влияния антибиотиков различных групп на рост некоторых микроорганизмов активного ила

Я.М. Русских, З.Е. Машенко

Самарский государственный технический университет, г. Самара

Ключевые слова: активный ил, антибиотики, ампициллин, цефазолин, эритромицин

Антибиотики являются наиболее часто используемыми препаратами для борьбы с инфекционными агентами людей и животных путем ингибирования роста бактериальных клеток. В настоящее время данные препараты уже идентифицированы в открытых водоемах, питьевой воде, в сточных водах. Антибиотики поступают в окружающую среду из различных источников – фармацевтических и сельскохозяйственных предприятий, медицинских учреждений и т.д. (Гетьман, Наркевич 2013; Маслова и др., 2011). Данные факторы способствуют развитию антибиотикорезистентности микроорганизмов в различных экосистемах. Антибиотикорезистентность – способность бактерий сопротивляться воздействию антимикробных препаратов благодаря приобретению генов устойчивости к антибиотикам.

Использование активного ила в процессе очистки сточных вод остается одним из самых распространенных методов биотехнологии, применяемым для удаления основных органических загрязнителей из городских сточных вод, к которым также относятся и антибактериальные препараты. Антибиотики чрезвычайно стойкие к биологическим процессам деградации. Обнаружено, что данные препараты нарушают утилизацию органических загрязнителей микрофлорой активного ила, приводят к изменению концентрации азота и фосфора в активном иле, а также способствуют развитию полирезистентных штаммов бактерии (Kirmmeyer, 2009). В этой связи важно оценить воздействие антибиотиков на гидроэкосистему очистных сооружений.

Цель работы: изучить влияние антибиотиков различных групп на рост микроорганизмов активного ила. **Задача исследования:** проведение оценки влияния антибиотиков на рост микроорганизмов активного ила на твердой и жидкой питательных средах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования использовали активный ил с городских очистных сооружений г. Самара. Материалом исследования служили антибиотики – лиофилизаты для приготовления инъекций

«Цефазолин» (Россия, ПАО «Биосинтез»), «Ампициллин» и «Эритромицин» (Россия, ОАО «Синтез»). Антибиотики данного типа пользуются большой популярностью в медицинской практике и сельском хозяйстве, и, как следствие, их высокая распространенность привела к обнаружению значительного количества этих препаратов в сточных водах (Al-Riyami et al., 2018; Chu et al., 2020).

При проведении оценки влияния антибиотиков на рост микроорганизмов надилловой жидкости на твердой питательной среде использовали следующую методику. 1.5 см³ надилловой жидкости помещали в стерильную чашку Петри, заливали 15–20 см³ расплавленной и охлажденной плотной питательной средой (2% микробиологический агар; 2%-ферментативный пептон) и перемешивали круговыми движениями. После застывания агара на поверхность среды размещали стальные стерильные цилиндры. Внутрь цилиндров вносили растворы антибиотиков в заданной концентрации (5 мг/см³) в количестве 0.1 см³. В качестве контроля использовали пробы без внесения антибиотика. Инкубирование культур осуществляли в течение 24 ч при температуре 37 °С (Михайлова и др., 2011; ОФС 1.2.4.0010.15).

Для определения действия антибиотиков на накопление клеточной биомассы бактерий активного ила готовили жидкую питательную среду с такой же концентрацией ферментативного пептона без внесения агара. В стерильные колбы вносили 100 см³ жидкой питательной среды с исследуемой концентрацией антибиотика 5 мг/см³ и 18-часовую накопительную культуру бактерий. Данная концентрация антибиотиков была подобрана экспериментальным путем (Машенко и др., 2012; Машенко и др., 2018). Контрольная проба – без внесения антибиотика.

Культивирование осуществляли при 37 °С на вибростенде с постоянным перемешиванием. Пробы для измерений отбирали через интервалы: 4, 8, 12, 24, 36 и 48 ч. Контроль за ростом культур определяли путем измерения изменений оптической плотности на спектрофотометре UNICO1201 при длине волны 590 нм в кюветках с толщиной оптического пути 10 мм (Михайлова и др., 2011).

Математическую обработку результатов проводили с применением программы «Excel». При обсуждении результатов учитывали статистически достоверные различия при $p < 0.05$. Относительное изменение количества бактерий активного ила по оптической плотности рассчитывали по формуле:

$$W = \frac{D_{\text{оп}} - D_{\text{к}}}{D_{\text{к}}} \cdot 100 \%$$

где W – относительное изменение количества бактерий, %;

$D_{\text{оп}}$ и $D_{\text{к}}$ – значение оптической плотности опытной и контрольной проб соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние антибиотиков на рост микроорганизмов активного ила на твердой питательной среде представлены на рис. 1. В контрольной пробе наблюдали сплошной рост микроорганизмов на поверхности и в толще агара, цвета колоний имели беловатый, кремовый и желтоватый оттенки. В пробе с добавлением ампициллина на поверхности твердой питательной среды отмечали четкую зону угнетения роста микроорганизмов ($d = 2.0 \pm 0.5$ см), выросшие колонии имели кремовый цвет. В пробе с добавлением цефазолина наблюдали колонии кремового цвета, выросшие вокруг стальных цилиндров; по краям чашки Петри наблюдали колонии белого цвета. В пробе с эритромицином образовались редкие точечные колонии кремового цвета, зона угнетения роста микроорганизмов составляла в диаметре 2.3 ± 0.15 см.

Для изучения морфологических и биохимических характеристик выделенных микроорганизмов были использованы общепринятые микробиологические методы исследования (Кленова, 2012; Хоулт, Криг, 1997). При микроскопии проб были обнаружены микроорганизмы следующих родов: *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Staphylococcus*, представленные на рис. 2. Во всех исследуемых пробах преобладающими бактериями были псевдомонады. В пробе с добавлением цефазолина наблюдали бактерии, а стафилококки были обнаружены только в контрольной пробе.

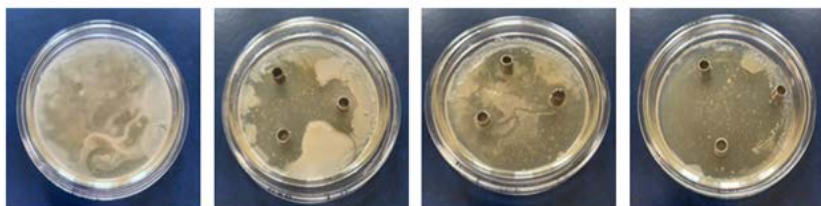


Рисунок 1. Влияние антибиотиков на рост выделенных микроорганизмов активного ила на твердой питательной среде: 1 – контрольная проба, 2 – проба с ампициллином, 3 – проба с цефазолином, 4 – проба с эритромицином.

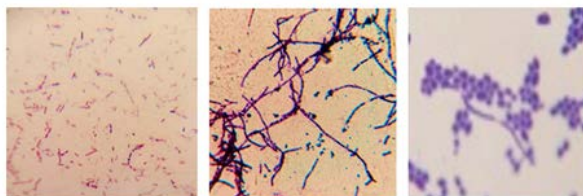


Рисунок 2. Микроскопия колоний (окрашивание по Граму, увеличение 1000X). 1 – *Pseudomonas* spp., 2 – *Bacillus* spp., 3 – *Staphylococcus* spp.

Так как псевдоманады обладают природной резистентностью (Чеботарь и др., 2017), для дальнейшего исследования были выбраны бактерии *Bacillus* spp. и *Staphylococcus* spp.

Изменения оптической плотности в процессе культивирования выделенных бактерий в жидкой питательной среде представлены в табл. 1 и 2. Из данных таблиц видно, что в контрольных пробах значение оптической плотности увеличивается на протяжении всего времени эксперимента, что свидетельствует об активном росте бактерий рода *Bacillus* и *Staphylococcus* в жидкой питательной среде. В пробах с антибиотиками значения были ниже по сравнению с контролем.

Таблица 1. Значение оптической плотности в процессе инкубации микроорганизмов рода *Bacillus* с антибиотиками

Проба	Время, ч						
	0	4	8	12	24	36	48
Контрольная проба	0.083	0.086	0.225	0.490	0.682	1.086	1.411
Ампициллин	0.075	0.077	0.081	0.080	0.082	0.091	0.122
Цефазолин	0.081	0.083	0.109	0.172	0.236	0.393	0.639
Эритромицин	0.063	0.058	0.105	0.110	0.119	0.120	0.105

Таблица 2. Значение оптической плотности в процессе инкубации микроорганизмов рода *Staphylococcus* с антибиотиками

Проба	Время, ч						
	0	4	8	12	24	36	48
Контрольная проба	0.093	0.600	0.825	1.065	1.355	1.433	1.530
Ампициллин	0.085	0.082	0.084	0.085	0.132	0.191	0.222
Цефазолин	0.091	0.097	0.095	0.103	0.111	0.110	0.109
Эритромицин	0.089	0.096	0.097	0.100	0.119	0.120	0.102

На рис. 3 и 4 представлено относительное изменение количества бактерий родов *Bacillus* и *Staphylococcus* при действии различных антибиотиков. Ампициллин, цефазолин и эритромицин оказывали негативное влияние на рост бактерий *Staphylococcus*. В образце с цефазолином отмечали незначительный рост *Bacillus*.

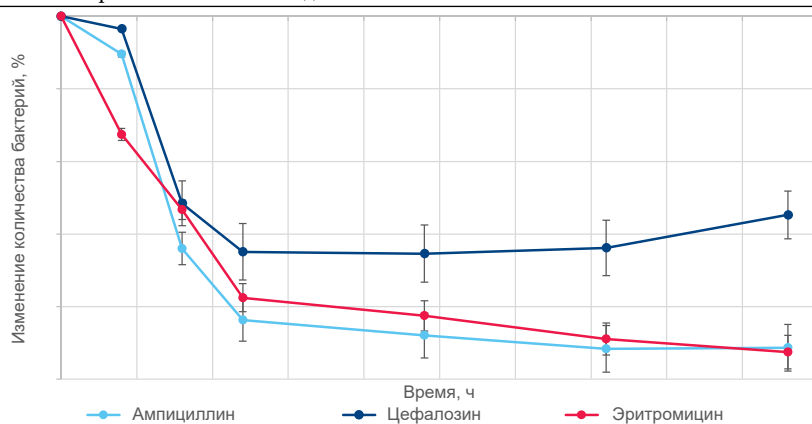


Рисунок 3. Относительное изменение количества бактерий рода *Bacillus* при действии различных антибиотиков.

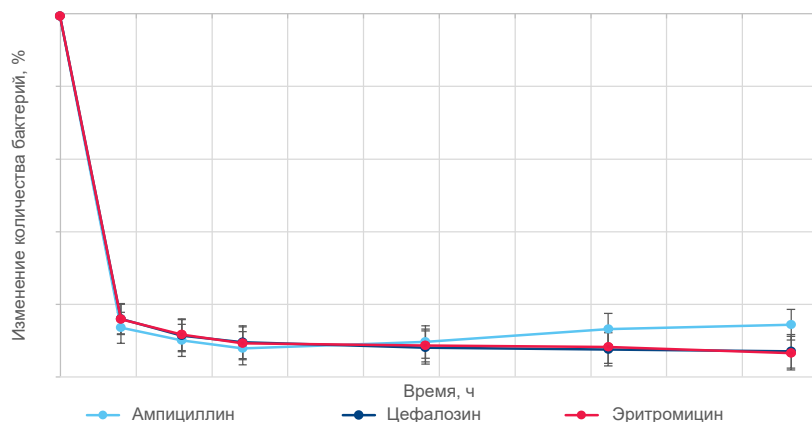


Рисунок 4. Относительное изменение количества бактерий рода *Staphylococcus* при действии различных антибиотиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В контроле были идентифицированы бактерии следующих родов: *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Staphylococcus*. В опыте исследуемые антибиотики в концентрации 5 мг/см³ подавляли рост выделенных микроорганизмов активного ила на твердой и жидкой питательных средах. Самыми устойчивыми к действию антибиотиков на твердой питательной среде являются псевдомонады, менее устойчивыми – стафилококки. Антибиотики оказывали негативное влияние на рост бактерий родов *Bacillus* и *Staphylococcus* в жидкой питательной среде. Таким образом, влияние исследуемых антибиотиков на выделенные микроорганизмы активного ила соответствует их фармакологическому действию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гетьман М.А., Наркевич И.А. Анализ рисков, связанных с неконтролируемым присутствием остатков лекарственных средств в окружающей среде // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. 2013. № 4. С. 40–44.
- Кленова Н.А. Лабораторный практикум по микробиологии : учебное пособие. Самара: Изд-во «Самарский университет». 2012. 102 с.
- Маслова Е.В., Мащенко З.Е., Шаталаев И.Ф. Лекарственные препараты в окружающей среде // Аспирантский вестник Поволжья. 2017. № 1–2. С. 215–217.
- Мащенко З.Е., Маслова Е.В., Мизина П.Г. Исследование токсичности ампициллина для рачков *Daphnia magna* и сообщество активного ила // Токсикологический вестник. 2018. № 1(148). С. 30–34.
- Мащенко З.Е., Шаталаев И.Ф., Шефер-Серебрякова М.А. Исследование токсичности антибиотиков при действии на водные микроорганизмы активного ила городских очистных сооружений // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 4(136). С. 22–24.
- Михайлова Е.О., Ахмадиева С.В., Хабибуллина Л.И. Влияние мелафена на микроорганизмы, входящие в состав активного ила очистных сооружений // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 7. С. 184–187.
- ОФС 1.2.4.0010.15 «Определение антимикробной активности антибиотиков методом диффузии в агар»
- Хоулт Д., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. М.: Мир, 1997. 431 с.
- Чеботарь И.В., Бочарова Ю.А., Маянский Н.А. Механизмы резистентности *Pseudomonas aeruginosa* к антибиотикам и их регуляция // Клиническая микробиология и антимикробная терапия. 2017. № 4. С. 308–319.
- Kurmmere K. Antibiotics in the aquatic environment. A review// Chemosphere. 2009. № 75. P. 417–434.
- Al-Riyami I.M., Ahmed M., Al-Busaidi A. et al. Antibiotics in wastewaters: a review with focus on Oman // Applied Water Science. 2018. Vol 8. № 199. P. 1–10.
- Chu L., Chen D., Wang J., Yang Z. et al. Degradation of antibiotics and inactivation of antibiotic resistance genes (ARGs) in Cephalosporin C fermentation residues using ionizing radiation, ozonation and thermal treatment // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 382. № 121058. P. 1–12.

DOI: [10.5281/zenodo.10039266](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039266)

Гумусообразование в техногенных поверхностных образованиях бореальной зоны Западно-Сибирской равнины

О.В. Сабирзянова, Е.А. Коркина

Нижевартовский государственный Университет, г. Нижневартовск

Ключевые слова: техногенные поверхностные образования, гумусообразование, органическое вещество

Механизмы накопления органического вещества и процессы гумусообразования в гумидных условиях таежной зоны выражены различными биогенно-аккумулятивными процессами, зависящими от ландшафтных факторов. Каждый тип почвы обладает особыми условиями накопления органического вещества. В лесах кедрово-еловой формации на криометаморфических почвах, где развиты гипновые мхи, органическое вещество накапливается без трансформации в гумус. Надпойменная терраса с развитым комплексом верховых болот и подзолов, в первом случае, аккумулирует сфагновые мхи, с трансформацией органического вещества в нижних торфяных слоях, во втором случае, органическое вещество накапливается в виде корней кустраничковой растительности и гипновых мхов. В пойменно-луговых ландшафтах с аллювиальными почвами злаковая растительность трансформируется в гумус, формируя серогумусовый горизонт. Среднее Приобье характеризуется интенсивным антропогенным воздействием на окружающую среду, в том числе и на почвенный покров, в связи с нефтедобычей. Здесь образуется много нарушенных земель, которые со временем восстанавливаются. Цикл накопления углерода различный у естественных почв и почв на нарушенных землях, поэтому важно изучать возможность самовосстановления почв, изучая механизм накопления органического вещества и процессы гумусообразования.

В исследовании представлены результаты биогенного формирования гумуса на техногенных поверхностных образованиях в различных ландшафтных провинциях бореальной зоны Западно-Сибирской равнины: поймы, надпойменной террасы, водораздельной поверхности. Среднетаёжная зона Западно-Сибирской равнины характеризуется небольшими возможностями к самовосстановлению ландшафта, включая восстановление растительности и почвы. Современные исследования возможности самовосстановления являются актуальным. Биологический процесс самовосстановления почв и растительности имеют существенные различия. Сравнительно-географический анализ применял-

ся для техногенных поверхностных образований территорий: поймы р. Обь, озерно-ингрессионной террасы, поверхности Аганского увала. Исследуемые ТПО относятся к группе квазиземы, представляющие собой гумусированные, внешне сходные с почвами почвоподобные образования. Возраст их формирования для поймы 45 лет, озерно-ингрессионной террасы и поверхности Аганского увала 40 лет. Данные участки имеют принципиальные различия ландшафтных процессов и генезиса. Поэтому исследования биогенного самовосстановления на техногенных поверхностных образованиях (ТПО) происходило исходя из гипотезы разности ландшафтных процессов.

Исследованы верхние горизонты естественных почв: аллювиальные почвы поймы р. Обь, подзолы озерно-ингрессионной террасы, криометаморфические почвы водораздела Аганский увал и ТПО с частично восстановившимся растительным покровом на техногенных площадках этих районов. Глубина отбора 0–5 см. В основе исследования лежит метод определения гумуса по методу Понамаревой-Плотниковой в применении сравнительно-географического метода.

В результате исследования было выявлено, что в естественных почвах (фоновых) фульватный гумус характерен для почв озерно-ингрессионной террасы и водораздельной поверхности Аганского увала. В естественных почвах поймы так же преобладают фульвокислоты, но в значительной мере ниже, чем на двух других участках. В новообразованных почвах, на техногенно поверхностных образованиях, наибольшее гумусообразование выявлено в пойме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гумусообразование на техногенных поверхностных образованиях в разных ландшафтных условиях происходит по-разному и отличается от естественных. Активный процесс гумусообразования наблюдается в пойме, чуть менее активно идет накопление гумуса на озерно-ингрессионной террасе. Климатические условия позволяют формировать гумус фульватного типа. В техногенных поверхностных образованиях водораздельной поверхности Аганского увала были определены низкие показатели накопления гумуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Коркина Е.А. Почвы и техногенные поверхностные образования нефтегазодобывающего комплекса правобережья Средней Оби. Автореф. дисс. ... к. г. н. Астрахань, 2005. 23 с.
- Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН; Филиал «Гео», 2000. 176 с.

Первые результаты программы по реинтродукции сокола балобана (*Falco cherrug*) в заповеднике Аркаим (Челябинская область)

А.В. Саралёва

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: балобан, реинтродукция, метод хекинга

На сегодняшний день в России действуют несколько программ по восстановлению и мониторингу сокола балобана (*Falco cherrug* Gray, 1834), численность которого начала быстро сокращаться во второй половине XX века (Карякин и др., 2017; Шнайдер и др., 2018), в том числе программа по реинтродукции балобана на Урале, которая была организована центром мониторинга и реабилитации хищных птиц «Холзан» в 2008 году. Прежде работниками центра и волонтерами выпускались полностью взрослые особи, дичавшие в разлетных вольерах. В период же с 1 июня по 20 июля 2022 года впервые был осуществлен контролируемый выпуск балобанов с применением метода хекинга вблизи заповедника Аркаим (Челябинская область), в том же районе в последний раз наблюдался балобан на пролете в 2011 году (Бородай и др., 2011). Метод хекинга подразумевает постепенную адаптацию подсаживаемых птиц к самостоятельной жизни в соответствующей естественной среде обитания. «Хек» дословно переводится как «ящик», по сути, это искусственное гнездо, защищающее птенцов от непогоды и хищников.

Было выпущено 18 особей вида *F. cherrug*, выращенных в региональном общественном фонде охраны редких птиц «Сапсан» (г. Тула), питомнике хищных птиц «УТА – Falcon» (г. Москва), а также центре мониторинга и реабилитации хищных птиц «Холзан» (п. Кашино, Свердловская область). Птенцов высаживали в хек в возрасте 4-5 недель, после чего волонтеры наблюдали за их адаптацией из смотровых палаток с использованием биноклей, фото- и видеотехники.

Из выпущенных балобанов продемонстрировали высокие показатели готовности к жизни в природе и покинули место выпуска 17 особей из 18. Один сокол (№17) был изъят в связи с ослабленным здоровьем и развившейся неадекватной реакцией на приход кормящего, выразившейся в громком крике тревоги, это демонстрировали и другие особи, находясь в хеке, однако вне хека такое поведение не наблюдалось, что отражено в таблице 1.

Таблица 1. Реакция птенцов на кормящего в и вне хека

	Реакция на «кормящего»	
	В хеке	Вне хека
18	–	–
19	–	–
20	–	–
21	–	–
D744	+	–
D741	+	–
D745	+	–
D743	+	–
17	+	+
13	+	–
16	–	–
23	–	–
24	–	–

Сравнивая сроки развития выпущенных соколов с нативными, выяснили, что средний возраст, в котором балобаны покидали гнездо, составил 41–48 дней, в природе он составляет 41–46 дней. Среднее время разлета соколов с гнездовой территории составило 39 дней, в природе оно составляет порядка 40 дней (Карякин и др., 2018). Возраст выпущенных балобанов был вычислен на основе средних значений, при условии, что на место выпуска они были привезены в возрасте 4–5 недель (35–42 дня). После окончания активного сопровождения адаптации волонтерами, по словам местных жителей, соколы покинули район выпуска и более не встречались.

Важным итогом выпуска 2022 года стал возврат кольца сокола D745, которого отловили на территории Пакистана в октябре того же года. Этот факт не только является подтверждением длительного выживания выпущенного птенца, но и указывает на формирование правильного видоспецифичного поведения, ведь Пакистан, а также горы Тянь-Шаня и Тибета являются характерными территориями дальних кочевков данного вида (Карякин, 2012).

Исходя из предварительных итогов, метод хекинга зарекомендовал себя, как достаточно успешный, но для доказательства его эффективности требуются дальнейшие исследования. Программа по реинтродукции балобана на Урале продолжается, и в 2023 году специалистами

центра мониторинга и реабилитации хищных птиц «Холзан» предусмотрен не только выпуск с использованием хеков, но и подробное исследование ареала прежнего проживания балобана в Челябинской области, а также установка на наиболее подходящих территориях гнездовых платформ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бородай Д.С., Гашек В.А., Коршиков Л.В., Светлицкий О.А.* О некоторых интересных встречах птиц на юге Челябинской области // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. 2011. Вып. 16. С. 11.
- Карякин И.В.* Балобан (*Falco cherrug*) // Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников, 2012. URL: http://rrrcn.ru/keyspecies/f_cher/o-balobane
- Карякин И.В., Зиневич Л.С., Рожкова Д.Н и др.* Первые результаты проекта по восстановлению генетического разнообразия популяций балобана в Алтае-Саянском регионе // Пернатые хищники и их охрана. 2017. Вып. 35. С. 176–193.
- Карякин И.В., Николенко Э.Г., Шнайдер Е.П., Проммер М.* Результаты GPS/GSM-трекинга ювенильных балобанов в Алтае-Саянском регионе, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2018. Вып. 37. С. 166–229.
- Шнайдер Е.П., Николенко Э.Г., Карякин И.В., Проммер М. и др.* Результаты апробирования методики восстановления популяции балобана в России путём подсадки в естественные гнезда птенцов, выращенных в неволе (с результатами GPS/GSM-трекинга слетков) // Пернатые хищники и их охрана. 2018. Вып. 37. С. 66–94. .

DOI: [10.5281/zenodo.10039286](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039286)

Особенности роста побегов представителей семейства сосновые (*Pinaceae* Lindl.) в ботаническом саду УрФУ

Р.С. Симонян

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: сосновые, линейный рост побегов, инорайонные виды, карбоновые фермы

Одно из направлений реализации климатических проектов в целях секвестрации атмосферного углерода – культивирование высокопродуктивных древесных растений. Флора Среднего Урала представлена небольшим числом видов семейства *Pinaceae* Lindl., что обуславливает интерес к интродукции новых видов, которые могут быть использованы не только для озеленения и в лесной промышленности, но и в решении экологических проблем – при создании карбоновых ферм.

Цель работы – выявить высокопродуктивные виды сосновых.

Задачи: изучить линейный рост и развитие побегов у видов семейства *Pinaceae* в полевых условиях.

Объектами исследований были 18 местных и инорайонных видов родов *Abies* Mill., *Pinus* L., *Picea* A. Dietr., *Larix* Mill., *Pseudotsuga* Carr., выращиваемых в коллекции ботанического сада УрФУ. Наблюдения проводили согласно методике ГБС АН (Александрова и др., 1975), результаты были обработаны по методике Г.Н. Зайцева (Зайцев, 1974). Вычисляли средние арифметические, стандартные отклонения, ошибки средних арифметических (обозначены символом \pm). Для сравнения средних применяли *t*-критерий Стьюдента.

Линейный рост побегов у разных видов семейства *Pinaceae* в 2021 г. начался с 25 апреля по 18 мая, закончился с 15 июня по 25 июля; в 2022 г. начало роста побегов было с 27 апреля по 30 мая, а окончание – с 28 июня по 25 июля. С использованием кластерного анализа виды сосновых разделили на группы по времени начала и окончания роста побегов. В группу раноотрастающих попали представители рода *Pinus*, а в группу с поздними сроками – *Larix* и *Pseudotsuga*. Большая часть видов рода *Picea* имела средние сроки начала роста побегов. В группы с ранними и средними сроками окончания роста попали, преимущественно, виды северных регионов, а виды из более теплых регионов завершали рост побегов позже.

Средняя продолжительность роста побегов в 2021 г. составила 52.5 ± 3.0 суток, в 2022 г. – 52.7 ± 1.4 сут. Наименьшая продолжительность роста побегов была у *P. abies* – 32.3 сут, наибольшая у *P. menziesii*

– 68.3 сут в 2021 г. и в 2022 г. наименьшая у *P. pungens* – 37.7 сут, наибольшая у *P. mugo* – 65.0 сут. Наступление фенофаз зависит от погодных условий (Кищенко, 2021). В вегетационном периоде 2021 г. жаркая и засушливая погода преобладала в первой половине лета, в 2022 г. такая погода соответствовала второй половине вегетации. Фенологические фазы «начало роста побегов» и «окончание роста побегов» положительно связаны с суммами эффективных температур, с суммой осадков с января и коэффициентом гидротермического увлажнения (ГТК) до начала фенофаз.

В 2021 г. наименьший годичный прирост побегов наблюдался у *P. menziesii* – 12.1 см, а наибольший у *P. mugo* – 33.5 см. В 2022 г. *P. menziesii* также имел наименьший годичный прирост – 12.5 см, а наибольший наблюдался у *P. densiflora* – 36.6 см. В 2021 г. величина годичного прироста побегов различалась только у разных видов хвойных, влияния продолжительности роста не было выявлено. В 2022 г. годичный прирост различался у разных видов и зависел от продолжительности роста.

Таким образом, в 2021 и 2022 гг. продолжительность роста побегов у разных видов хвойных варьировала. На начало и окончание линейного роста, а также на величину годичного прироста побегов влияли особенности видов. Наступление фенофаз связано с суммами эффективных температур, осадков и ГТК за период до наступления фенофаз. Наиболее продуктивными оказались виды, принадлежащие родам *Pinus* (*P. mugo*, *P. contorta* var. *latifolia*, *P. densiflora*) и *Picea* (*P. koraiensis*). Эти виды могут представлять интерес при создании карбоновых ферм.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, темы Государственного задания FEUZ-2023-0023.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова М.С., Булыгин Н.Е., Ворошилов В.Н. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М.: ГБС АН СССР, 1975. 27 с.
- Зайцев Г.Н. Обработка результатов фенологических наблюдений в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1974. № 94. С. 3–10.
- Кищенко И.Т. Рост и развитие интродуцированных видов *Larix* Mill. в таежной зоне (Карелия) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия Биология. 2021. Т. 14. № 1. С. 61–83.

Патосистема «вектор – растение – фитовирус» в агроценозах картофеля в Приморском крае

О.А. Собко

ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока, п. Тимирязевский

Ключевые слова: фитовирус, вектор, растение-резерватор

Возникновение, развитие и затухание вирусных болезней растений зависят от взаимодействия популяций возбудителя болезни, растения-хозяина и насекомого-переносчика, а также от окружающей среды. Из условий, определяющих течение эпифитотий, основное значение имеет наличие возбудителя (Назаров и др., 2020). В агроценозах, как в искусственно созданных экосистемах, складываются своеобразные взаимоотношения между культурными, сорными растениями и насекомыми (Рогатных, Аистова, 2014; Фролов 2019). Многие сорные растения являются источниками заражения культурных растений вирусами и вредителями. Фитофаги вначале питаются на сеgetальных растениях и с них переходят на картофель (Зубков, 2014; Wen et al., 2019). Длительный период вегетации картофеля позволяет большинству видов сорных растений обсемениться, что увеличивает опасность сохранения фитопатогенных вирусов в семенах сорняков.

Большинство растительных вирусов могут передаваться от зараженных растений к здоровым с помощью другого организма, называемого переносчиком (или вектором). Переносчик способен подхватывать патоген с одного растения и передавать его другому растению (Назаров и др., 2020; Sarwar, 2020). Часто участвуют в передаче вирусов Hemiptera (полужесткокрылые) которые передают 90% болезней растений, Thysanoptera (трипсы), Coleoptera (жуки), Orthoptera (кузнечики) и Dermaptera (уховертки). Из 850 описанных вирусов растений около половины передаются тлями. Основными переносчиками являются *Myzus persicae* (Sulzer), *Aphis gossypii* Glover и *Aphis craccivora* Koch, а также цикадки, мучнистые червецы, белокрылки и трипсы. Большинство переносчиков вирусов растений имеет колюще-сосущий или грызущий ротовой аппарат (Raccah, Fereres, 2009).

Цель исследования – определить видовой состав вирусов картофеля, определить насекомых-переносчиков и резерваторов фитовирусов в агроценозах картофеля в Приморском крае.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2019–2022 гг. в Приморском крае. Насекомых собирали стандартными энтомологическими методами (Аникина, Сейтжанова, 2015). Для выявления вирусов методом PCR листья картофеля и сорных растений были собраны в отдельные биологические пакеты и быстро заморожены при -20°C . Загрязнения с поверхности листьев удаляли нетканым материалом, смоченным спиртом (Рябушкина и др., 2012). Тотальную РНК выделяли коммерческими наборами для выделения нуклеиновых кислот «ФитоСорб» (Синтол) с использованием магнитных частиц на автоматической станции выделения KingFisher Flex (ThermoScientific). Наличие/отсутствие фитовирусов в пробах проводили одношаговой ОТ-ПЦР с флуоресцентной детекцией в реальном времени в амплификаторе QuantStudio 5 (Applied Biosystems) с использованием коммерческих наборов серии «Фитоскрин» «Potato Virus X. Y. M. L. S. A – PV» (Синтол) предназначенных для выявления вирусов PVX, PVY, PVM, PLRV, PVS, PVA (Рязанцев, Завриев, 2009; Рябушкина и др., 2012). Статистическую обработку данных проводили в программе Past 4.03.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В агроэкосистеме картофельного поля в Приморском крае нами была выявлена смешанная вирусная инфекция, представленная вирусами мозаичной группы: Y вирус картофеля (potato virus Y, PVY, род *Potyvirus*, сем. Potyviridae), X вирус картофеля (potato virus X, PVX, род *Potexvirus*, сем. Flexviridae), A вирус картофеля (potato virus A, PVA, сем. Potyviridae), S вирус картофеля (potato virus S, PVS, сем. Flexviridae), M вирус картофеля (potato virus M, PVM, сем. Flexviridae), вирус скручивания листьев картофеля (Potato leaf roll virus, PLRV, род *Polerovirus*, сем. Luteoviridae) и вириод вертеновидности клубней картофеля (potato spindle tuber viroid, PSTVd, род *Pospiviroid*, сем. Pospiviroidae). На картофеле наблюдались следующие симптомы – мозаичность, хлороз, выпуклость листовой пластины, волнистость края листа, курчавость листьев, карликовость растений, на некоторых растениях отмечены скрученные лепестки цветков, нераскрывшиеся бутоны, красная кайма по краю листа. На обследуемых картофельных полях в 2019–2022 гг. выявлено 43 вида сорных травянистых растений, относящихся к 22 семействам. Преобладающими сорными видами в агроэкосистеме картофельного поля с встречаемостью от 80% были: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli*), акалифа южная (*Acalypha australis*), марь белая (*Chenopodium album*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), виды семейства злаковые. Из 43 видов сеgetальных растений резерваторами вирусной инфекции были 18 (табл.).

Таблица. Наличие вирусов картофеля в растениях-резерваторах

Виды	PVY	PVX	PLRV	PVM	PVS	PVA	PSTVd
Одуванчик лекарственный	+	–	–	–	–	–	–
Марь белая	+	–	–	+	+	–	+
Клевер луговой	+	–	+	–	–	–	–
Подорожник большой	+	–	–	+	+	–	+
Трехреберник непахучий	–	–	–	–	–	+	–
Сурепка обыкновенная	+	–	–	–	+	–	+
Амброзия полынолистная	+	–	–	–	–	–	–
Осот полевой	+	–	+	–	–	–	–
Галинсога мелкоцветковая	+	–	+	+	–	–	+
Злаки	+	+	+	+	–	–	+
Щавель конский	+	+	+	+	+	–	+
Гибискус тройчатый	+	–	–	+	+	–	–
Мышиний горошек	+	–	+	+	+	–	+
Крапива двудомная	+	–	–	+	+	–	–
Пырей ползучий	+	–	+	+	+	–	+
Щавель конский	+	–	+	–	+	–	–
Соя дикая	+	–	+	+	+	–	–
Чистотел большой	+	–	+	+	+	–	–

Среди насекомых, обитающих в агроэкосистеме картофельного поля в Приморском крае, векторами вирусной инфекции являлись *Cicadella* sp., *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Dolycoris baccarum*, *Mythimna separata*, *Lygus pratensis*, *Rhopalosiphum padi*. Причем насекомые *Cicadella* sp. и *Rhopalosiphum padi* являются переносчиками PVY, PVS, PVM, PVA, PLRV и PSTVd.

Вредителем и вектором вирусов в энтомофауне картофельного поля является *Lygus pratensis*. В Приморском крае доля клопов на картофеле составляет до 17% от численности всех насекомых в посадках. Взрослые клопы и личинки – полифаги, при большой численности повреждают посевы злаков, бобовых, а также питаются на крестоцветных, сложноцветных, маревых и других овощных и плодовых культурах (Мацшина и др., 2020), могут развиваться на многих видах сорной растительности, впоследствии переходя на возделываемые культуры. По нашим данным, *Lygus pratensis* является переносчиком PVY и PVS, PVM и PLRV – 50%. По литературным данным *L. pratensis* является вектором вирусов, вызывающих мозаичные болезни картофеля – PVM, PVY, PVS, а также вируса скручивания листьев картофеля (Лебедева, 1982). Способностью переносить PLRV обладают перезимовавшие

клопы, личинки, отродившиеся и выросшие на растениях картофеля, зараженного PLRV, имаго 1-го и 2-го поколения, питавшиеся на инфицированном растении (Мацишина и др., 2020).

В Приморском крае наибольшее значение как вредитель сельскохозяйственных культур имеет картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Ермак, Мацишина, 2022). Ротовые органы этих грызущих насекомых часто несут вирусы PVX, PVS и PVM, которые вместе с зараженным соком растений задерживаются на ротовых органах, переходят в пищеварительный канал и экскременты. Особенно эффективными переносчиками являются личинки и молодые жуки двадцативосьмиточечной картофельной коровки в силу своей мобильности и прожорливости. В картофельных коровках были обнаружены вирус скручивания листьев картофеля (PLRV), вириод веретеновидности клубней картофеля (PSTVd), вирус картофеля S (PVS), вирус картофеля Y (PVY), вирус картофеля M (PVM), вирус картофеля X (PVX). Количественно преобладали PVS и PVM. Наличие вируса картофеля A (PVA) установлено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определен видовой состав вирусов картофеля, видовой состав переносчиков вирусов и растений-резерваторов в Приморском крае. В посадках картофеля чаще всего встречается комплексная вирусная инфекция, состоящая из вирусов мозаичной группы (PVX, PVY, PVM, PVA, PVS), PLRV и PSTVd. Из 43 видов сеgetальных растений резерваторами вирусной инфекции были 18: одуванчик лекарственный, марь белая, клевер луговой, подорожник большой, трехреберник непахучий, сурепка обыкновенная, амброзия полыннолистная, осот полевой, галинсога мелкоцветковая, злаки, щавель конский, гибискус тройчатый, мышинный горошек, крапива двудомная, пырей ползучий, щавель конский, соя дикая, чистотел большой. Большинство сеgetальной растительности оказалось носителями комплексной вирусной инфекции, состоящей из двух и более вирусов. Ассоциативная инфекция включала вирусы мозаичной группы картофеля: PVY, PVX, PVS, PVM, PVA, вирус скручивания листьев картофеля – PLRV и вириод веретеновидности клубней картофеля – PSTVd. Нами установлено, что векторами вирусной инфекции являлись *Cicadella* sp., *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Dolycoris baccarum*, *Mythimna separata*, *Lygus pratensis*, *Rhopalosiphum padi*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аникина И.Н., Сейтжанова Д.Д. Фитовирусология: учебно-методическое пособие. Павлодар: Кереку, 2015. 97 с.

- Ермак М.В., Маццишина Н.В. Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор) // Овощи России. 2022. № 6. С. 97–103.
- Зубков А.Ф. Агробиоценологическая модернизация защиты растений. СПб.: ВИЗР, 2014. 116 с.
- Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И. и др. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений // Acta Naturae (русскоязычная версия). 2020. Т. 12. № 3(46). С. 46–59.
- Лебедева Е.Г., Дьяконов К.П., Немилостива Н.И. Насекомые – переносчики вирусов растений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1982. 195 с.
- Маццишина Н.В., Собко О.А., Дидора А.С. и др. Влияние температуры и влажности на продолжительность развития яиц и нимфальных возрастов *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Miridae) в Приморском крае // Дальневосточный энтомолог. 2020. № 413. С. 15–19.
- Маццишина Н.В., Собко О.А., Фисенко П.В., Ким И.В. Циркуляция вирусных инфекций в агробиоценозе картофельного поля // VII Международная конференция молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2020. С. 317–318.
- Рогатных Д.Ю., Аистова Е.В. Взаимосвязи насекомых-вредителей и сорных растений в агроценозах картофеля в Амурской области // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7. С. 79–84.
- Рябушкина Н.А., Омашева М.Е., Галиакбаров Н.Н. Специфика выделения ДНК из растительных объектов // Биотехнология. Теория и практика. 2012. № 2. С. 9–26.
- Рязанцев Д.Ю., Завриев С.К. Эффективный метод диагностики и идентификации вирусных патогенов картофеля // Молекулярная биология. 2009. № 43 (3). С. 558–567
- Фролов А.Н. Закономерности динамики численности вредителей и фитосанитарный прогноз // Вестник защиты растений. 2019. № 3(101). С. 4–33.
- Racah B., Fereres A. Plant Virus Transmission by Insects // Encyclopedia of Life Sciences (ELS). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2009. P. 1–12.
- Wen G., Khelifi M., Cambouris A.N., Ziadi N. et al. Responses of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to the Chemical Composition of Potato Plant Foliage // Potato Research. 2019. Vol. 62. P. 157–173.

Sarwar M. Insects as transport devices of plant viruses // Applied Plant Virology: Advances, Detection, and Antiviral Strategies. London, United Kingdom: Academic Press, Elsevier, 2020. Ch. 27. P. 381–402.

DOI: [10.5281/zenodo.10039295](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039295)

Население пауков (Arachnidae: Aranei) наземного яруса Ильменского государственного заповедника

С.С. Соколова

Южно-Уральский ФНЦ Минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс

Ключевые слова: пауки, Южный Урал, Ильменский заповедник, герпетобий, наземный ярус, структура населения

Ильменский заповедник (подразделение ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН), расположенный в северо-западной части Челябинской области, отличается неоднородностью рельефа, разнообразием микроклиматических условий и широким спектром биотопов. Это обуславливает высокое видовое богатство беспозвоночных, в том числе и пауков.

Начало исследованиям аранеофауны Ильменского государственного заповедника (ИГЗ) было положено Б.П. Колесниковым (1961), проводившим исследования фаунистического состава пауков. А.Б. Полянин и Н.М. Пахоруков (Пахоруков, Полянин, 1987; Полянин, Пахоруков, 1988, 1990) существенно дополнили фаунистические данные Колесникова, изучив биотопическое распределение пауков. Отдельно изучались пауки травяного яруса различных биотопов (Лагунов, 1990; Полянин, Лагунов, 1992; Чашина, 2008).

Целью нашей работы было изучение структуры населения наземных (герпетобионтных) пауков наиболее типичных биотопов Ильменского заповедника.

Исследования были проведены в конце мая - начале июля 2013 года. Исследовано 5 биотопов: луг суходольный, степь на серпентинитовой сопке, лес сосновый зеленомошный, лес сосново-березовый орляково-разнотравный (смешанный), берег р. Черемшанка в сосново-березовом лесу.

Для ловли герпетобионтов были использованы ловушки Барбера – пластиковые стаканчики диаметром 7 см, фиксатор – раствор формалина 4%. Линия по 10 стаканчиков через 1 м. Беспозвоночные извлекались из ловушек раз в 10 дней, разбор проб осуществлялся в лаборатории. На суходольном лугу и берегу реки было проведено 5 туров учета, в сосновом и смешанном лесах 4 тура, в степи 3 тура. Всего было собрано 1458 экз. пауков, из которых 1327 определены до вида и включены в анализ. Для сравнения таксоценов количество пойманных экземпляров пересчитывалось на 100 ловушко-суток.

Сравнение биотопической приуроченности населения пауков оценивали с помощью иерархического кластерного анализа методом UPGMA на основе индекса Брея-Кертиса. Ординация населения пауков по биотопам сделана с применением неметрического многомерного шкалирования (NMDS), в качестве меры дистанций использован индекс Брея-Кертиса. Расчёты и графические построения выполнены в пакете PAST version 3.11 (Hammer, 2018).

В результате исследования обнаружены 92 вида пауков, относящихся к 58 родам и 15 семействам.

В населении герпетобионтных пауков можно выделить 2 фаунистических комплекса, отличающихся сходным набором видов (рис. 1). В первый комплекс входят два типа леса, а также берег р. Черемшанка, протекающей по смешанному сосново-березовому лесу. Во второй комплекс – суходольный луг и степь. На дендрограмме сосновый и смешанный леса характеризуются наименьшими различиями по структуре населения пауков ($D_{BC} = 0,52$), а степь и луг отличаются друг от друга сильнее, чем берег реки от лесов ($D_{BC} = 0,82$ и $0,52$ соответственно). Таким образом мы получили 2 фаунистических комплекса – лесной и лугово-степной. Те же фаунистические комплексы были ранее выделены Поляниным и Пахоруковым в их работе (1990).

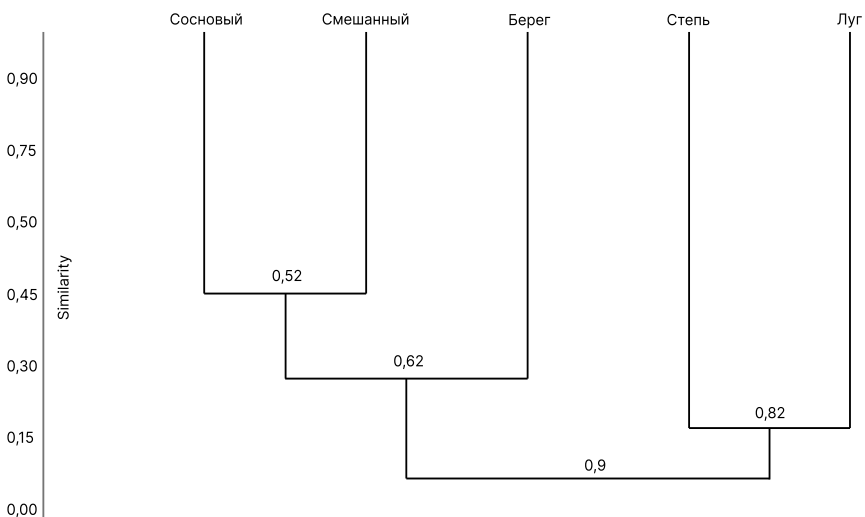


Рисунок 1. Дендрограмма кластеризации населения пауков исследованных биотопов. Обозначения биотопов: Сосновый – лес сосновый зеленомошный, Смешанный – лес сосново-березовый орляково-разнотравный, Берег – берег р. Черемшанка в сосново-березовом лесу, Степь – степь на серпентинитовой сопке, Луг – луг суходольный.

Ординация (рис. 2) позволяет представить дистанции между населением пауков разных биотопов в поле факторов, которые их связывают. Наибольшее расхождение наблюдается по горизонтальной оси 1, объясняющей распределение доминантных видов, которое отличается в каждом биотопе. Это согласуется с результатами кластеризации сообществ. Распределение населения пауков вдоль вертикальной оси 2 объясняется влажностью биотопов – наиболее влажные располагаются в области положительных значений, наиболее сухие – в области отрицательных.

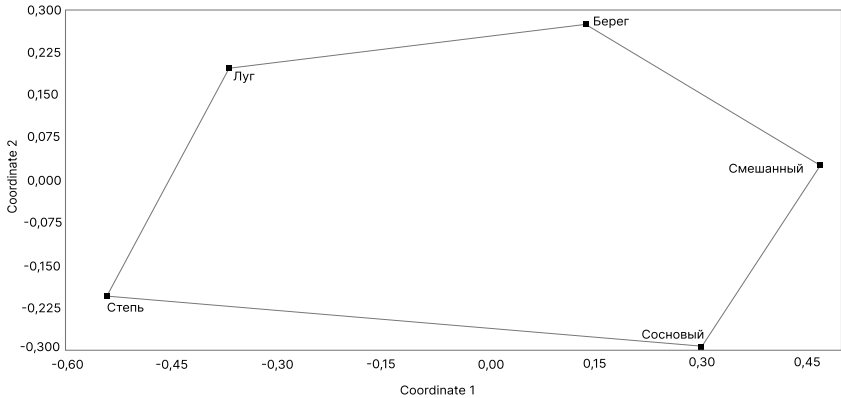


Рисунок 2. Ординация населения исследованных биотопов.
Обозначения как на рис. 1

Нами продолжена работа по инвентаризации фауны пауков ИГЗ. В ходе исследований отмечено 13 новых для заповедника видов: *Glyphesis cottonae* (La Touche, 1946), *Hygrolycosa rubrofasciata* (Ohlert, 1865), *Maro sibiricus* Eskov, 1980, *Micaria aenea* Thorell, 1871, *M. formicaria* (Sundevall, 1831), *Micrargus subaequalis* (Westring, 1851), *Notioscopus sarcinatus* (O. Pickard-Cambridge, 1873), *Ozyptila scabricula* (Westring, 1851), *Phlegra fasciata* (Hahn, 1826), *Trichopternoides thorelli* (Westring, 1861), *Trochosa spinipalpis* (F. O. Pickard-Cambridge, 1895), *Walckenaeria nudipalpis* (Westring, 1851), *Xerolycosa miniata* (C. L. Koch, 1834). В населении герпетобионтных пауков можно выделить 2 фаунистических комплекса, характеризующихся специфичной фауной – лесной и лугово-степной. Большая часть несхожести биотопов объясняется разными видами-доминантами в разных типах местообитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Колесников Б.П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области // Труды института биологии Уральского филиала АН СССР. 1961. Вып. 26. С. 3–44.

- Лагунов А.В.* Структура населения травостоя луговых и лесных сообществ Ильменского заповедника. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1990. 20 с.
- Пахоруков Н.М., Полянин А.Б.* Материалы к фауне пауков Ильменского заповедника // Фауна, экология беспозвоночных животных Челябинской области. Свердловск, 1987. С. 13–21.
- Полянин А.Б., Лагунов А.В.* Пауки травостоя лугов Ильменского заповедника // Членистоногие охраняемых территорий Челябинской области. Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1992. С. 29–41.
- Полянин А.Б., Пахоруков Н.М.* Фауна пауков лесной зоны Южного Зауралья // Фауна и экология паукообразных. Пермь: Изд-во ПГУ, 1988. С. 61–80.
- Полянин А.Б., Пахоруков Н.М.* Пауки травяно-кустарничкового яруса некоторых биоценозов Ильменского заповедника // Фауна и экология пауков, скорпионов и ложноскорпионов. Труды Зоол. ин-та РАН. 1990. Т. 226. С. 12–18.
- Чащина О.Е.* Пространственно-временная организация населения беспозвоночных животных травостоя (на примере сообществ Ильменского заповедника). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2008. 23 с.
- Hammer Ø. PAST: PAleontological STatistics. Version 3.20. Reference manual. Oslo: Natural History Museum University of Oslo, 2018. 262 pp.

DOI: [10.5281/zenodo.10039301](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039301)

Свидетельство двух гипотез эволюции партеногенетических видов на примере пространственного распределения клонов почвенной ногохвостки *Parisotoma notabilis* (Schäffer, 1896) sensu lato

А.В. Стрючкова

Московский педагогический государственный университет, г. Москва

Ключевые слова: почвенная мезофауна, ногохвостки, филогеография, генетическая структура популяций

Генетические исследования почвенных членистоногих, включая коллембол, начинались с различных экзотических видов. Лишь в последнее десятилетие заинтересовались широкораспространенными в основном обоеполыми видами, для многих из которых было показано криптическое разнообразие (Porco, 2012a). Такое разнообразие неожиданно обнаружено и для партеногенетических видов, например, *Parisotoma notabilis* (Schäffer, 1896), (Porco, 2012b). На сегодняшний день для *P. notabilis* известно по меньшей мере 6 древних клонов (11.5–7.4 млн. лет; Hebert et al., 2014; Saltzwedel et al., 2017), генетические дистанции между которыми по гену COI равны 15–18% (Porco et al., 2012; Saltzwedel et al., 2017; Striuchkova et al., 2022) и почти соответствуют уровню межвидовой дивергенции у коллембол 16–25% (Sun et al., 2018). *P. notabilis* sensu lato стал одним из модельных видов для генетических исследований популяций. Этот вид распространен космополитически, высокой численности достигает в Западной Палеарктике и Северной Америке (Potapov, 2001; Sharma, Kevan, 1962). *P. notabilis* характеризуют как эвритопный вид, нередко встречающийся в местах с высокой антропогенной нагрузкой (Kuznetsova, 2002). Один из первых колонизирует нарушенные местообитания (Alvarez et al., 1997). Жизненный цикл обычно занимает около месяца, среднее количество яиц в кладке – семь (Sharma, Kevan, 1962). Размножается большую часть года в умеренных широтах. Доживает до половозрелости около четверти популяции, повторную кладку осуществляет не более 5% особей (Кузнецова, 2007).

В **задачи** работы входило изучить из каких клонов состоят популяции *P. notabilis* в различных регионах Европы и Северной Америки. Нами были использованы данные по генотипированию (фрагмент митохондриального гена COI и D3–D5 регион рибосомального гена 28S) 1051 особи *P. notabilis*: 715 особей из базы GenBank и 336 – наши

данные, которые частично были опубликованы (87 экз. Striuchkova et al., 2022; 55 экз. Стрючкова, 2023). Места отбора нами остальных проб: Афины, Греция (37.9684–37.9690 N, 23.7417–23.7394 E), Петрозаводск, Карелия (61.7705–61.7880 N, 34.2972–34.3501 E), Рускеала, Карелия (61.9482 N, 30.5692 E), Гирвас, Карелия (62.4852 N, 33.6703 E), Москва (55.4571–55.4610 N, 37.1771–37.1780 E), Балашиха, Московская область (55.8295 N, 37.9137 E), Шаховская, МО (55.9835–55.9837 N, 35.5949–35.6050 E), Ставрополь (45.0306–45.0395 N, 41.9062–41.9186 E), Стрижамент, Ставропольский край (44.7761–44.7794 N, 42.0183–42.0222 E), Новоселицкий р-н, Ставропольский край (44.7723 N, 43.1361 E), Октябрьский р-н, Ростовская обл. (47.5586 N, 40.1242 E), Малое Зверево, Ростовская обл. (48.0106 N, 40.1405 E), Новороссийск, Краснодарский край (44.7367 N, 37.7575 E), Коктубей, Дагестан (44.2550 N, 46.7231 E), Кизляр, Дагестан (43.8230 N, 46.6754 E), Верхний Цей, Северная Осетия (42.7783–42.7890 N, 43.8632–43.9065 E), гора Чегет, Кабардино-Балкария (43.2396–43.2413 N, 42.4826–42.4911 E), Евпатория, Крым (45.1980 N, 33.4170 E), Керчь, Крым (45.2490 N, 35.9560 E), Тальш, Азербайджан (38.4853–38.4893 N, 48.6231–48.6423 E), Исмаиллинский район, Азербайджан (40.8918 N, 48.0694 E), окр. Тбилиси, Грузия (41.8444–41.8254 N, 46.2303–46.2850 E), Ереван, Армения (40.1962 N, 44.5202 E), Ялта, Крым (44.4850–44.5080 N, 34.1010–34.2450 E), Калининвичский район, Беларусь (52.0916 N, 29.2841 E). В каждой локации с трех различных участков отбирали смешанную пробу верхнего слоя почвы объемом 2 л. Выгонку коллембол из образцов проводили на воронках Тульгрена в 96% спирт. Особей отсортировывали под бинокулярным микроскопом для дальнейшего анализа.

Известно, что в Западной Европе обычна парапатрия клонов *P. notabilis*, а их симпатрия (сосуществование 2–3 линий) практически не встречается (Porco et al., 2012; Saltzwedel et al., 2017). По нашим данным парапатрия встречается в различных горных районах Кавказа. Однако, для более северных равнинных районов Восточной Европы (центр Европейской части России, Карелия, Ставропольский край и др.) обнаружена симпатрия. Сосуществование клонов характерно также для большинства исследованных районов Канады (Онтарио, Британской Колумбии, о. Ньюфаундленд и о. Кейп-Бретон).

Таким образом *P. notabilis* в разных географических районах обнаруживает то парапатрию, то симпатрию клонов. Такая ситуация может быть рассмотрена с точки зрения двух гипотез эволюции партеногенетических видов и интерпретирована в связи с событиями плейстоценовых оледенений. Можно предположить, что случаи парапатрии соответствуют гипотезе «генотипа общего назначения», предполагающей, что в географическом районе остается лишь одна, наиболее конкурент-

носпособная, генетическая линия (Lynch, 1984). В более древних ландшафтах Западной Европы, свободных от оледенения (Пиренейский полуостров, Апеннинский п-ов, Балканы; Hewitt, 2000) и в горных районах Кавказа произошел отбор генетических линий *P. notabilis*, которые впоследствии приобрели характер «генотипов общего назначения» и закрепились в собственных географических районах.

Обнаруженные нами случаи симпатрии клонов больше соотносятся с гипотезой «замороженных ниш», предполагающей, что межклональный отбор в гетерогенном ландшафте поддерживает генетически разнообразную региональную метапопуляцию (Vrijenhoek, 1984). Так, в геологически более молодых ландшафтах Восточной Европы и Канады (Евсеева, Жилина 2010) продолжается конкуренция между различными клонами *P. notabilis*, что проявляется в их сосуществовании в различных комбинациях. Интересно, что эта ситуация потенциально может привести не к вытеснению одним клоном остальных по гипотезе «генотипа общего назначения», как в Западной Европе, а к экологическому видообразованию на основе специализации клонов. Это подтверждает факт хорошо выраженной дифференцировки клонов в градиенте урбанизации лес–лесопарк–газон в зонах их симпатрии (Стрючкова, 2023).

Таким образом, генетическая структура популяций одного и того же клонального вида в различных регионах может формироваться как под влиянием экологической специализации и сосуществования клонов в одном ландшафте, так и конкурентного вытеснения наиболее адаптированным клоном остальных, менее успешных.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-24-00984.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Евсеева Н.С., Жилина Т.Н. Палеогеография конца позднего плейстоцена и голоцена (корреляция событий). Томск: Изд-во науч.-технической лит., 2010. 180 pp.
- Кузнецова Н.А. Многолетняя динамика популяций коллембол в лесной и производной экосистемах // Зоологический журнал. 2007. Т. 86. № 1. С. 30–43.
- Стрючкова А.В. Распределение генетических линий *Parisotoma notabilis* (Collembola) в градиенте урбанизации // Экология. 2023. № 4. С. 318–322.
- Alvarez T., Frampton G.K., Goulson D. Population dynamics of epigeic Collembola in arable fields: the importance of hedgerow proximity and crop type // Pedobiologia. 1997. Vol. 41. P. 110–114.

- Hebert, P.D.N., Ratnasingham S., Zakharov E.V. et al. *Parisotoma notabilis* L4 Voucher BIOUG04875-G02 Cytochrome Oxidase Subunit 1 (COI) Gene, Partial Cds; Mitochondrial. NCBI. 25 September 2014. URL: www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/KM622110
- Hewitt G. The genetic legacy of the Quaternary ice ages // *Nature*. 2000. Vol. 405. № 6789. P. 907–913.
- Kuznetsova N. Biotopic groups of Collembolans in the mixed forest subzone of Eastern Europe // *Entomological Review*. 2002. Vol. 82. P. 1047–1057.
- Lynch M. Destabilizing Hybridization, General-Purpose Genotypes and Geographic Parthenogenesis // *The Quarterly Review of Biology*. 1984. Vol. 59. № 3. P. 257–290.
- Porco D., Bedos A., Greenslade P., et al. Challenging species delimitation in Collembola: Cryptic diversity among common springtails unveiled by DNA barcoding // *Invertebrate Systematics*. 2012a. Vol. 26. № 6. P. 470–477.
- Porco D., Potapov M., Bedos A. et al. Cryptic Diversity in the Ubiquist Species *Parisotoma notabilis* (Collembola, Isotomidae): A Long-Used Chimeric Species? // *PLOS ONE*. 2012b. Vol. 7(9). № e46056. P. 1–8.
- Potapov M. Synopses on Palaeartic Collembola. Vol. 3. Isotomidae. // *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Gorlitz*. 2001. Vol. 73. P. 1–603.
- Saltzwedel H., Scheu S., Schaefer I. Genetic structure and distribution of *Parisotoma notabilis* (Collembola) in Europe: Cryptic diversity, split of lineages and colonization patterns // *PLOS ONE*. 2017. Vol. 12(2). № e0170909. P. 1–15.
- Sharma G.D., Kevan D.K.McE. Observations on *Isotoma notabilis* (Collembola, Isotomidae) in Eastern Canada // *Pedobiologia*. 1963. Vol. 3. P. 34–47.
- Striuchkova A., Malykh I., Potapov M., Kuznetsova N. Sympatry of genetic lineages of *Parisotoma notabilis* s. l. (Collembola, Isotomidae) in the East European Plain // *ZooKeys*. 2022. Vol. 1137. P. 1–15.
- Sun X., Bedos A., Deharveng L. Unusually low genetic divergence at COI barcode locus between two species of intertidal *Thalassaphorura* (Collembola: Onychiuridae) // *PeerJ*. 2018. Vol. 6. № e5021. P. 1–29.
- Vrijenhoek R. Ecological Differentiation Among Clones: The Frozen Niche Variation Model // *Population Biology and Evolution. Proceedings in Life Sciences*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1984. P. 217–231.

DOI: [10.5281/zenodo.10039305](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039305)

Новые находки эоценовых морских змей (Acrochordoidea, Palaeophiidae) на территории России

М.С. Тарасова¹, Е.В. Сыромятникова², Д.О. Гимранов¹,
В.В. Родионов³

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

²Палеонтологический институт РАН, г. Москва

³Центральный музей Тавриды, г. Симферополь

Ключевые слова: эоцен, Крым, Западная Сибирь, морские змеи, Palaeophiidae

В начале палеогена на территории Центральной Евразии существовала единая морская система, соединявшая Тетис с Арктическим океаном через внутренние Туранское и Западно-Сибирское моря (Ахметьев, 2011). Сообщение внутренних бассейнов с южными течениями Тетиса способствовало широкому распространению морских змей, присутствие которых тесно связано с теплым климатом (Несов, 1995).

Костные остатки морских змей Palaeophiidae Lydekker, 1888 известны с позднего мела до конца эоцена с территорий Северной и Южной Америки, Северной Африки, Европы и юго-западной Азии (Rage et al., 2003). Описаны находки из местонахождений Крыма и стран Средней Азии, датируемые по фауне эласмобранхий средним и поздним эоценом (Снетков, 2011; Снетков, Банников, 2010; Averianov, 1997; Zvonok, Snetkov, 2012). Находки палеогеновых рептилий с Урала и Западной Сибири не известны. В работе представлены результаты исследования находок из двух местонахождений – Белая скала и Дерней.

Местонахождение Белая скала расположено в Белогорском районе Крымского полуострова и известно по описаниям среднеэоценовой фауны позвоночных животных, в т. ч. морских змей (Снетков, Банников, 2010; Zvonok, Snetkov, 2012). В ходе работ, проведенных сотрудниками лаборатории палеоэкологии ИЭРиЖ УрО РАН совместно с сотрудниками Центрального музея Тавриды в 2022 году, при просеивании сухого грунта на стандартных ситах с диаметром ячейки 0.5–1.0 см получен туловищный позвонок (образец ИЭРЖ 2409/1).

Местонахождение Дерней расположено на одноименном притоке р. Пышма, в окрестностях с. Нагибина, Свердловская область. В ходе экспедиции 2022 года при промывке пойменных отложений на ситах с диаметром ячейки 0.1–1.0 см получен туловищный позвонок (образец ИЭРЖ 897/400).

Оба позвонка повреждены: утрачены задние части нервной дуги, обломаны остистые отростки, повреждён презигапофиз, гигапофизы и парадиапофизы обломаны в основании. Образец ИЭРЖ 897/400 сильно окатан. Ряд признаков, присущих обоим позвонкам, а именно: узкий утолщённый зигосфен, треугольный в поперечном сечении невраль- ный канал, высоко поднятые презигапофизы без презигапофизарных отростков, латерально уплощенная форма позвонка и низкое положение оснований парадиапофизов, позволяет нам однозначно отнести их к подсемейству *Palaeophiinae* Lydekker, 1888 семейства *Palaeophiidae*.

Позвонок ИЭРЖ 2409/1 диагностирован как *Palaeophis* cf. *nessovi* Averianov, 1997 по следующим признакам: остистый отросток берет начало за краем зигосфена и продолжается по всей длине невральной дуги, передняя суставная поверхность имеет овальную форму, ее ширина немного больше ширины неврального канала, презигапофизы располагаются под углом к дорсальной поверхности тела позвонка, имеются субцентральный гребни, субцентральный отверстия расположены асимметрично.

Характерные для позвонка ИЭРЖ 897/400 выпуклый зигосфен, берущий начало от его переднего края остистый отросток и расположение презигапофизов на уровне дна нервного канала и параллельно ему не позволяют нам однозначно отнести его к роду *Palaeophis* Owen, 1841. В свою очередь, утрата птеропофизов и повреждение остистого отростка наряду с отсутствием парадиапофизов не позволяют нам отнести позвонок и к роду *Pterosphenus* Lucas, 1898. Таким образом, позвонок ИЭРЖ 897/400 диагностирован как *Palaeophiinae* indet.

Для проведения кладистического анализа необходимо было установить положение позвонков в составе позвоночного столба. Проведено сравнение морфометрических показателей – длина тела позвонка, ширина передней суставной поверхности, расстояние между краями презигапофизов, ширина зигосфена (Averianov, 1997) – исследуемых позвонков с таковыми для *Palaeophis nessovi* Averianov, 1997 (Снетков, 2011). Сравнение выполнено в пакете PAST посредством применения анализа главных компонент (PCA) (Hammer et al., 2001). В результате позвонок ИЭРЖ 2409/1 попал в область, соответствующую средне- туловищному отделу. Позвонок ИЭРЖ 897/400 занял положение на границе областей, соответствующих переднему и среднему участкам туловищного отдела. Основываясь на морфологии и результатах PCA, определена принадлежность образца ИЭРЖ 897/400 к началу средне- туловищного отдела.

На основе матрицы морфологических характеристик, включающей 29 признаков (Снетков, 2011), в программе TNT выполнен кладистический анализ (см. рис.).

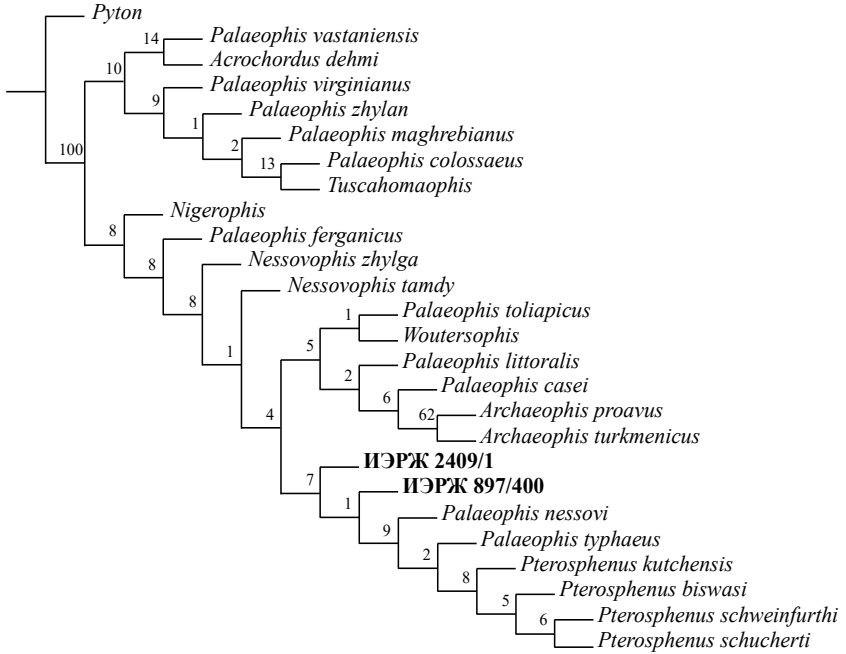


Рисунок. Филогенетическое положение образцов ИЭРЖ 2409/1 и ИЭРЖ 897/400. В узлах указаны степени поддержки.

Образцы ИЭРЖ 2409/1 и ИЭРЖ 897/400 заняли положение в ветви, объединяющей представителей рода *Pterosphenus*, к которому принадлежат виды с сильно выраженными адаптациями к водному образу жизни, и наиболее прогрессивных представителей рода *Palaeophis*. Низкая степень поддержки выделенных клад обусловлена, с одной стороны, наличием значительных повреждений ископаемых остатков, что не позволяет дать полноценную характеристику материала. С другой стороны, трудности филогенетического анализа ископаемых морских змей, в том числе семейства *Palaeophiidae*, заключаются в наличии описаний только изолированных позвонков, тогда как высокий уровень их изменчивости внутри позвоночного столба может приводить к ошибкам в определении и появлению невалидных таксонов.

На основании вышесказанного можно заключить, что позвонок ИЭРЖ 2409/1 дополняет представления об ископаемой летописи местонахождения Белая Скала; позвонок ИЭРЖ 897/400 представляет собой первую находку морских змей в эоцене Западной Сибири и является самой северной точкой распространения морских змей в Азии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Т.П. Малышкиной (ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург) и П.А. Косинцеву (ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург) за участие в обсуждении результатов исследования, а также сотрудникам Музея ИЭРиЖ УрО РАН за предоставленную возможность работы с материалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ахметьев М.А.* Проблемы стратиграфии и палеогеографии палеогена средних широт Центральной Евразии // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 10. С. 1367–1387.
- Несов Л.А.* Палеогеновые морские змеи как показатели особенностей водных масс на востоке океана Тетис // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология, География. 1995. Вып. 2. № 14. С. 3–9.
- Снетков П.Б.* Позвонки морских змей *Palaeophis nessoivi* Averianov (Acrochordoidea, Palaeophiidae) из эоцена Западного Казахстана и филогенетический анализ надсемейства Acrochordoidea // Палеонтологический журнал. 2011. № 3. С. 66–74.
- Снетков П.Б., Банников А.Ф.* Позвонки морских змей из эоцена Крыма // Палеонтологический журнал. 2010. № 6. С. 97–100.
- Averianov A.O.* Paleogene Sea Snakes from the Eastern Part of Tethys // Russian Journal of Herpetology. 1997. Vol. 4. № 2. P. 128–142.
- Hammer O., 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.
- Rage J.-C., Bajpai S., Thewissen J.G.M., Tiwari B.N.* Early Eocene snakes from Kutch, Western India, with a review of the Palaeophiidae // Geodiversitas. 2003. Vol. 25. P. 695–716.
- Zvonok E.A., Snetkov P.B.* New findings of snakes of the genus *Palaeophis* Owen, 1841 (Acrochordoidea, Palaeophiidae) from the Middle Eocene of Crimea // Proceedings of the Zoological Institute RAS. Vol. 316. № 4. 2012. P. 392–400.

DOI: [10.5281/zenodo.10039315](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039315)

Влияние муравьев на встречаемость божьих коровок (Coleoptera, Coccinellidae) Среднего Урала

А.И. Тимченко

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: муравьи, кокцинеллиды, сообщество, совместная встречаемость

Для изучения закономерностей функционирования экосистем необходимо выявить особенности взаимодействия их наиболее значимых компонентов в естественных условиях. Одним из таких компонентов являются муравьи, поскольку они обладают большой численностью и экологической пластичностью (Захаров, 2015; Новгородова, 2005). Одним из важнейших элементов экологии муравьёв является их симбиотические отношения с тлями (трофобиоз) – муравьи получают от них богатые углеводами выделения (падъ), в свою очередь, ухаживая за ними и защищая их от хищников, специализированных на поедании тлей (афидофагов), например, представители сем. Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae (Длусский, 1967; Захаров, 2015; Новгородова, 2005; Новгородова, Гаврилюк 2007, 2013; Новгородова, Рябинин 2015).

Наиболее экологически значимым из перечисленных хищников нам представляется семейство Coccinellidae, поскольку оно весьма многочисленно и разнообразно: на Среднем Урале встречается 25 видов (Тюмасева, 2013), почти все они специализированные афидофаги. Кроме того, божьи коровки известны своей исключительной прожорливостью, как на стадии имаго, так и на личиночной стадии (Тюмасева, 2013). Можно предполагать, что колонии тлей, разводимых муравьями, будут привлекать кокцинеллид, а муравьи, в свою очередь, будут стараться их отогнать, защищая тлей. Однако многие аспекты этих взаимодействий до сих пор остаются мало изученными как на уровне отдельных видов, так и целых сообществ. В целом такие взаимодействия между разными группами насекомых представляют большой интерес для изучения экологии сообществ. Таким образом, **цель** нашей работы – изучить особенности взаимосвязи видов муравьёв и божьих коровок в различных биоценозах Среднего Урала. Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить видовой состав и численность муравьёв .
2. Изучить видовой состав и численность кокцинеллид.
3. Проанализировать их совместную встречаемость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами был проведён 41 учёт в четырёх локалитетах на территории Свердловской области: окрестности биостанции УрФУ, ПП «Чёртово Городище», п. Горный Щит, ООПТ «Висимский государственный биосферный заповедник». Полевые работы проводились в течение всего сезона активности кокцинеллид (Гюмасева, 2013) на луговых биотопах с июня по август во всех локалитетах, примерно с 14:00. Насекомые были собраны методом энтомологического кошения, 100 взмахов на один учёт. Всего было собрано 1711 особей муравьёв, относящихся к 17 видам и 101 особь кокцинеллид, относящихся к 9 видам. Виды муравьёв были установлены по определителям Г.М. Длусского (1967), А.Г. Радченко (1994), божьи коровки – по определителям В.Ф. Хабибуллина (2011), А.О. Беньковского (2020).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По материалам наших сборов, сообщество муравьёв на исследуемой территории включает в себя 4 основных вида: *Lasius niger* (Linnaeus, 1758) (62% от всех особей), *Formica pratensis* (Retzius, 1783) (14%), *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846) (7%) и *Formica fusca* (Linnaeus, 1758) (5%). Прочие виды редки. При этом только *F. pratensis* и *L. niger* являются облигатными доминантами и имеют охраняемую территорию, существенно снижая на ней численность других видов муравьёв. *M. ruginodis* и *F. fusca* являются субдоминантами, и появляются на территории доминантных видов имеют низкую численность (Захаров, 2015). Важно, что разные виды муравьёв демонстрируют разную степень связи с тлями. Черный садовый муравей *L. niger* имеет более простую организацию трофобиоза, в частности, этот вид не занимается охраной их колонии от хищников-афидофагов и посещает только для сбора пади; луговой муравей *F. pratensis* находится на колониях тлей постоянно и охраняет их от хищников, в том числе и от кокцинеллид (Новгородова 2007; 2013).

Сообщество кокцинеллид представлено преимущественно видом *Coccinella quatuordecimpustulata* (Linnaeus, 1758) (59% от всех особей), встречаются также *Psyllobora vigintidoupunctata* (Linnaeus, 1758) (14%) и *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758) (13%). Важно отметить, что *P. vigintidoupunctata* является мицетофагом и не охотится на тлю, поэтому прямого взаимодействия между муравьями и этим видом не происходит (Гюмасева, 2013). Следует отметить, что обычно самая массовая на Среднем Урале божья коровка *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) представлена в сборах весьма скудно – 6% от всех пойманных особей кокцинеллид. Более того, численность всех видов божьих коровок в наших сборах не велика.

Совместная встречаемость. В общем виде совместная встречаемость муравьев и кокцинеллид приведена в таблице 1. Видно, что более чем в 90% случаев божьи коровки отмечаются вместе с муравьями. При этом муравьи достаточно часто встречаются и без коровок. Интересно отметить также, что нет ни одного случая, когда бы не было ни тех, ни других.

Таблица 1. Совместная встречаемость муравьёв и кокцинеллид

Сравниваемые группы		Кокцинеллиды	
		ЕСТЬ	НЕТ
Муравьи	ЕСТЬ	24	15
	НЕТ	2	0

Показатели совместной встречаемости разных видов муравьев и божьих коровок приведено в таблице 2. Максимальное число встреч божьих коровок приходится на чёрного садового муравья *L. niger*.

L. niger – экологически пластичный, доминантный вид, имеет широкий спектр трофобиотических связей с тлями (Новгородова, 2015). Известно, что коровки могут специализироваться на определенных видах тлей (Тюмасева, 2013), поэтому и число видов кокцинеллид, встреченных вместе с *L. niger*, выше, чем с другими видами муравьев (табл. 2). Кроме того, он не способен обеспечить высокий уровень защиты для колоний своих симбионтов, что делает их удобной добычей для божьих коровок (Новгородова, 2015). Чаще всего они встречаются с *C. quatuordecimpustulata* (табл. 2). Другие коровки также отмечаются в местах обитания *L. niger*, но встречаются заметно реже (см. табл. 2).

Другой многочисленный вид *F. pratensis*, облигатный доминант, гораздо лучше защищает свои колонии тлей от афидофагов, в том числе и от божьих коровок (Новгородова, 2007). В этом случае доступность основного кормового ресурса кокцинеллид снижается. Из таблицы 2 видно, что божьи коровки реже посещают территорию лугового муравья, хотя и не оставляют её полностью.

Другие виды муравьёв, например, виды рода *Myrmica* и *Camponotus*, а также недоминантные виды *Formica* имеют меньшую численность, их колонии тлей малочисленны и включают меньшее количество видов (Новгородова, 2015). Широта спектров их связей и число встреч с кокцинеллидами заметно меньше, чем у доминантного вида *L. niger*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обследованных локалитетах обнаружено 9 видов кокцинеллид и 15 видов муравьёв. Среди кокцинеллид доминирует *C. quatuordecimpustulata*, *P. quatuordecimpunctata* и *P. vigintiduopunctata*. Со-

общество муравьёв представлено доминантными видами *L. niger* и *F. pratensis*, субдоминантами выступают *M. ruginodis*, *M. rubra*, *F. fusca*.

Анализ совместной встречаемости божьих коровок и муравьёв в травостое показал, что среди видов кокцинеллид в наибольшей степени тяготение к муравьям проявляет *C. quatuordecimpustulata*, встречаясь преимущественно с *L. niger*. Другие божьи коровки встречаются вместе с муравьями реже вследствие их низкой численности, но они практически не попадают отдельно от них.

Таблица 2. Число встреч муравьёв и кокцинеллид разных видов

	<i>Coccinula</i> <i>14-pustulata</i>	<i>Semidalia</i> <i>notata</i>	<i>Hyppodamia</i> <i>13-punctata</i>	<i>Psyllobora</i> <i>22-punctata</i>	<i>Propylea</i> <i>14-punctata</i>	<i>Coccinella</i> <i>7-punctata</i>	<i>C. 5-punctata</i>	<i>Tytthopsis</i> <i>sedecimpunctata</i>	<i>Hyperopsis</i> <i>repensis</i>	СУММА
<i>Camponotus saxatilis</i>	2				2	1	1			6
<i>C. herculeanus</i>										
<i>Formica pratensis</i>	6			1	1	1			1	10
<i>F. rufa</i>						1				1
<i>F. polyctena</i>	1									1
<i>F. rufibarbis</i>	5			1	3	1	1			11
<i>F. truncorum</i>										
<i>F. sanguinea</i>	1				1	1	1			4
<i>F. fusca</i>	10			2	4	1	1		1	19
<i>F. picea</i>	1									1
<i>Lasius niger</i>	13	1	1	4	5	3	2	1	1	31
<i>Myrmica rubra</i>	5	1	1	2	2			1		12
<i>M. ruginodis</i>	7	2	1	4	1	2		1	1	19
<i>M. lobicornis</i>	1			1						2
СУММА	52	4	3	15	19	11	6	3	4	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беньковский А.О. Определитель божьих коровок (Coleoptera, Coccinellidae) европейской части России и Северного Кавказа. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2020. 140 с.
- Длусский Г.М. Муравьи рода формика. М.: Наука, 1967. 236 с.
- Захаров А.А. Муравьи лесных сообществ, их жизнь и роль в лесу. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2015. 404 с.

- Новгородова Т.А.* Влияние рыжих лесных муравьёв на многовидовые комплексы тлей в рекреационных лесах Новосибирска // Евразийский энтомологический журнал, 2005. Т. 4. № 2. С. 117–120.
- Новгородова Т.А., Гаврилюк А.В.* Эффективность защиты тлей от энтомофагов муравьями разных видов // Доклады Академии наук. 2007, Т. 417. № 3. С. 427–429.
- Новгородова Т.А., Гаврилюк А.В.* Как избежать агрессии муравьёв: некоторые особенности поведения афидофагов // Труды Русского энтомологического общества. 2013. Т 84 (2). С. 80–87.
- Новгородова Т.А., Рябинин А.С.* Трофобиотические связи муравьёв (Hymenoptera, Formicidae) и тлей (Homoptera, Aphidomorpha) в Южном Зауралье // Известия Саратовского Университета. 2015. Т. 15. № 2. С. 98–107.
- Радченко А.Г.* Определительная таблица муравьёв рода *Murgisa* (Hymenoptera, Formicidae) центральной и восточной палеарктики // Зоологический журнал. 1994. Т. 73. № 7. С. 130–144.
- Тюмасева З.И.* Кокцинелиды Урала и сопредельных территорий. Челябинск: Издательство Челябинского государственного педагогического университета, 2013. 248 с.
- Хабибуллин В.Ф., Муравицкий О.С.* Атлас-определитель кокцинелид (божьих коровок) (Coleoptera: Coccinellidae) и жуков-листоедов (Coleoptera: Chrysomelidae) Башкортостана: учебное пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2011. 131 с.

DOI: [10.5281/zenodo.10039339](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039339)

Изменение характеристик биотопа за 10 лет послерубочной сукцессии на месте ельника черничного с сохранением *Populus tremula* L.

Д.С. Трошин¹, Д.М. Мирин²

¹Череповецкий государственный университет, г. Череповец

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: вырубка, осина, ельник черничный

При осуществлении рубок главного пользования возникает проблема целесообразности вырубки осины (*Populus tremula* L., 1753) для заготовки ее древесины (Багаев и др., 2016). С осиной связано высокое разнообразие специфических видов (например: *Funalia trogii*; *Perenniporia tenuis*; *Polyporus pseudobetulinus*; *Lobaria pulmonaria*; *Orthotrichum gymnostomum* и др.). Данная древесная порода способствует сохранению лесной среды, что позволяет остаться популяциям лесных видов и повышает скорость восстановления лесного сообщества. Положительный экологический эффект от сохранения осины в совокупности с затратами на ее утилизацию приводит к нецелесообразности вырубке осины при рубках в ельниках (Залесов и др., 2015; Gustafsson et al., 2012).

Цель работы – описать изменение биотопа и спектра эколого-ценотических групп в травяно-кустарничковом ярусе в течение десяти лет послерубочной сукцессии на месте ельника черничного с сохранением осины. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие **задачи**: 1) описать изменение эколого-ценотической структуры растительных сообществ в ходе послерубочной сукцессии на месте ельников черничных; 2) оценить экологические условия исследуемых территорий с использованием экологических шкал. В данном исследовании описывается базовое изменение растительности, ее эколого-ценотической структуры и оцененной по растительности освещенности, влажности и богатства почвы в течение 10 лет поле рубки, чтобы можно было в дальнейшем сравнить эти процессы на участках вырубок без оставления деревьев и с разными формами оставления осины.

Закладка пробных площадей ельников-черничных с различными показателями рубок была проведена на территории Бабаевского района Вологодской области, на 48 пробных площадях, из которых 36 – вырубки и 12 – прилегающий лес. Площадь отдельных геоботанических описаний составила 100 м². Были выбраны территории, на которых тех-

нология сплошнолесосечных рубок выполнялась с оставлением на корню спелой и перестойной осины. Исследование проводилось в период с уже полностью сформированным растительным покровом – со второй половины июня по начало июля 2021 года. Были исследованы свежие вырубki и вырубki давностью 3, 5, 10 лет. Для анализа полученных данных были использовали попарное сравнение выборок по средним показателям, ранговый тест Краскела-Уоллиса и тест множественных сравнений на основе критерия Фишера.

В ходе исследования были получены следующие результаты. Богатство почвы основаниями, азотом и рН почвы на 3–10-летних вырубках выше, чем в исходном лесу на основании экологических шкал (Раменский и др., 1956; Ellenberg et al., 1974). Влажность почвы начинает возрастать через 5 лет, на 10-летних вырубках сильно проявляются процессы заболачивания. С течением времени наблюдается прогрессивное ухудшение состояния оставшихся деревьев на вырубках различной давности. У особой *Picea abies*, входящих в состав оставленных куртин деревьев, отчетливое ухудшение жизненного состояния начинается через 3 года после рубки, и через 10 лет все деревья переходят в состояние сухостоя. Из-за прямых солнечных лучей особи ели европейской сильно выгорают, что является главной причиной ухудшения жизненного состояния. Снижение жизненного состояния *Populus tremula* становится заметным лишь спустя 5 лет после вырубki, и к десяти годам после проведения лесозаготовительных мероприятий количество живых деревьев значительно уменьшается. Возобновление древостоя в первые годы после рубки с оставлением *Populus tremula* происходит преимущественно осинкой, только через 10 лет увеличивается количество подрастающих других пород, в том числе и *Picea abies*. Подлесок разрастается к 3–5 годам после рубки. Изменения спектра эколого-ценотических групп растений травяно-кустарничкового яруса отражают изменение биотопа. В процессе сплошных рубок с сохранением спелой и перестойной осины происходит нарушение живого напочвенного покрова и изменение растительных сообществ. Виды лесных эколого-ценотических групп хотя и снижают свое разнообразие и обилие на вырубках, но полностью не исчезают, их доля в структуре живого напочвенного покрова на участках с оставленной осинкой заметно выше. Разрушение большей части оставленного на вырубке древостоя к 10 году послерубочной сукцессии для условий существования травяно-кустарничкового яруса отчасти компенсируется выросшим к этому моменту кустарником и подростом деревьев. На 10-летних вырубках на месте исходно незаболоченных ельников черничных заметное участие в травяно-кустарничковом ярусе принимают болотные виды. Эпифиты осины, включая *Neckera pennata*, сохраняются на таких вырубках вплоть до 10 лет после рубки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багаев С.С., Багаев Е.С., Дудин В.А.* Об оставлении на корню перестойной осины при проведении сплошных рубок в смешанных древостоях // Лесохозяйственная информация. 2016. № 3. С. 107–114.
- Залесов С.В., Белов Л.А., Ведерников Е.А. и др.* К вопросу о целесообразности уборки деревьев осины при заготовке древесины в спелых и перестойных еловых насаждениях // Актуальные проблемы лесного комплекса. Вып. 43. Брянск: БГИТУ, 2015. С. 17–19.
- Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижикова О.Н., Антипин Н.А.* Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.
- Ellenberg H.* Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze, 1974. 97 pp.
- Gustafsson L, Baker S.C., Bauhus J. et al.* Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective // BioScience. 2012. Vol. 62. № 7. P. 633–645.

DOI: [10.5281/zenodo.10039349](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039349)

Проверка гипотез о различии синдромов строения корней однодольных растений в связи с таксономической принадлежностью

Д.Е. Тукова, Ю.И. Осипенко

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: Poaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Amaryllidaceae, синдромы строения корней

Большинство исследований, направленных на составление систематики и филогенетических систем растений, ориентированы на их генеративные признаки. Однако к таксономически специфичным признакам относят и строение вегетативных органов. Рассматривая признаки строения подземных органов, отмечено, что филогенетические группы растений могут иметь различные тип и архитектуру корневой системы и специфичность симбиозов (Bouda et al., 2018). На сегодняшний день актуальность ризологических исследований строится на рассмотрении не отдельных признаков, а их совокупности, то есть корневых синдромах.

Настоящая работа является продолжением и обобщением исследования А.А. Бетехтиной и др. (2003) о различиях синдромов строения корней однодольных растений в связи с микоризным статусом и таксономической принадлежностью. **Гипотезы** работы – поглощающие корни растений семейства Amaryllidaceae имеют определенную степень таксономической специфичности по сравнению с исследованными ранее представителями семейств Poaceae, Cyperaceae, Orchidaceae, Iridaceae и обладают набором признаков (синдромов), свойственным микоризным растениям. **Цель работы** – проверить справедливость предположений о связи синдромов строения корней с таксономической принадлежностью растений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Корневые системы вместе с надземными частями для идентификации видов отобраны на территории г. Екатеринбург и его окрестностей в период цветения. Всего проанализировано 68 видов среди пяти семейств однодольных. В работе использованы стандартные методы структурной ботаники. Регистрировали: число порядков ветвления корней; длину корневых волосков; диаметр корня; диаметр стелы; число сосудов первичной ксилемы; толщину паренхимы; число слоев кле-

ток в паренхиме; число слоев клеток в экзодерме; толщину коры, мкм; парциальный объем стелы; интенсивность микоризации.

Различия признаков у однодольных растений из разных семейств оценивали с помощью ANOVA (F) и непараметрического критерия Краскела–Уоллиса (H). Учетная единица в работе – вид. Континуальные переменные перед проведением факторного анализа трансформировали для достижения большего соответствия нормальному распределению: значения размерных и счетных признаков логарифмировали с использованием натурального логарифма; значения признаков, выраженных в долях, подвергали арксинус-трансформации.

Выделены ключевые информативные признаки с помощью факторного анализа методом главных компонент: число порядков ветвления корней, длина корневых волосков, диаметр корня, число слоев экзодермы, интенсивность микоризации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растения пяти семейств однодольных значительно различались по числу порядков ветвления корневой системы (рис. 1). Минимальное – два, максимальное – пять. Два порядка ветвления чаще встречалось у представителей семейства Orchidaceae, пять зафиксировано у видов семейств Cyperaceae и Amaryllidaceae.

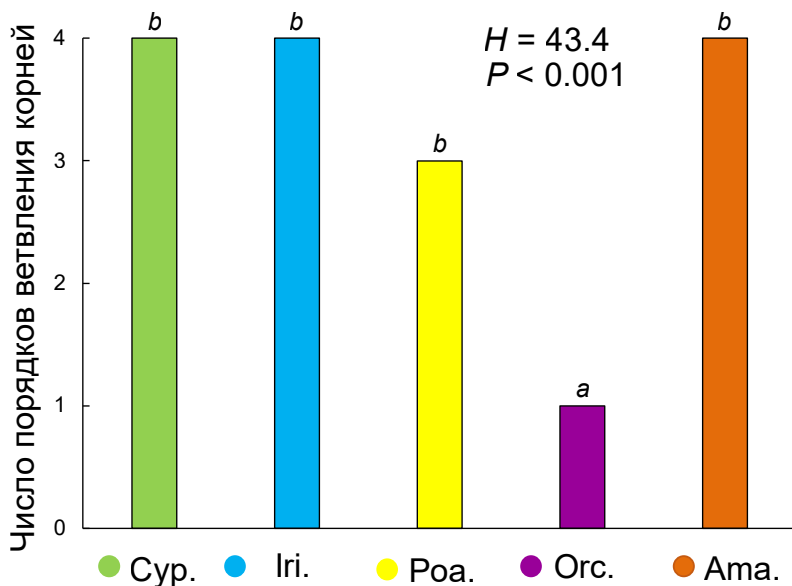


Рисунок 1. Число порядков ветвления корней у однодольных растений пяти семейств.

Диаметр корня, как интегральный признак, является самым распространенным показателем. Наибольший средний диаметр (2370 мкм) установлен у микогетеротрофных орхидей, а наименьший (78 мкм) у осок. Как правило, слабое ветвление корней часто связывают с их большими поперечными размерами (Comas et al., 2014), в нашем случае, у орхидных, слабое ветвление и диаметр корня большой (рис. 2).

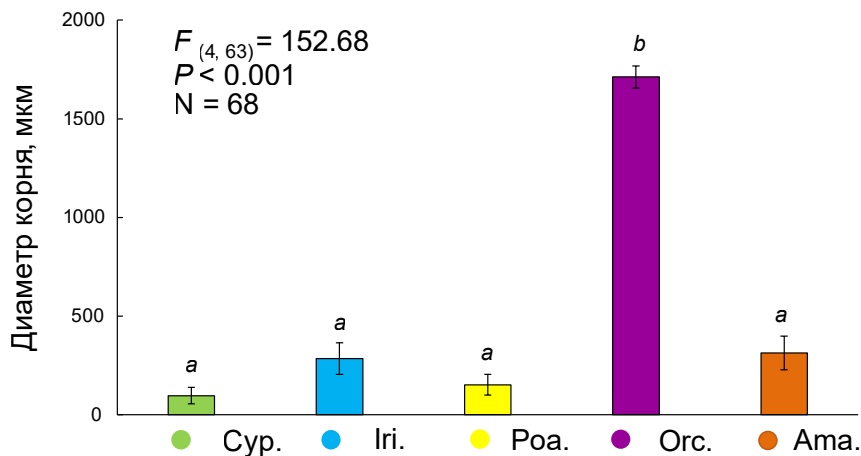


Рисунок 2. Диаметр корня у однодольных растений пяти семейств.
 Размах – стандартная ошибка.

Известно, что сильное разрастание коры требует усиления механической ткани – экзодермы. В свою очередь, экзодерма поддерживает форму толстых корней, удерживает воду в тканях. Наибольшее количество слоев экзодермы принадлежит представителям Iridaceae с толстой корой и крупным размером корня (рис.3).

Длина корневых волосков обычно связана с увеличением площади поглощающей поверхности соприкосновения с почвой, позволяя исследовать большие объемы почвы. Самые длинные корневые волоски отмечены у семейств Cyperaceae и Orchidaceae, короткие – у Poaceae. Наличие длинных волосков у осоковых компенсирует их слабую связь с АМ (рис.4).

Различия в интенсивности микоризации статистически значимы среди представленных семейств однодольных. Пять семейств объединяются в три контрастные группы: Orchidaceae с особым типом микоризы с базидиальными грибами; Cyperaceae с редкой или случайной арбускулярной микоризой; Iridaceae Poaceae Amaryllidaceae с типичной арбускулярной микоризой. Обилие микоризы между семействами сильнее всего различалось между Cyperaceae и Amaryllidaceae в 40 раз (рис. 5).

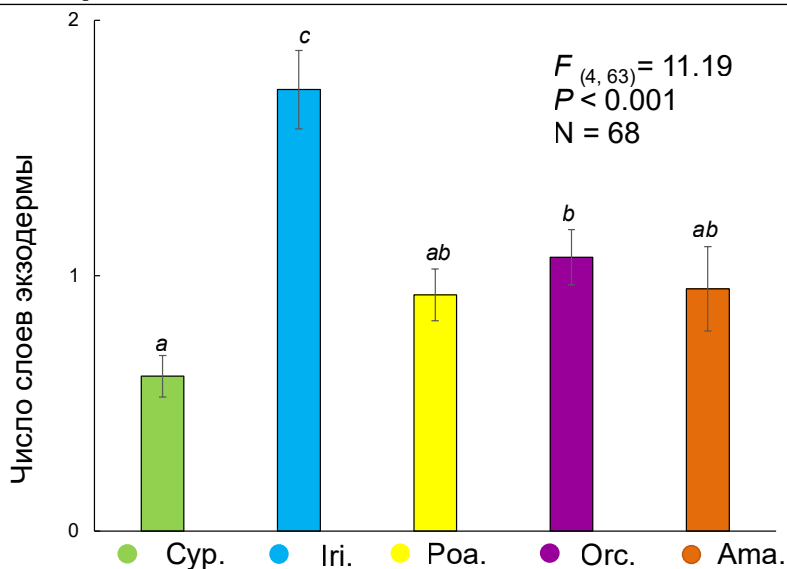


Рисунок 3. Число слоев экзодермы у однодольных растений пяти семейств, мкм. Размах – стандартная ошибка

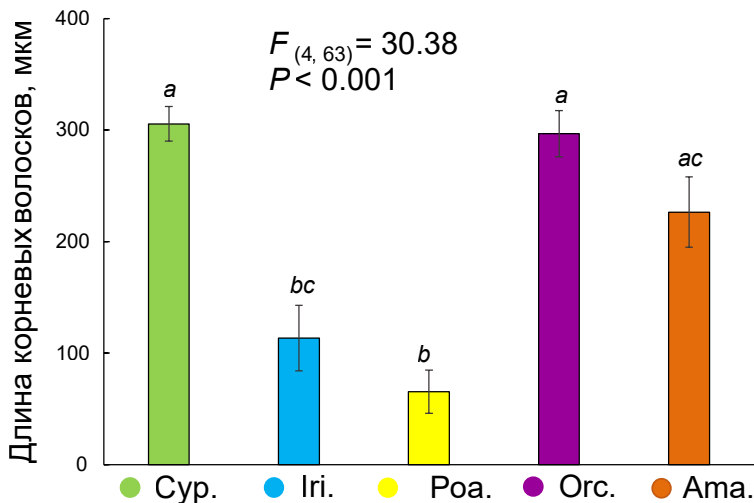


Рисунок 4. Длина корневых волосков у однодольных растений пяти семейств, мкм. Размах – стандартная ошибка.

Зарегистрирован отличительный признак поглощающих корней только у семейства Amargyllidaceae – развитие аэренхимы в первичной коре. Ее наличие в корнях, как правило, связывают с адаптацией растений к условиям затопления (Visser et al., 2000).

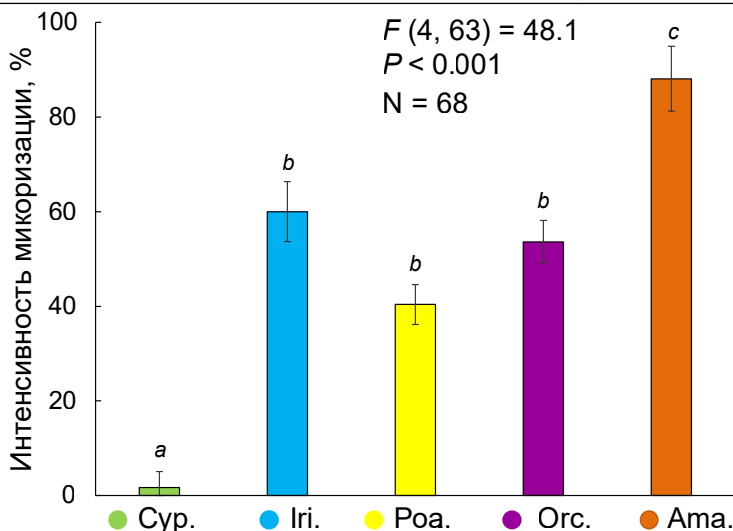


Рисунок 5. Интенсивность микорризации у однодольных растений пяти семейств, мкм. Размах – стандартная ошибка

При выделении синдромов строения корней для каждого семейства мы ориентировались на признаки, которые были в экстремуме. Отмечены следующие выраженные синдромы: Сурегасеае имели хорошо разветвленные тонкие корни с длинными корневыми волосками с редкой и мало обильной АМ. Iridaceae имели относительно толстые разветвленные корни с развитой экзодермой и АМ. Корни Poaceae не имели какого-либо специфического или экстремального признака. Orchidaceae имели неветвящиеся толстые корни с уникальным типом микорризы. Amaryllidaceae имели разветвленные корни с развитой АМ и длинными корневыми волосками и аэренхиму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые установлены синдромы строения корней пяти семейств однодольных растений Среднего Урала. Их специфичность означает, что виды этих семейств используют разные стратегии получения воды и питательных веществ, включая в эти стратегии разные симбиотические взаимодействия. Установленные закономерности важны для понимания изменчивости корневых признаков у представителей разных таксонов, произрастающих в пределах одного сообщества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Betekhtina A.A., Tukova D.E., Veselkin D.V. Root structure syndromes of four families of monocots in the Middle Urals // *Plant Diversity*. 2023. in press.

- Bouda M., Brodersen C., Saiers J.* Whole root system water conductance responds to both axial and radial traits and network topology over natural range of trait variation // *Journal of Theoretical Biology*. 2018. Vol. 456. P. 49–61.
- Comas L.H., Callahan H.S., Midford P.E.* Patterns in root traits of woody species hosting arbuscular and ectomycorrhizas: implications for the evolution of belowground strategies // *Ecology and evolution*. 2014. Vol. 4. № 15. P. 2979–2990.
- Visser E.J. W. et al.* Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation // *The New Phytologist*. 2000. Vol. 148. № 1. P. 93–103.

DOI: [10.5281/zenodo.10039373](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039373)

Динамика населения пауков-хортобионтов степей Троицкого заказника

А.Л. Устинова, Р.В. Ефимов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: пауки, травостой, сезонная динамика, суточная динамика

Травостой умеренных широт, как отмечает А.В. Логунов (1997), самый богатый по населению ярус. В нем присутствуют представители разных групп беспозвоночных животных. Население травостоя характеризуется наибольшей подвижностью, по сравнению с другими ярусами. Пауки (Aranei) – наиболее характерные и многочисленные представители хищников в травостое. Именно они регулируют численность насекомых, а иногда и других беспозвоночных. Суточная активность пауков подстраивается под динамику их жертв.

Первые работы по динамике численности пауков-хортобионтов Троицкого заказника были выполнены Н.С. Ажегановой в период с 1941 по 1949 гг. и носили характер кратких заметок. В них отмечались лишь пики численности пауков-хортобионтов для разных биотопов заказника и некоторые особенности их фенологии. Динамика численности хортобионов неоднократно изучалась в другом ООПТ Челябинской области – Ильменском заповеднике. Однако эти работы в большинстве случаев описывают наиболее общие сведения о динамике всего хортобионтного комплекса, либо сосредоточены на анализе динамики насекомых. Сведения о динамике пауков немногочисленны и не детализированы.

Цель исследования: изучение сезонных и биотопических особенностей структуры населения пауков травостоя, на примере двух участков степей Троицкого государственного природного комплексного заказника (Челябинская область).

Задачи исследования:

1. Оценка численности и описание таксономического состава пауков на модельных степных площадках;
2. Описание суточной и сезонной динамики численности пауков травостоя;
3. Проверка гипотезы о наличии прямой зависимости между численностью хортобионтных пауков и температурой воздуха в травостое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В период с 6 по 29 июня 2021 года методом кошения сачком были проведены учеты динамики численности пауков-хортобионтов на двух модельных участках степи в Троицком государственном природном комплексном заказнике (Челябинская область): разнотравно-ковыль-ная и кустарниковая (лох серебристый) степи.

Всего было взято 84 пробы с двух пробных площадок в дневное и вечернее время. Объем пробы с одной площадки составлял 250 взмахов (5 повторов по 50 взм.) Единицей оценки численности пауков является количество экземпляров на 100 взмахов (экз./100 взм.).

Статистическая обработка данных была проведена в программе PAST 4.13 (Hammer et al., 2001). При сравнении динамики численности пауков двух модельных площадок были использованы U -критерий Манна-Уитни и тест Краскела-Уоллиса, при анализе зависимости численности пауков от температуры – коэффициент регрессии Фишера (F). Для оценки качества регрессионных моделей были рассчитаны коэффициент детерминации (R^2) и информационный критерий Акаике (AIC). График сезонной динамики численности пауков построен в программе Microsoft Office Excel, аппроксимация выполнена полиномом 6 степени.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В разнотравно-ковыльной степи за все время учетов было собрано 5920 экземпляров пауков, в кустарниковой степи – 3609 экземпляров. Среднее количество пауков в пробах дневных и вечерних учетов на двух площадках представлено в табл. 1.

Таблица 1. Средняя численность пауков-хортобионтов (экз./100 взм.) в степях днем и вечером

Биотоп	День	Вечер
Разнотравно-ковыль-ная степь	1.19±0.59	1.31±0.53
Кустарниковая степь	0.63±0.34	0.78±0.31

Сезонная динамика численности пауков на площадках в целом имеет сходную структуру с тремя пиками (рис. 1). Однако, сравнение средней численности в дневное время U -критерием Манна-Уитни показало наличие значимых отличий ($U = 99, p = 0.002$) между двумя площадками. Средняя численность в вечернее время также значимо отличается ($U = 85, p = 0.006$). Проверка результата тестом Краскела-Уоллиса показала наличие статистически значимых различий между дисперсиями численности пауков на обоих модельных площадках как днем, так и вечером ($H = 9.34, p = 0.002; H = 11.62, p = 0.006$, соответственно).

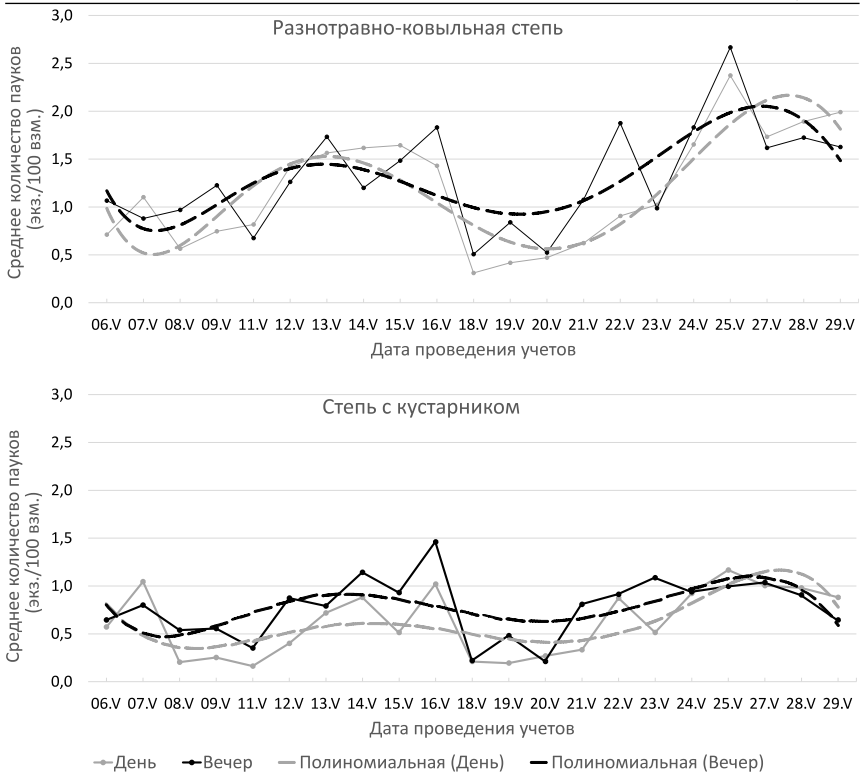


Рисунок 1. Сезонная динамика численности (экз./100 взм.) пауков-хортобионтов в дневное и вечернее время на двух модельных площадках.

Полученные результаты согласуются с данными Н.С. Ажегановой (1951), которая отмечала, что наибольшее число видов пауков в Троицком заказнике встречается на участках разнотравно-ковыльной степи.

Численность пауков-хортобионтов в дневные и вечерние периоды не имеет статистически значимых различий по дисперсии выборок ($H = 0.55$, $p = 0.46$ – разнотравно-ковыльняная степь; $H = 1.68$, $p = 0.19$ – степь с кустарником). Температура воздуха в травостое значительно различаются в дневной и вечерний периоды учетов ($H = 26.85$, $p \ll 0.001$ – разнотравно-ковыльняная степь; $H = 29.94$, $p \ll 0.001$ – степь с кустарником).

Среднее количество пауков в пробах имеет слабую зависимость от температуры (табл. 2). В трех случаях наблюдаются статистически значимые, но слабые коэффициенты регрессии. Исключение составляют вечерние учеты пауков в кустарниковой степи. Характер зависимости лучше всего описывается регрессионными моделями 2 степени (рис. 2). Но они описывают не более 45% от общей дисперсии численности пауков.

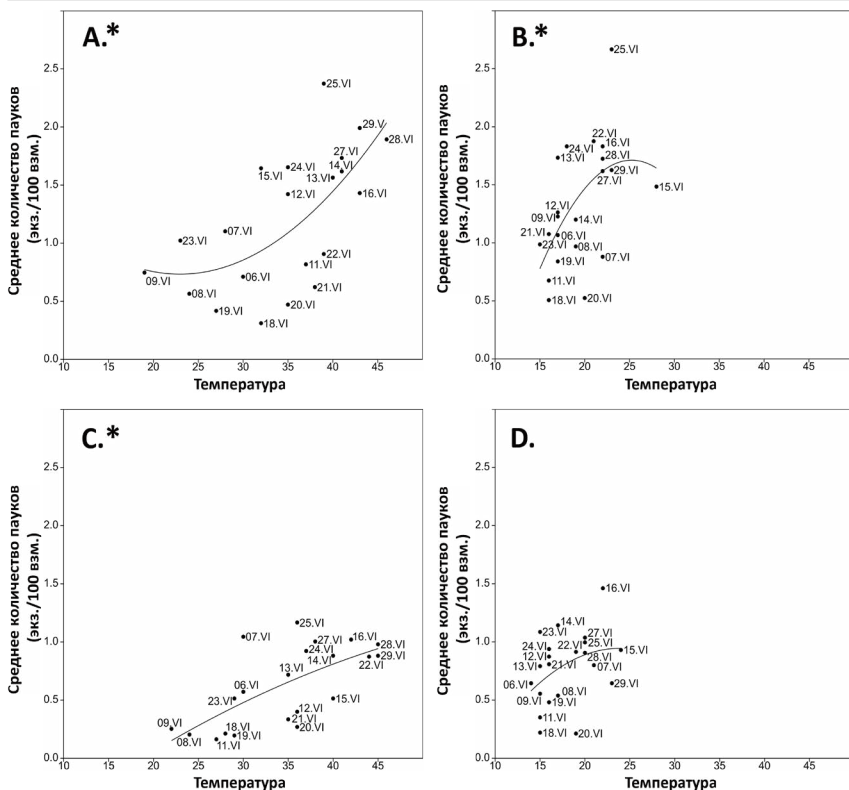


Рисунок 2. Графики зависимости численности пауков-хортобионтов от температуры травостоя: днем (А, С) и вечером (В, D) в разнотравно-ковыльной (А, В) и кустарниковой (С, D) степи. Примечание: * – значимый коэффициент регрессии по критерию Фишера при $P \leq 0.05$.

Таблица 2. Зависимости численности пауков-хортобионтов от температуры травостоя

Биотоп	День			Вечер		
	<i>F</i>	<i>R</i> ²	<i>AIC</i>	<i>F</i>	<i>R</i> ²	<i>AIC</i>
Разнотравно-ковыльная степь	6.19*	0.41	11.54	3.886*	0.30	11.39
Степь с кустарником	7.26*	0.45	8.72	1.53	0.14	9.07

Примечание. *F* – коэффициент регрессии по критерию Фишера, *R*² – коэффициент детерминации, *AIC* – информационный критерий Акаике, * – значимый коэффициент при $P \leq 0.05$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружены статистически значимые различия численности пауков-хортобионтов на двух модельных площадках: разнотравно-ковыльной и кустарниковой степи. Численности пауков в дневное и вечернее время статистически значимо не различаются. Численность пауков травостоя положительно коррелирует с температурой травостоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ажеганова Н.С.* К фауне пауков Троицкого лесостепного заказника // Известия Естественно-Научного Института при Молотовском Государственном университете 1951. Т. 8. № 2–3. С. 137–156.
- Логунов А.В.* Структурно-функциональная организация сообществ хортобионтных беспозвоночных в Ильменском заповеднике // Успехи энтомологии на Урале. Екатеринбург, 1997. С. 138–141.
- 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.

DOI: [10.5281/zenodo.10039388](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039388)

Оценка фолликулогенеза у мышевидных грызунов: метод Цукермана

К.Я. Чаринцева, Т.Н. Орехов

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

Ключевые слова: яичник, фолликул, ооцит, формула Аберкромби, рыжая полевка

Фолликул – структурный компонент яичника, состоящий из ооцита, окруженного одним или несколькими слоями фолликулярных клеток, размер которого определяет стадию зрелости ооцита. Фолликулогенез – основной гистогенетический процесс яичников, который представляет собой циклическое созревание ооцитов и фолликулов (от примордиальных до преовуляторных).

Интенсивность фолликулогенеза – ключевая характеристика яичника, необходимая для определения репродуктивного потенциала самки, однако ее количественная оценка – трудоемкая задача, требующая приготовления серийных гистологических срезов органа и микроскопии. Для подсчета фолликулов используют как относительно простые морфологические методы, например, метод С. Цукермана (Zuckerman, 1951), так и более сложные – планиметрические и стереологические (Dornfeld et al., 1942; Mayhew, Gundersen, 1996; Wreford, 1995).

Впервые все ооциты в яичнике белой крысы подсчитал Н. Arai (1920), обратив внимание на важность количественного анализа в исследовании оогенеза. Позднее М. Abercrombie (1940) предложил формулу для подсчета ядер периферических нервов, которая учитывает размер ядра и толщину среза:

$$N = n \times T / (T + d),$$

где N – рассчитанное количество ядер, n – наблюдаемое число ядер, T – толщина среза, d – диаметр ядра. Второй множитель – поправочный (понижающий) коэффициент, который вводится, чтобы учесть те случаи, когда «шапочки» ядер (или других структур) видны на просматриваемом срезе, но их центры относятся к другим срезам. Автор полагал, что с помощью этой формулы можно оценить любой дискретный компонент в любой ткани.

Цукерман (1951) предложил использовать формулу Аберкромби для подсчета ядер ооцитов и считать фолликулы не на всех срезах, а например, на каждом 5-м или 10-м, пропуская остальные. В последующих работах он уделял большее внимание выбору толщины среза и интервала между срезами, а также необходимости использования по-

правочного коэффициента (Green, Zuckerman, 1951; Mandl, Zuckerman, 1952). В итоге Цукерман отказался от применения коэффициента и предложил учитывать размер (=стадия развития) фолликулов. Для того, чтобы избежать повторного подсчета ядер, он увеличивал толщину среза, а также использовал разное количество пропущенных срезов для подсчета «маленьких» (примордиальных и первичных) и «больших» (вторичных) фолликулов. Хотя сам Цукерман не считал свой способ учета фолликулов совершенным и на протяжении нескольких лет вместе с соавторами его проверял и редактировал, именно ранние версии метода (Zuckerman, 1951; Mandl, Zuckerman, 1951, 1952) были рекомендованы для использования некоторыми руководствами, в том числе отечественными (см. например, Методы определения ..., 1970).

В настоящее время метод Цукермана продолжают модифицировать для разных видов животных и стадий эстрального цикла, однако универсального метода, который бы облегчил исследователям подсчет фолликулов, до сих пор нет. При этом оценки количества фолликулов, полученные в разных лабораториях, могут существенно различаться (для грызунов, например, в 16 раз) (Tilly, 2003).

Цель работы – оценить целесообразность использования ранних версий метода Цукермана для подсчета фолликулов. Для этого мы измерили диаметры ядер ооцитов у разных типов фолликулов и рассчитали поправочный коэффициент; определили количество фолликулов на каждом 5-м и 10-м срезе с учетом ядер ооцитов и поправочного коэффициента; оценили смещение количественных оценок и частотное распределение фолликулов. В качестве «модельного» использовали яичник европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) – одного из самых изученных видов грызунов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Разные типы фолликулов (примордиальные, первичные, вторичные) подсчитывали на серийных срезах яичника половозрелой самки. Ооциты, окруженные одним слоем плоских клеток фолликулярного эпителия, относили к примордиальным фолликулам, ооциты с 1–2 слоями кубических клеток фолликулярного эпителия – к первичным, ооциты, окруженные несколькими (более 2-х) слоями кубических клеток – к вторичным фолликулам (независимо от наличия антральной полости) (Kierszenbaum, Tres, 2015). В модельном яичнике присутствовал всего один зрелый (преовуляторный) третичный фолликул с выраженным яйценосным бугорком и большой полостью, поэтому его во внимание не принимали. Срезы толщиной 5–8 мкм (всего 65 срезов) готовили с использованием парафиновой проводки и окрашивали гематоксилином и эозином (Роскин, 1951). Подсчет фолликулов и измерение ядер проводили с помощью микроскопа (Leica DM 1000 LED,

Германия) и программы ImageScore M (Россия). Для каждого типа фолликулов определяли средний диаметр ядра ооцита. Для этого измеряли максимальные и минимальные диаметры ядер при увеличении $\times 400$ и вычисляли среднее значение. Затем рассчитывали поправочный коэффициент (k) из формулы Аберкромби.

Примордиальные и первичные фолликулы подсчитывали простым пересчетом на каждом срезе. Вторичные фолликулы подсчитывали двумя способами: 1) методом Цукермана – то есть только те, у которых обнаруживали ядро; 2) тотальным методом – присваивая каждому фолликулу порядковый номер и отслеживая его присутствие на серии срезов – от появления до исчезновения (в виде «шапочек»). В том случае, если у вторичного фолликула ядро не обнаруживали, за центр фолликула принимали блестящую оболочку ооцита или проекцию фолликула на срезе с максимальным размером.

Отношение вторичных фолликулов с ядром к фактическому (тотальному) числу фолликулов рассчитывали с использованием поправочного коэффициента и без него.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С ростом и развитием фолликула размер ядра ооцита увеличивается, соответственно, поправочный коэффициент (при одной и той же толщине среза) уменьшается (табл. 1).

Таблица 1. Диаметр ядра ооцитов (d , среднее \pm ошибка среднего) у разных типов фолликулов и поправочный коэффициент (k).

Тип фолликулов	d , мкм	k (при $T = 8$ мкм)
Примордиальные	5.8 ± 0.3 ($n = 11$)	0.58 ± 0.011
Первичные	8.2 ± 1.2 ($n = 7$)	0.49 ± 0.040
Вторичные	10.4 ± 0.6 ($n = 59$)	0.43 ± 0.015

Фактическое число вторичных фолликулов в яичнике (каждый был идентифицирован) составило 167 ед. (табл. 2). При подсчете «больших» фолликулов методом Цукермана ошибка составила более 100% от фактического числа фолликулов: с использованием коэффициента – 11–22%, без него – 80–104%. Оценка смещения подсчета «маленьких» фолликулов возможна только при тотальном подсчете фолликулов на каждом срезе. Хотя использование поправочного коэффициента и улучшило точность подсчета, ошибка остается большой. Разброс размеров ядра вторичных фолликулов составил от 5.0 до 14.8 мкм. Из-за значительного отклонения формы ядер от сферической, разность минимального и максимального диаметров для некоторых ядер достигала 10.7 мкм. Все это вносит существенную ошибку в расчет коэффициента, поэтому подсчет фолликулов с его использованием менее точен по сравнению с методом тотального подсчета.

Таблица 2. Количество фолликулов в модельном яичнике

Количество фолликулов, n	«Маленькие» фолликулы		«Большие» (вторичные) фолликулы		
	Примордиальные	Первичные	Всего	С ядрами	Доля (%) от фактического числа фолликулов ($n = 167$)
На каждом 5-м срезе	766	333	620	60	–
На каждом 10-м срезе	381	179	315	34	–
С учетом пропущенных срезов ($n \times 5$)	3830	1665	3100	300	180
С учетом пропущенных срезов ($n \times 10$)	3810	1790	3150	340	204
С учетом коэффициента ($n \times 5 \times k$)	2218	823	1349	131	78
С учетом коэффициента ($n \times 10 \times k$)	2207	885	1371	148	89

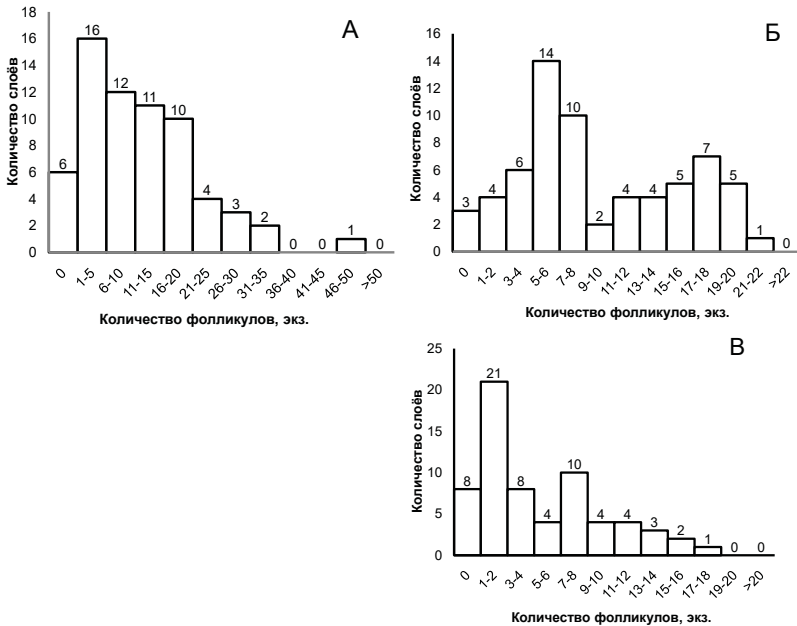


Рисунок. Частота встречаемости примордиальных (А), первичных (Б) и вторичных (В) фолликулов в модельном яичнике.

Все типы фолликулов в модельном яичнике были распределены случайным образом (см. рис.), однако для вывода о типе распределения анализа одного органа недостаточно. Важность оценки частотного распределения фолликулов С. Цукерман отмечал еще в 1950 г. (Zuckerman, 1950). Определение типа распределения фолликулов в яичнике для большой выборки позволит в перспективе оптимизировать работу – исследовать только фрагмент/ы органа, и, соответственно, меньшее количество срезов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ранние версии метода С. Цукермана сегодня представляют скорее исторический интерес, однако его идеи о дифференцированном подходе к подсчету фолликулов разного типа и значимости определения типа распределения фолликулов в яичнике могут быть полезными для разработки более точного метода оценки фолликулогенеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Методы определения опасности химических веществ (токсикометрия). М.: Медицина, 1970. 344 с.
- Роскин Г.И.* Микроскопическая техника. М.: Советская наука, 1951. 447 с.
- Abercrombie M.* Estimation of nuclear population from microtome sections // *The Anatomical Record*. 1946. Vol. 94. № 2. P. 239–247.
- Arai H.* On the postnatal development of the ovary (albino rat), with especial reference to the number of ova // *The American Journal of Anatomy*. 1920. Vol. 27. P. 405–462.
- Dornfeld E.J., Slater D.W., Scheffe H.* A method for accurate determination of volume and cell numbers in small organs // *The Anatomical Record*. 1942. Vol. 82. № 2. P. 255–259.
- Green S.H., Zuckerman S.* The numbers of oocytes in the mature rhesus monkey (*Macaca mulatta*) // *Journal of Endocrinology*. 1951. Vol. 7. № 2. P. 194–202.
- Kierszenbaum A.L., Tres L.* Histology and Cell Biology: An introduction to pathology. Philadelphia, PA: Elsevier Health Sciences, 2015. 668 pp.
- Mandl A.M., Zuckerman S.* Cyclical changes in the number of medium and large follicles in the adult rat ovary // *Journal of Endocrinology*. 1952. Vol. 8. № 4. P. 341–346.
- Mandl A.M., Zuckerman S.* Numbers of normal and atretic oocytes in unilaterally spayed rats // *Journal of Endocrinology*. 1951. Vol. 7. № 2. P. 112–119.
- Mandl A.M., Zuckerman S.* The numbers of normal and atretic ova in the mature rat // *Journal of Endocrinology*. 1950. Vol. 6. № 4. P. 426–435.

-
- Mandl A.M., Zuckerman S.* The relation of age to numbers of oocytes // Journal of Endocrinology. 1951. Vol. 7. № 2. P. 190–193.
- Mayhew T.M., Gundersen H.J.* ‘If you assume, you can make an ass out of u and me’: a decade of the disector for stereological counting of particles in 3D space // Journal of Anatomy. 1996. Vol. 188. P. 1–15.
- Tilly J.L.* Ovarian follicle counts – not as simple as 1, 2, 3 // Reproductive Biology and Endocrinology. 2003. Vol. 1. P. 1–4.
- Wreford N.G.* Theory and practice of stereological techniques applied to the estimation of cell number and nuclear volume in the testis // Microscopy Research and Technique. 1995. Vol. 32. № 5. P. 423–436.
- Zuckerman S.* The number of oocytes in the mature ovary // Recent Progress in Hormone Research. 1951. Vol. 6. P. 63–109.

DOI: [10.5281/zenodo.10039426](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039426)

Продуктивность травянистых интродуцентов в условиях ботанического сада УрФУ

М.А. Чащихина

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: продуктивность, секвестрация углерода, высокотравные растения, карбоновые фермы

В ботаническом саду Уральского федерального университета сформирована коллекция высокопродуктивных одно- и многолетних видов растений, которые характеризуются большой надземной биомассой и продуктивным долголетием, имеют многофункциональное значение и могут быть использованы для различных целей, в том числе в целях секвестрации атмосферного углерода. Изучение продуктивности и содержания углерода в тканях высокотравных растений позволяет оценить их секвестрационный потенциал.

Цель работы: оценить продуктивность травянистых видов растений из коллекционного фонда ботанического сада УрФУ устойчивых к местным условиям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа была выполнена в ботаническом саду УрФУ, расположенном на 56°50' с. ш. и 60°36' в. д., 255 м высоты над уровнем моря. Почвы дерново-слабоподзолистые среднесуглинистые хорошо дренируемые, сформированы на элювии-делювии гранитов. Климатические условия характеризуются как умеренно-континентальные. Погодные условия вегетационных периодов 2021–2022 гг. представлены на рисунке 1 (по данным справочно-информационного портала gr5.ru).

В исследовании представлены данные о продуктивности шести видов травянистых растений: *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus hypochondriacus* L., *Echinops sphaerocephalus* Sm., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. и *Polygonum weyrichii* F. Schmidt, выращенных в ботаническом саду УрФУ в одинаковых условиях. В качестве сравнения были взяты два наиболее продуктивных сорта кукурузы (*Zea mays* L.). Латинские названия растений приведены по базе данных “World Flora Online” (2023).

Продуктивность измерялась в течение двух лет (в 2021 и 2022 гг.). Измерение содержания углерода и азота проводилось в 2022 г. Сырая масса срезалась на уровне 5 см над почвой с трех площадок площадью 1 м², масса отдельного растения (или побега) определялась в 5–6 по-

вторностях. Сырая надземная масса одного растения была взвешена, после полного высыхания – сухая масса. С участка площадью 1 м² была взвешена вся сырая надземная масса. Зная сырую и сухую массу одного растения смогли пересчитать сырую массу с 1 м² на сухую массу. Взвешивание фитомассы проводилось на электронных весах Foodatlas BT-40C. Элементный анализ выполнен в Центре коллективного пользования «Спектроскопия и анализ органических соединений» группой элементного анализа Института органического синтеза УрО РАН. Данные представленные в статье с использованием символа «±», обозначают среднее значение со стандартным отклонением.

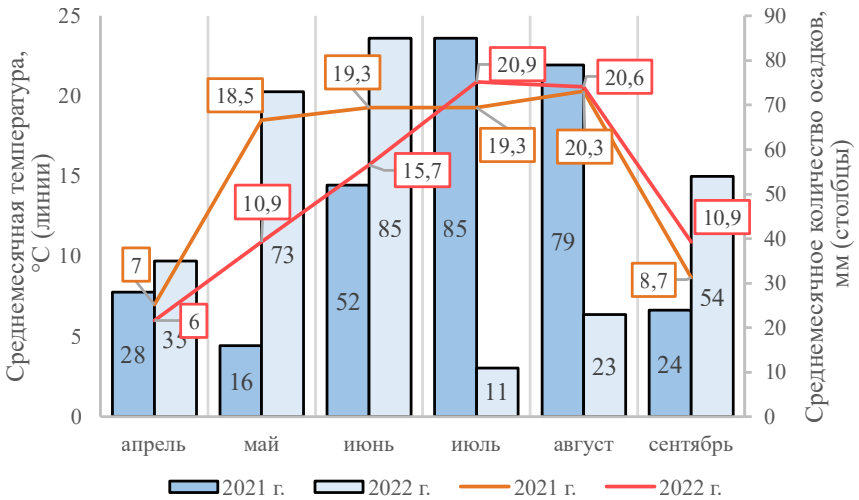


Рисунок 1. Погодные условия вегетационных периодов 2021 и 2022 гг. в г. Екатеринбург.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние исследования показали, что в теплые годы амаранты имеют большие показатели биомассы. В исследованиях 2021 г. (Valdayskikh et al., 2021) продуктивность амарантов составила 4.41–5.73 кг/м² сырой массы и 1.02–1.08 кг/м² сухой массы в условиях незагущенных посадок. В относительно неблагоприятном в погодном отношении 2022 г. урожайность исследованных видов амарантов была невысокой и составила 2.37–3.18 кг/м² сырой массы и 0.60–0.67 кг/м² сухой массы (рис. 2).

Для амарантов оптимальны годы с высокой температурой в период активной вегетации. Ранее (Valdayskikh et al., 2019) была выявлена зависимость массы надземных органов амарантов от суммы эффективных температур выше 10 °С и значения гидротермического коэффициента.

P. weyrichii характеризуется большой высотой (многолетние средние показатели 2.08 ± 0.09 м), которая сопоставима с *E. sphaerocephalus* (2.09 ± 0.16 м). Высокая продуктивность *P. weyrichii* была отмечена в годы с разными климатическими условиями. В условиях засушливого начала лета 2021 г. урожайность *P. weyrichii* без дополнительного полива составила 15.2 кг/м^2 сырой массы и 3.67 кг/м^2 сухой массы (Артемьева и др., 2022). В более жаркий 2022 г. урожайность была меньше и составила 10.0 кг/м^2 сырой массы и 2.25 кг/м^2 сухой массы (рис. 2).

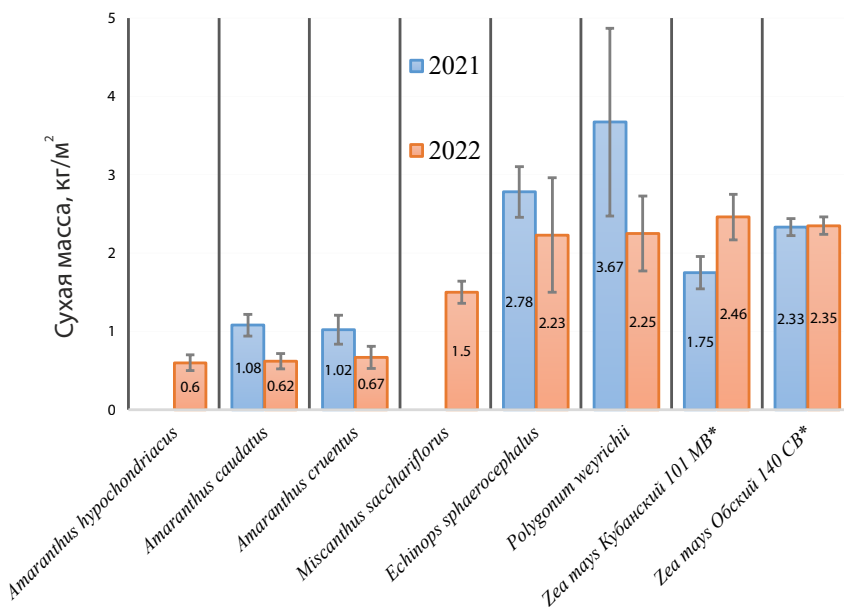


Рисунок 2. Выход сухой фитомассы различных травянистых высокопродуктивных видов за 2021 г. и 2022 г. (данные предоставлены Уральским государственным аграрным университетом).

P. weyrichii и *E. sphaerocephalus* при сравнении с высокопродуктивными сортами кукурузы показали сходную с ними продуктивность. Три вида семейства Amaranthaceae и *M. sacchariflorus* характеризовались меньшей продуктивностью.

Исследуемые виды различались по концентрации углерода в фитомассе. Наименьшие значения обнаружены у амарантов, высокие – у *M. sacchariflorus*, промежуточные – у *E. sphaerocephalus* и *P. weyrichii*. Амаранты отличались повышенным содержанием азота в фитомассе (табл.).

Таблица. Содержание макроэлементов в биомассе исследуемых видов

Вид	Содержание углерода, %	Содержание азота, %
<i>Amaranthus caudatus</i>	34.4±1.30	3.00±0.40
<i>Amaranthus cruentus</i>	37.8±0.40	2.54±0.19
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	39.6±0.40	2.40±0.06
<i>Echinops sphaerocephalus</i>	42.7±1.00	1.24±0.31
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	44.3±0.10	0.57±0.06
<i>Polygonum weyrichii</i>	42.4±0.60	1.92±0.18

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди изученных нетрадиционных высокотравных видов *P. weyrichii* был наиболее продуктивным, способным связывать от 0.95 до 1.56 кг/м² углерода за сезон, что в пересчете на углекислый газ составляет 3.50–5.72 кг СО₂/год/м². *P. weyrichii* содержал 1.92±0.18% азота и характеризуется низкой потенциальной скоростью минерализации.

Засушливость и высокие или низкие летние температуры негативно влияли на рост всех многолетних видов. Высокие летние температуры положительно влияли на рост и развитие амарантов, в то время как корреляция их роста с количеством осадков статистически незначима. *E. sphaerocephalus* и *M. sacchariflorus* требуют дальнейшего изучения. Для *P. weyrichii* рекомендовано выращивание на более увлажненной территории, либо использование дополнительного полива.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, темы Государственного задания FEUZ-2023-0023.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемяева Е.П., Валдайских В.В., Радченко Т.А., Карпучин М.Ю. Перспективы выращивания высокотравных растений в качестве углероддепонирующих культур // Аграрный вестник Урала. 2022. № 12 (227). С. 2–10.
- Справочно-информационный портал «Расписание Погоды». URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Екатеринбурге (Дата обращения: 16.04.2023)
- Valdaiskikh V.V., Artemyeva E.P., Karpukhin M.Yu., Mikhailishchev R.V. Comparative yield of large-herb plants when grown in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. № 11 (214). P. 2–7.

Valdayskikh V.V., Voronin P.Y., Artemyeva E.P., Rymar V.P. Amaranth responses to experimental soil drought // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2063. P. 030023.

WFO (2023): World Flora Online. URL: <http://www.worldfloraonline.org>
(Дата обращения: 16.04.2023)

DOI: [10.5281/zenodo.10039434](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039434)

Ископаемая фауна грызунов Южного Урала (пещера Иманай, Башкортостан)

К.В. Черемискина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Ключевые слова: млекопитающие, плейстоцен, голоцен, Южный Урал

Нынешнее состояние фауны большинства регионов является результатом длительного исторического развития, так называемого фауногенеза (Косинцев, Гасилин, 2008). Знание истории формирования животного мира региона позволяет оценить роль исторического прошлого в ее современном состоянии и более обоснованно прогнозировать ее возможные изменения в будущем (Бачура, Косинцев, 2010). В настоящее время, несмотря на большое количество работ по млекопитающим позднего плейстоцена и голоцена, история фаун на современном уровне изучена для единичных регионов. Южный Урал является одним из регионов, для которого в настоящее время накоплен достаточный по объему и качеству материал (Бачура, Косинцев, 2010). На данный момент недостаточно полно изучена эволюция видового состава мелких млекопитающих и структура сообществ грызунов позднего плейстоцена и голоцена Южного Урала, также присутствует необходимость в детализации палеогеографической реконструкции природной обстановки исследуемой территории. **Целью** данной работы является исследование остатков грызунов из отложений участка пещеры Иманай, как возможного источника информации для палеоэкологических реконструкций природной обстановки Южного Урала в прошлом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пещера Иманай находится на территории национального парка «Башкирия» (Республика Башкортостан, Мелеузовский район, 53°02' с.ш., 56°26' в.д.) (Котов и др., 2020). Пещера коридорного типа длиной около 100 м (Гимранов и др., 2016). Фауна мелких млекопитающих изучена из квадрата В4. Материал для исследования предоставлен лабораторией палеоэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН. Из отложений пяти условных горизонтов (глубина 100–110 см, 0–40 см) квадрата В4 пещеры Иманай были выбраны зубы и челюсти мелких млекопитающих (5 794 экземпляра). Химические спектры поверхностных участков костных останков получены на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 LMN с системой рентгеновского

энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20 (Горный институт УрО РАН). Статистическая обработка литературных данных и построение графиков проведено с использованием программы MS Excel 2016. Идентификация зубов мелких млекопитающих проведена по методике А.В. Бородина (2009). Виды мелких млекопитающих из ископаемых фаун отнесены к определенным экологическим группам, исходя из экологических предпочтений рецентных видов (Маркова, 2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тафономические особенности. Костный материал из отложений пяти условных горизонтов квадрата В4 пещеры Иманай имеет сильную степень раздробленности. Зоогенный материал по всей глубине отложений желтого цвета. Единичные кости имеют внутренние темно-серые пятна и редкие наружные минеральные образования черного цвета. Высокая степень раздробленности костного материала указывает на экскрементное происхождение костей мелких млекопитающих. Зоогенные отложения образовались в ходе жизнедеятельности хищных зверей (лиса, песец), использующих внутренний грот пещеры как временное убежище.

Химический элементный анализ. Были получены химические спектры для 22 образцов костей двух типов окраски: светлая и светлая с серыми внутренними пятнами. Проанализировав зависимости средних показателей химических спектров от кальция/фосфорного коэффициента (Ca/P), пришли к выводу, что данные почти по всем макроэлементам получились очень близки, это свидетельствует о том, что исследуемые кости относительно одного и того же геологического возраста и предположительно одних и тех же условий залегания в породе.

Таксономический состав. По итогам таксономической диагностики костного материала из отложений участка пещеры Иманай определены 24 таксона мелких млекопитающих, выбранные костные останки относятся к отрядам насекомоядные (Lipotyphla), рукокрылые (Chiroptera), зайцеобразные (Lagomorpha), грызуны (Rodentia) (табл.). Во всех исследуемых условных горизонтах квадрата В4 пещеры Иманай преобладающим по количеству костных останков является отряд Rodentia. Внутри этого отряда преобладает вид – узкочерепная полевка (*Microtus (Stenocranius) gregalis*), степная пеструшка (*Lagurus lagurus*) находится на втором месте, в нижнем горизонте (100–110 см) содоминирует узкочерепной полевке. Аналогичное распределение таксонов прослеживается в квадрате Г4 этой пещеры (Фадеева и др., 2022). Вторыми по объему идентифицированных зубов выступают зайцеобразные. Количество костных останков представителей отрядов Lipotyphla и Chiroptera не значительно и уменьшается с увеличением глубины.

Таблица. Таксономический состав и количество костных останков млекопитающих (Lipotyphla, Chiroptera, Lagomorpha, Rodentia) из отложений пяти условных горизонтов квадрата В4 пещеры Иманай

Горизонт отложений	100–110 см (11 гор.)	30–40 см (4 гор.)	20–30 см (3 гор.)	10–20 см (2 гор.)	0–10 см (1 гор.)
Lipotyphla	13	18	11	36	78
Chiroptera	3	5	1	10	15
<i>Ochotona</i> sp.	124	132	83	113	130
<i>Sciurus vulgaris</i> Linnaeus, 1758	2	–	–	–	–
<i>Spermophilus</i> sp.	1	–	–	2	7
<i>Sicista</i> sp.	–	–	1	3	3
<i>Allactaga major</i> (Kerr, 1792)	1	–	–	–	–
<i>Alactagulus</i> sp.	1	–	–	–	–
<i>Cricetus cricetus</i> Linnaeus, 1758	26	9	1	7	10
<i>Allocricetulus eversmanni</i> Brandt, 1859	1	2	6	5	18
<i>Cricetulus migratorius</i> Pallas, 1773	20	–	–	2	9
<i>Ellobius talpinus</i> Pallas, 1770	14	6	6	13	34
<i>Lemmus sibiricus</i> Kerr, 1792	1	–	–	–	1
<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846 (M2)	3	–	2	4	4
<i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780) (M2)	5	9	5	9	11
<i>Myodes</i> ex gr. <i>rutilus-glareolus</i> (m1)	8	10	3	9	15
<i>Craseomys</i> sp., <i>Myodes</i> sp.	27	47	28	40	63
<i>Lagurus lagurus</i> Pallas, 1773	797	231	23	51	99
<i>Eolagurus luteus</i> (Eversmann, 1840)	49	36	6	4	8
<i>Arvicola amphibius</i> (Linnaeus, 1758)	1	6	6	16	16
<i>Alexandromys oconomus</i> (Pallas, 1776) (m1)	8	6	5	4	8
<i>Microtus (Stenocranius) gregalis</i> Pallas, 1779 (m1)	231	105	28	31	60
cf. <i>Microtus (Stenocranius) gregaloides</i> Hinton, 1923 (m1)	11	3	–	–	–
cf. <i>Microtus (Terricola) arvalidens</i> Kretzoi, 1958 (m1)	–	–	1	–	–
<i>Microtus agrestis</i> Linnaeus, 1761 (m1, M2)	1	2	1	8	7
<i>Microtus</i> ex gr. <i>agrestis-arvalis</i> (m1)	7	7	5	17	16
<i>Microtus</i> sp., <i>Alexandromys</i> sp.	1226	583	153	231	384
<i>Sylvaemus</i> sp.	–	2	3	2	3
Количество останков	2581	1219	378	617	999
Количество определенных таксонов	21	15	17	18	19
Количество одноименных останков	504	234	90	159	245

Сравнительный анализ биотопической приуроченности видов.

Выделено 5 экологических групп: степные виды, интразональные, лесные, луговые и тундровые. Было установлено, что во время образования нижних отложений в окрестностях пещеры резко доминировали степные сообщества, отложения верхних горизонтов, скорее всего, образованы уже в других климатических условиях (более гумидных).

Данные сравнительного анализа ископаемой фауны с известными датированными фаунами из квадрата Г4 данной пещеры и других местонахождений горной части Южного Урала (Yakovlev et al., 2006, Danikalova et al., 2011, Фадеева и др., 2022) позволяют сделать вывод, что исследованные отложения образованы в конце позднего плейстоцена – начале раннего голоцена (рис.).

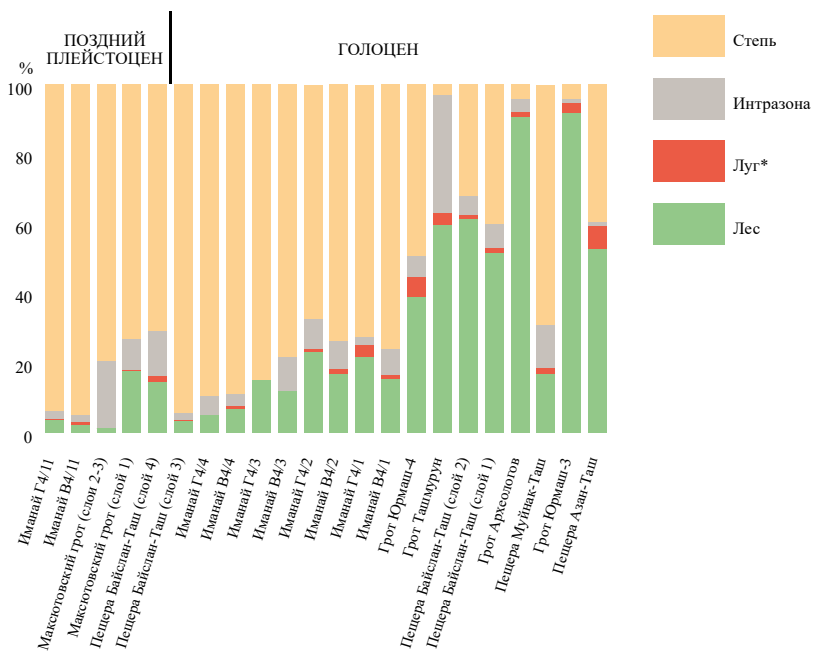


Рисунок. Соотношения экологических группировок в ископаемых фаунах мелких млекопитающих из местонахождений горной части Южного Урала. * – зубы *Microtus arvalis* исключены из списка луговых видов по причине отсутствия дифференциального анализа зубов (*m1*) *Microtus ex gr. arvalis-agrestis* из отложений квадрата В4 пещеры Иманай.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена таксономическая принадлежность зубов и фрагментов челюстей мелких млекопитающих четырех отрядов (24 таксона)

из отложений пяти условных горизонтов (глубина 100–110 см, 0–40 см) квадрата В4 пещеры Иманай. Во всех условных горизонтах доминирует вид *Microtus (Stenocranius) gregalis*. Выявлена относительная временная однородность костного материала по степени сохранности и прокрашенности, а также отсутствию макрохимических различий в составе костей. В исследованной ископаемой фауне костные останки из нижних горизонтов принадлежат преимущественно степным видам, из верхних горизонтов – лесным видам. Можно сделать вывод, что отложения пещеры Иманай образованы в конце позднего плейстоцена – начале раннего голоцена.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает особую благодарность Д.О. Гимранову (ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург) за предоставленный материал для исследования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бачура О.П., Косинцев П.А.* Фауны млекопитающих в позднем плейстоцене и голоцене на Южном Урале // Вестник ОГУ. 2010. № 12 (118). С. 42–48.
- Бородин А.В.* Определитель зубов полевок Урала и Западной Сибири (поздний плейстоцен–современность). Екатеринбург: Екатеринбург УрО РАН, 2009. 100 с.
- Гимранов Д.О., Котов В.Г., Румянцев М.М. и др.* Пещера Иманай – новое палеонтологическое и археологическое местонахождение на Южном Урале // 100-летие Палеонтологического общества России. Проблемы и перспективы палеонтологических исследований: матер. 62-й сессии Палеонтологического общества при РАН. СПб., 2016. С. 231–233.
- Косинцев П.А., Гасилин В.В.* Вековая динамика фауны крупных млекопитающих Южного Урала // Вестник ОГУ. 2008. № 12. С. 89–94.
- 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. Вып. 5. С.1271–1291.
- Маркова А.К.* Индикаторные виды и экологические группы млекопитающих // Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 т. л. н. н.). М.: КМК, 2008. С. 29–39.
- Фадеева Т.В., Гимранов Д.О., Косинцев П.А., Яковлев А.Г.* Ископаемая фауна мелких млекопитающих из пещеры Иманай (Южный Урал, Россия) // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 11. С. 1286–129.

Danukalova G., Yakovlev A. Biostratigraphy of the Late Upper Pleistocene (Upper Neopleistocene) to Holocene deposits of the Belaya River valley (Southern Urals, Russia) // *Quaternary International*. 2011. Vol. 231. P. 28–43.

Yakovlev A., Danukalova G. Biostratigraphy of the Late Palaeolithic site of “Bajslan-Tash cave” (the Southern Urals) // *Quaternary International*. 2006. Vol. 149. P. 115–121.

DOI: [10.5281/zenodo.10039464](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039464)

Генетическое разнообразие багульников на о. Сахалин: данные изменчивости хлоропластной ДНК

Д.Р. Юнусова, М.А. Полежаева

Институт экологии растений и животных УрО РАН г. Екатеринбург

Ключевые слова: генетическая изменчивость, хлДНК, Сахалин, Ledum, Rhododendron

Багульники, еще недавно относящиеся к самостоятельному роду *Ledum*, в настоящее время перенесены в качестве подсекции *Ledum* в род *Rhododendron* (Kron, Judd, 1990). Высокое видовое разнообразие багульников характерно для территории Дальнего Востока России и, в том числе, острова Сахалин. Сахалин, в силу меридиональной вытянутости и геологической истории, характеризуется разнообразием экологических ниш и является одним из центров видового разнообразия. По этой причине Сахалин был выбран как уникальная территория для изучения генетической структуры четырех симпатрических видов *Ledum*, которые отличаются вариабельностью морфологических признаков и наличием форм с промежуточным обликом. Так как вопрос о границах каждого таксона до сих пор остается дискуссионным, в данной работе мы провели генетический анализ багульников на острове Сахалин на основе изменчивости маркеров хлоропластной ДНК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании было проанализировано 16 выборок с территории Сахалина в градиенте природных условий север-юг, а также 2 материковых выборки (см. рисунок). Всего в анализ включено 94 образца. Видовая принадлежность определялась исходя из морфологических признаков, а также экологической приуроченности, описанных у Толмачева (1953). Идентифицировано четыре вида: *R. subarcticum* Нармаја (= *L. decumbens* (Ait.) Lodd.) – это вид с преимущественно арктическим распространением, южнее встречающийся в горах, на границе леса с лиственницами и кедровым стлаником (выборки 17, 18). *R. tomentosum* Нармаја (= *L. palustre* L.) – это бореально-циркумполярный вид, преимущественно растущий в заболоченной местности (выборки 1–9). А также выборки 14, 15 и 16 *R. hypoleucum* Нармаја (= *L. hypoleucum* Kom.) и выборки 10–13 *R. tolmachovii* Нармаја (= *L. macrophyllum* Tolm.), напротив, виды с довольно узким ареалом на Дальнем Востоке, встречающиеся в подлеске хвойных лесов. В некоторых популяциях встречались особи с сильно варьирующими морфологическими признаками.

На всем объеме материала была исследована изменчивость пяти не кодирующих фрагментов хлоропластной ДНК: *trnH-psbA*, (Hamilton, 1999), *trnV-ndhC* (Shaw J. et al., 2007), K2R-K707 (Jiang N. et al., 2016), *atpB-rbcL* (Manen et al., 1994), и *petB-petD* (Löhne C., Borsch T., 2005). В качестве внешней группы был использован образец *Therorhodium camtschaticum* (Pall.) Small. Расчет уровня дифференциации и распределения генетической изменчивости внутри и между популяциями (анализ молекулярной дисперсии, AMOVA) проводили в программе Arlequin v. 3.5.1.2 (Excoffier, Lischer, 2010). Построение сети родства гаплотипов и филогенетического дерева проводили в программах Network v. 4.6.1.2 (Bandelt et al., 1999) и Mr.Bayes (Ronquist, Huelsenbeck, 2003). Пространственный анализ молекулярной дисперсии проводили (SAMOVA; Dupanloup et al. 2002), чтобы определить кластеризацию выборок на группы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменчивость хлоропластной ДНК сгруппировалась в 16 гаплотипов. На рисунке они обозначены цветами. Распределение частот гаплотипов внутри исследованных выборок отражено в виде цветных секторов, а размер окружности отражает размер выборки. Гаплотипы h1, h2, h3 и h4 были общими и встречались с большей частотой для всех четырех видов. Так же было обнаружено множество редких гаплотипов (встреченных в единственной выборке). На сети родства гаплотипов видно, что весь пул гаплотипов подразделяется на две группы: названные в этом исследовании Южной группой и Северной группой. Южная и Северная группы гаплотипов различаются по пяти мутациям. Схожая по топологии с сетью гаплотипов кластеризация на две группы была обнаружена при построении филогенетического дерева баесовским методом, однако клады имели низкую поддержку. Дифференциация между всеми выборками составила 37%, а между четырьмя видами – менее 1% ($p < 0.05$). Пространственный анализ SAMOVA также разделил все образцы на южную и северную группы по преобладанию гаплотипов h1 и h2. Полученное разделение примерно соответствует фитогеографической границе, проходящей по перешейку Поясок (отмечен на рисунке пунктирной линией): к югу от него преобладающей становится флора северояпонского типа и сокращается присутствие северных бореальных видов. В материковой выборке из Магадана встречались гаплотипы из северной и южной групп, а в выборке из Сихотэ-Алиня только гаплотипы южной группы.

Генетическую структуру со слабо выраженной межвидовой, но высокой межпопуляционной дифференциацией, можно интерпретировать следующим образом. Багульники – эволюционно молодая груп-

па рода *Rhododendron* в северном полушарии (Xia et al., 2022). Наши результаты могут отражать сохранение предкового полиморфизма, предшествующего дивергенции. В настоящее время эти виды могут находиться в процессе видообразования посредством генетического дрейфа, на что косвенно указывает отсутствие полиморфизма в некоторых популяциях, а также наличие редких гаплотипов. С другой стороны, генетическое разнообразие багульников на Сахалине согласуется с их высокой адаптивной пластичностью и способностью образовывать как естественные близкородственные гибриды, так и искусственные гибриды с представителями других секций рода *Rhododendron* (Theqvist, 2013). Все это препятствует закреплению отдельных генетических линий для каждого вида.

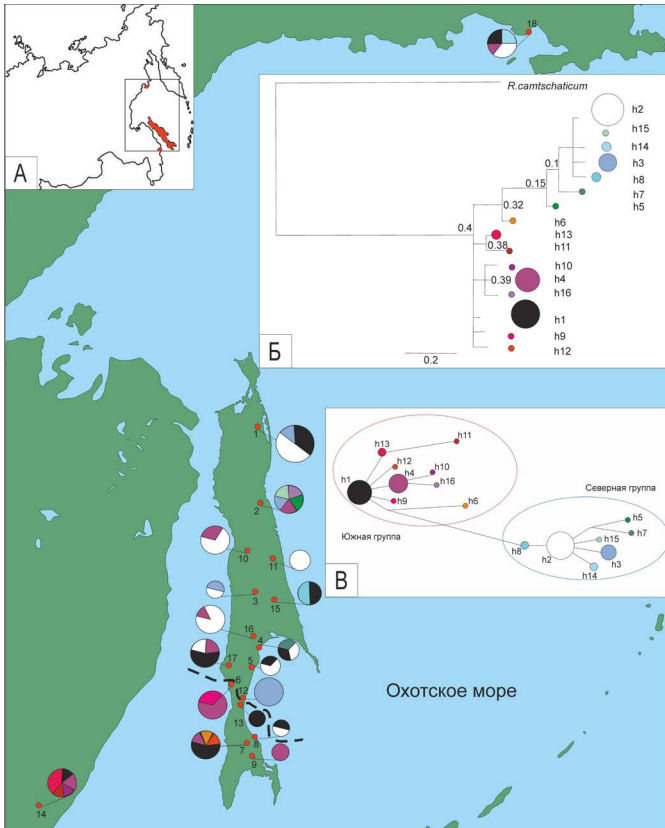


Рисунок. А – положение региона исследования на карте, Б – филогенетическое дерево гаплотипов, построенное байесовским методом, В – дерево родства гаплотипов хпДНК (h_1 – h_{16}), Г – положение изученных выборок, распределение обнаруженных гаплотипов хпДНК; диаметр окружности отражает размер выборки; цвета секторов соответствуют 16 обнаруженным гаплотипам; пунктирной линией отмечен перешеек Поясок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в комплексе симпатрических видов подсекции *Ledum* на острове Сахалин выявлено высокое генетическое разнообразие по маркерам хлоропластной ДНК. При этом слабовыраженная генетическая структура не соответствует систематическому делению на виды, однако наблюдается тенденция к кластеризации по географическому признаку. Очевидно, что виды данного комплекса еще не сформировали репродуктивных барьеров и вовлечены в активный генетический обмен.

БЛАГОДАРНОСТИ

Сбор материала и проведение молекулярно-генетического анализа поддержано грантом РФФИ № 23-24-00173.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Толмачев А.И. К познанию евразийских видов рода *Ledum* L. // Ботанические материалы гербария БИН АН СССР. 1953. Т. 15. С. 197–207.
- Bandelt H.J., Forster P., Rohlf A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Molecular Biology and Evolution. 1999. Vol. 16. P. 37–48.
- Dupanloup I., Schneider S., Excoffier L. A simulated annealing approach to define the genetic structure of populations // Molecular Ecology. 2002. Vol. 11. P. 2571–2581.
- 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.
- Hamilton M.B. Four primer pairs for the amplification of chloroplast intergenic regions with intraspecific variation // Molecular Ecology. 1999. Vol. 8. P. 521–523.
- Jiang N., Man L., Zhang W., et al. Chloroplast view of the population genetics and phylogeography of a widely distributed shrub species, *Rhododendron dauricum* (Ericaceae) // Systematic Botany. 2016. Vol. 41. № 3. P. 626–633.
- Kron K., Judd W.S. Phylogenetic relationships within the Rhodoreae (Ericaceae) with specific comments on the placement of *Ledum* // Systematic Botany. 1990. Vol. 15. P. 57–68.
- Loöhne C., Borsch T. Molecular evolution and phylogenetic utility of the petD group II intron: a case study in basal angiosperms // Molecular Biology and Evolution. 2005. Vol. 22. № 2. P. 317–332.
- Manen J.F., Natali A., Ehrendorfer F. Phylogeny of Rubiaceae-Rubieae inferred from the sequence of a cpDNA intergene region // Plant Systematics and Evolution. 1994. Vol. 190. P. 195–211.

- Ronquist F., Huelsenbeck J.P.* MrBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models // *Bioinformatics*. 2003. Vol. 19. № 12. P. 1572–1574.
- Shaw J., Lickey E.B., Schilling E.E., Small R.L.* Comparison of whole chloroplast genome sequences to choose noncoding regions for phylogenetic studies in angiosperms: the tortoise and the hare III // *American journal of botany*. 2007. Vol. 94. № 3. P.275–288.
- Theqvist K.* Hybridity of lepidotes in *Rhododendron* subsection *Ledum* based on some hybridization results. URL: <https://www.rhodogarden.com/cross/hybridity.html> (accession date 6.04.2023)
- Xia X.M., Yang M.Q., Li C.L. et al.* Spatiotemporal evolution of the global species diversity of *Rhododendron* // *Molecular Biology and Evolution*. 2022. Vol. 39(1). № msab314. P. 1–15.

DOI: [10.5281/zenodo.10039468](https://doi.org/10.5281/zenodo.10039468)

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к изданию	3
Фауна наземных моллюсков лесов ландшафтного ядра Владимирского ополья на примере лесного массива «Андреевский лес» С.С. Азовцев	5
Сравнение конспектов исторической и современной синантропной флоры г. Тобольск (Тюменская область) В.Р. Аллаярова	10
Находки скунсов (<i>Carnivora</i> , <i>Mephitidae</i>) из позднего миоцена Тувы, местонахождение Таралык-Чер И. Ф. Арасланов, А.В. Лавров	12
Разница влияния инвазивного <i>Aporrectodea caliginosa</i> и аборигенного <i>Eisenia nordenskioldi pallida</i> на катионный состав почвы К.А. Бабий, С.Ю. Князев, Е.В. Голованова	17
Оценка запаса промысловых рыб нижнего района Воткинского водохранилища Е.А. Байдина, В.Н. Житлухина, А.Г. Мельникова	20
Изучение способности амфипод озера Байкал к поглощению и выведению частиц микропластика С.А. Бирицкая, М.А. Масленникова, Я.К. Ермолаева и др.	25
Исследование морфометрических и цитогенетических особенностей популяций <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) и <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782), совместно обитающих в заморном водоеме Свердловской области М.И. Битнер, Н.В. Смолина	27
Фауногенетическая и экологическая структура авифауны Приишимья С.Л. Болдырев	33
Анализ толщины эмалевой стенки и степень слияния дентиновых полей на жевательной поверхности зубов полевок позднего плиоцена и раннего плейстоцена – <i>Mimomys hintoni</i> и <i>Mimomys</i> cf. <i>reidi</i> из местонахождения Звериноголовское (Южное Зауралье) А.Э. Болотова.	40

Сложные структуры ростовых слоев и линий при исследовании возраста амфибий методом скелетохронологии на примере озерных лягушек популяций Камчатки М.А. Брякова	43
Мучнисторосяные грибы (Erysiphaceae, Helotiales) Среднего Урала: прошлое и настоящее аборигенных и чужеродных видов А.С. Будимиров	49
К изучению гнездовой фауны и населения птиц различных типов леса В.С. Бушкова	52
Детерминация локальных стад летней кеты <i>Oncorhynchus keta</i> р. Амур на основе сравнительного анализа биологических и морфологических признаков К.Е. Бырылова, П.Б. Михеев, М.Д. Польшгалова и др.	54
Расчет класса и процента окатанности кварца в урбанизированных современных поверхностно-депонированных отложениях (на примере г. Ростова-на-Дону) В.С. Глухов, Е.А. Панкрушина, А.Д. Рянская	60
Изменение запасов оленьих кормов в сообществах южных тундр Ямала с 1930-х гг. по настоящее время А.М. Горбунова, Л.С. Горбунов	62
К изучению суточной динамики песенной активности некоторых видов воробьиных в лесостепном Зауралье С.В. Грачев	65
Тополевая моль в зеленых насаждениях Свердловска – Екатеринбурга: изменения за полвека С.В. Дербышев, К.С. Дощанова, И.А. Солонкин, Е.Ю. Захарова	69
Сравнение климатических ниш широкоареальных палеарктических видов <i>Orthops campestris</i> (Linnaeus, 1758) и <i>Liocoris tripustulatus</i> (Fabricius, 1781) (Heteroptera: Miridae) П.А. Джелали, А.А. Намятова	72
Синантропизация и адвентизация лесных сообществ Калиновского лесопарка (г. Екатеринбург) Д.П. Дубровина	78

Особенности строения корней щечных зубов <i>Spermophilus major</i> (Rodentia: Sciuridae: Xerinae) из голоценовых местонахождений Южного Урала Д.Е. Евтюнина, А.Е. Бачурина	84
Оценка пространственного распределения дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в основных типах леса лесостепного Приобья Новосибирской области С.А. Ермолов	87
Новые данные по газелям (Artiodactyla, Bovidae) из позднего миоцена Северо-Западного Причерноморья И.А. Ермольчик	94
Настоящий трутовик с точки зрения политипического подхода к определению вида Е.В. Жуйкова	99
Патологии и аномалии развития зубов большого (<i>Ursus kanivetz</i>) и малого (<i>U. rossicus</i>) пещерных медведей Д.А.Захаров, Д.О.Гимранов	104
Об изменчивости головной капсулы муравьев <i>Formica rufibarbis</i> Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Formicidae) О.А. Ивонина	107
Сравнительный анализ орнитофауны модельных участков охраняемых и неохраняемых лесов северной Карелии О.А. Канцерова С.А. Симонов	113
Влияние широтного градиента на распространение и показатели шелкунов (Coleoptera, Elateridae) в Омской области С.Ю. Князев, К.А. Бабий	115
Использование ИК-спектрометрии для изучения видовой принадлежности и разделения генетических линий на примере рода <i>Eisenia</i> Malm, 1877 С.Ю. Князев, К.А. Бабий, Д.В. Соломатин и др.	120
Видовой состав и динамика обилия землероек в зоне влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа А.А. Коноплина, Ю.В. Гордилова	130

Некоторые данные по фауне мелких млекопитающих голоцена Среднего Зауралья (пещера Зотинская, Челябинская область) Е.И. Копотева	133
Паразито-хозяйинные отношения вшей (Anoplura) и мелких млекопитающих разнотравно-дерновиннозлаковой степи Южного Зауралья Кравченко В.Н., Стариков В.П.	137
Охотничьи тактики рыбоядных косаток <i>Orcinus orca</i> Авачинского залива Камчатки З.С. Кузнецов, Т.В. Ивкович, М.А. Бакланов	144
Влияние инвазионного кустарника <i>Sorbaria sorbifolia</i> на состав банка семян лесных фитоценозов г. Екатеринбурга Ю.А. Липихина	147
Секвестрация углерода из биомассы крупнотравных растений путем получения биоуглей А.В. Малахеева	154
Птицы средневекового городища Уфа-II М.П. Маслинцына, Д.О. Гимранов	160
Полиморфизм фенотипических и генетических маркеров в популяциях <i>B. pama</i> L. на Урале С.О. Медведева, О.Е. Черепанова, Н.В. Семериков	164
Потенциальный ареал сибирского клещевого тифа в Амурской области Д.С. Орлов, А.Д. Хабирова, С.М. Малхазова	171
Особенности стирания нижнего хищнического зуба (m1) у пещерных медведей М.В. Павлова, Д.О. Гимранов	175
Изменения фенологии доминантных видов пауков оранжерейного комплекса ботанического сада ПГНИУ Е.В. Плакхина	182
Макроуголь в болотных отложениях предгорья Восточного Саяна и равнинной тайги Красноярского края как индикатор пожарного режима среднего и позднего голоцена О.В. Подобуева, А.В. Гренадерова, А.Б. Михайлова	185

Криоконсервация диапаузирующих эмбрионов млекопитающих Т.А. Рахманова, С.В. Окотруб, И.Н. Рожкова	191
Ансамблевые методы машинного обучения и ИНС для оценки потоков углерода в смешанных лесах А.П. Розанов	202
Изучение влияния антибиотиков различных групп на рост некоторых микроорганизмов активного ила Я.М. Русских, З.Е. Мащенко	206
Гумусообразование в техногенных поверхностных образованиях бореальной зоны Западно-Сибирской равнины О.В. Сабирзянова, Е.А. Коркина	212
Первые результаты программы по реинтродукции сокола балобана (<i>Falco cherrug</i>) в заповеднике Аркаим (Челябинская область) А.В. Саралёва	214
Особенности роста побегов представителей семейства сосновые (Pinaceae Lindl.) в ботаническом саду УрФУ Р.С. Симонян	217
Патосистема «вектор – растение – фитовирус» в агроценозах картофеля в Приморском крае О.А. Собко	219
Население пауков (Arachnidae: Aranei) наземного яруса Ильменского государственного заповедника С.С. Соколова	225
Свидетельство двух гипотез эволюции партеногенетических видов на примере пространственного распределения клонов почвенной ногехвостки <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896) sensu lato А.В. Стрючкова	229
Новые находки эоценовых морских змей (Acrochordoidea, Palaeophiidae) на территории России М.С. Тарасова, Е.В. Сыромятникова, Д.О. Гимранов и др.	233

Влияние муравьев на встречаемость божьих коровок (Coleoptera, Coccinellidae) Среднего Урала А.И. Тимченко	237
Изменение характеристик биотопа за 10 лет послерубочной сукцессии на месте ельника черничного с сохранением <i>Populus tremula</i> L. Д.С. Трошин, Д.М. Мирин	242
Проверка гипотез о различии синдромов строения корней однодольных растений в связи с таксономической принадлежностью Д.Е. Тукова, Ю.И. Осипенко	245
Динамика населения пауков-хортобионтов степей Троицкого заказника А.Л. Устинова, Р.В. Ефимов	251
Оценка фолликулогенеза у мышевидных грызунов: метод Цукермана К.Я. Чаринцева, Т.Н. Орехов	256
Продуктивность травянистых интродуцентов в условиях ботанического сада УрФУ М.А. Чащихина	262
Ископаемая фауна грызунов Южного Урала (пещера Иманай, Башкортостан) К.В. Черемискина	267
Генетическое разнообразие багульников на о. Сахалин: данные изменчивости хлоропластной ДНК Д.Р. Юнусова, М.А. Полежаева	273

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ: ФАКТЫ, ГИПОТЕЗЫ, МОДЕЛИ

Материалы конференции молодых ученых

Редакторы:
О.Р. Гизуллина
Д.О. Гимранов
А.Н. Созонтов

Вёрстка и обложка:
А.Н. Созонтов

Подписано в печать 11.10.2023 г.

Формат 60×90; $\frac{1}{16}$
Гарнитура PeterburgC
Печать офсетная
Печатных листов 11.5

Тираж 100 экз.
Заказ 16346

Отпечатано в Рекламном агентстве Reaction
г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 77 литер X, офис 402.