



ISSN 2414-4738

Научный журнал

Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

ЭКОСИСТЕМЫ



Флора и фауна
Биоценология
Биология и экология
видов
Охрана природы

41
2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

ЭКОСИСТЕМЫ

2025

Выпуск 41

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. I. VERNADSKY CRIMEAN FEDERAL UNIVERSITY

EKOSISTEMY

2025

ISSUE 41

SCIENTIFIC JOURNAL • FOUNDED IN 1979 • PUBLISHED 4 TIMES PER YEAR • SIMFEROPOL

ISSN 2414-4738

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС 77 - 83395 от 15.06.2022 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Адрес учредителя и издателя: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, д. 4.

Печатается по решению Научно-технического совета
Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, протокол №

Журнал включен в перечень ВАК по специальностям и соответствующим им отраслям науки:
1.5.9. Ботаника; 1.5.15. Экология

Адрес редакции: 295007, Республика Крым, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, д. 4.
E-mail: ekotnu@list.ru

Полнотекстовые версии статей последних выпусков журнала в формате PDF и правила для авторов размещены на официальном сайте журнала по адресу: <http://ekosystems.cfuv.ru/>

Оригинал-макет: С. В. Леонов

На обложке: Красноротый бычок (*Gobius cruentatus* Gmelin, 1789) — новый инвазивный вид в Черном море. Севастополь, бухта Круглая (фото С. С. Ракши)

Подписано в печать _____. Формат 60×84/8. Усл. п. л. _____. Печать цифровая. Тираж 50 экз. Цена «Бесплатно».

Заказ № _____. Дата выхода в свет _____

Отпечатано в Издательском доме ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского»
Адрес типографии: 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

Главный редактор

Иванов С. П., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Заместитель главного редактора

Котов С. Ф., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Технический редактор

Леонов С. В., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ответственный секретарь

Омельченко А. В., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Редактор текстов на английском и немецком языках

Шестакова Е. С., к. п. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Контент-менеджер сайта

Николенко В. В., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Члены редакционной коллегии

Багрикова Н. А., д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Белик В. П., д. б. н., профессор, Южный федеральный университет

Бескаравайный М. М., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Бугара И. А., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Будашкин Ю. И., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Воронин Л. В., д. б. н., доцент, Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского

Гапонов С. П., д. б. н., профессор, Воронежский государственный университет

Довгаль И. В., д. б. н., профессор, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Егоров В. Н., д. б. н., академик РАН, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Егорова Н. А., д. б. н., Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

Ена А. В., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ермаков Н. Б., д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Захаренко Г. С., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ивашов А. В., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Коба В. П., д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Корженевский В. В., д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Мацюра А. В., д. б. н., профессор, Алтайский государственный университет

Митрофанова И. В., д. б. н., чл.-корр. РАН, Главный ботанический сад им. Н. И. Цицина РАН

Назаров В. В., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Оберемок В. В., д. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Петришина Н. Н., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Пешич В., доктор наук, профессор, Университет Черногории (University of Montenegro), Черногория

Плугатарь Ю. В., д. с.-х. н., чл.-корр. РАН, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Репецкая А. И., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Рябушко В. И., д. б. н., Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Русина Л. Ю., д. б. н., Московский государственный зоологический парк

Савельев А. П., д. б. н., Всероссийский НИИ охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова

Свольшинский А. Д., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Синев С. Ю., д. б. н., Зоологический институт РАН

Фатерыга А. В., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Чаттерджи Т., доктор наук (зоологии), Международная школа Хесент (Crescent), Индия

Чуян Е. Н., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

СОДЕРЖАНИЕ

Арепьева Л. А., Березуцкая И. С., Аксёнова А. Ю. Инвазия череды облиственной <i>Bidens frondosa</i> L. в прибрежные фитоценозы реки Сейм в городе Курске.....	7
Парахина Е. А., Усачева Е. В., Могилёва Е. Е. Видовое разнообразие и жизненное состояние деревьев и кустарников городского округа Подольск.....	19
Гладкая А. А. Разработка метода использования искусственных убежищ для привлечения энтомофагов и опылителей отряда Немецоптерга, как способа оценки их природного потенциала в агроценозах.....	28
Соболева В. А., Голуб В. Б. Отражение ксерофилизации постпирогенной экосистемы в динамике численности клопа-щитника <i>Piezodorus lituratus</i> (Fabricius) (Heteroptera, Pentatomidae) в условиях Восточноевропейской лесостепи.....	37
Кассал Б. Ю. Опосредованное влияние численности мышевидных грызунов на численность курообразных	45
Робакидзе Е. А. Элементный состав разновозрастной хвои сосны (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в сосняках лишайниковых в условиях длительного аэротехногенного загрязнения выбросами АО «Сыктывкарский лесопромышленный комплекс».....	65
Багрикова Н. А., Резников О. Н., Корженевский В. В. Об экологической нише <i>Clematis flammula</i> в сообществах Южного берега Крыма.....	79
Лебедева Н. В. К фауне птиц и млекопитающих Баренцева и Карского морей, Южного острова Новой Земли: экспедиция на ледоколе «Илья Муромец», июль – август 2022 года.....	90
Кондратьев Е. Н., Сажнев А. С., Аникин В. В. Распределение членистоногих в норе и гнезде береговой ласточки (<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)) (Aves: Passeriformes) на Севере Нижнего Поволжья	106
Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С. Результаты использования световых ловушек для мониторинга популяций жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лиманно-плавневой зоне Северо-Западного Кавказа .	120
Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Цветометрические и спектральные характеристики листьев <i>Caragana arborescens</i> и <i>Elaeagnus angustifolia</i> как потенциальных индикаторов антропогенного воздействия.....	129
Филимонова Д. А., Воробьева И. Г. Таксономический состав и оценка видового разнообразия дискомицетов природного ландшафтного объекта «Лисьи горки» Новосибирского Академгородка	138
Яблоков Н. О. Ядерные аномалии и микроядра в эритроцитах периферической крови карповых рыб в реках с естественным и изменённым термическим режимом (реки Берёзовка и Тёплая, бассейн реки Енисей).....	147
Ардабьева А. Г., Никулина Л. В., Минакова Е. В., Рубцова Е. Г. Гидробиологические исследования акваторий рек Сулак и Терек на территории Республики Дагестан	158
Козинцев А. Ф., Бобко Н. И., Лишаев В. Н., Кузнецов А. В., Аннинский Б. Е. Минеральный состав поверхностных пород и многообразие микропланктона пресных водоёмов в рекреационной зоне Севастополя.....	166
Шиков Е. В., Михеева М. В. <i>Cernuella virgata</i> (Da Costa, 1778) (Mollusca, Geomitridae) – адвентивный вид в Туркменистане	180

CONTENT

Arepieva L. A., Berezutskaya I. S., Aksenova A. Yu. Invasion of <i>Bidens frondosa</i> L. in the Coastal Phytocenoses of the Sejm River in Kursk	7
Parakhina E. A., Usacheva E. V., Mogileva E. E. Species Diversity and Vitality of Trees and Shrubs of Podolsk Urban District	19
Gladcaia A. Development of a Method for Utilizing Artificial Shelters to Attract Entomophages and Pollinators of the Hymenoptera Order as a Means of Assessing their Natural Potential in Agroecosis	28
Soboleva V. A., Golub V. B. Reflection of Xerophilization of Postpyrogenic Ecosystem in the Population Dynamics of the Shield Bug <i>Piezodorus lituratus</i> (Fabricius) (Heteroptera, Pentatominae) in the Conditions of the East European Forest-Steppe	37
Kassal B. Yu. Indirect influence of the number of mouse-like rodents on the number of Galliformes .	45
Robakidze E.A. Elemental Composition of Age-Diverse Pine Needles (<i>Pinus sylvestris</i> L.) in Lichen Pine Forests under Long-Term Aerotechnogenic Pollution from Emissions of the Syktyvkar Timber Processing Complex	65
Bagrikova N. A., Reznikov O. N., Korzhenevsky V. V. Ecological Niche of the <i>Clematis flammula</i> in the communities of the Southern Coast of Crimea	79
Lebedeva N. V. The Fauna of Birds and Mammals of the Barents and Kara Seas, the South Island of Novaya Zemlya: An Expedition on the Icebreaker “Ilya Muromets” in July-August 2022	90
Kondratev E. N., Sazhnev A. S., Anikin V. V. Distribution of Arthropods in the Burrow and Nest of Sand Martin (<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)) (Aves: Passeriformes) in the northern part of the Lower Volga region.....	106
Serdyuk V. Yu., Zamotajlov A. S. Results of Using Light Traps to Monitor Ground Beetle (Coleoptera, Carabidae) Populations in the Estuary Overflow Zone of the North-West Caucasus.....	120
Kulik K. N., Isakov A. S., Novochadov V. V. Colorimetric and Spectral Characteristics of <i>Caragana arborescens</i> and <i>Elaeagnus angustifolia</i> Leaves as Potential Indicators of Anthropogenic impact.....	129
Filimonova D. A., Vorob'eva I. G. Taxonomic Composition and Assessment of Biodiversity of Discomycetes in the Natural Landscape Object Lisyi Gorki (Foxes' Hills) of Novosibirsk Akademgorodok	138
Yablokov N. O. Nuclear Anomalies and Micronuclei in Peripheral Blood Erythrocytes of Cyprinid Fish in Rivers with Natural and Altered Thermal Regimes (Beryozovka and Teplaya Rivers, Yenisei River Basin).....	147
Ardabyeva A. G., Nikulina L. V., Minakova E. V., Rubtsova E. G. Hydrobiological Studies of the Water Bodies of the Sulak and Terek Rivers in the Republic of Dagestan	158
Kozintsev A. F., Bobko N. I., Lishaev V. N., Kuznetsov A. V., Anninsky B. E. Mineral Composition of Surface Rocks and Diversity of Microplankton in Freshwater Bodies in the Recreational Zone of Sevastopol.....	166
Schikov E. V., Mikheeva M. V. <i>Cernuella virgata</i> (Da Costa, 1778) (Mollusca, Geomitridae) – an Adventive Species in Turkmenistan	180

Инвазия череды облиственной *Bidens frondosa* L. в прибрежные фитоценозы реки Сейм в городе Курске

Арепьева Л. А., Березуцкая И. С., Аксёнова А. Ю.

Курский государственный университет

Курск, Россия

ludmilla-m@mail.ru, iberezutskaya14@yandex.ru,

Цель работы – выявить растительные сообщества, подверженные инвазии череды облиственной *Bidens frondosa* L. в прибрежной зоне реки Сейм на территории города Курска. Летом 2024 года было выполнено 20 геоботанических описаний в прибрежных экотопах. Обработка материала проводилась согласно принципам эколого-флористической классификации. В результате установлено 7 ассоциаций в составе 5 союзов, 5 порядков, 4 классов. Анализ структуры растительных сообществ выявил, что наибольшие показатели проективного покрытия характерны для ассоциаций классов *Phragmito-Magnocaricetea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Epilobietea angustifolii*, менее подверженных антропогенному влиянию. В сообществах класса *Bidentetea* проективное покрытие меньше, что связано с регулярными нарушениями растительного покрова и почвы. Максимальные показатели среднего числа видов на пробной площади – в асс. *Agrostio stoloniferae–Xanthietum albini*, для сообществ которой характерны переменный режим увлажнения и внедрение видов периодически нарушаемых местообитаний. Исследование экологических режимов показало, что *Bidens frondosa* внедряется в растительные сообщества с достаточно широким диапазоном условий местообитаний. Наибольшее варьирование характерно для таких факторов как увлажнение, кислотность почвы, затенение-освещенность, а также уровень антропогенного воздействия в условиях урбанизированной среды, что отражают показатели гемеробиальности и урбанизитета. Наиболее благоприятными условиями для череды облиственной являются повышенная влажность почвы и значительные нарушения, приводящие к формированию сообществ асс. *Bidentetum frondosae*, в которых вид доминирует и является диагностическим. В сообществах прибрежно-водной и луговой растительности классов *Phragmito-Magnocaricetea* и *Molinio-Arrhenatheretea* *Bidens frondosa* отмечается с меньшим обилием, однако встречается в них регулярно, чему может способствовать рекреационное воздействие на побережьях реки Сейм, которое приводит к деградации природных экосистем и снижению устойчивости фитоценозов к внедрению чужеродных видов.

Ключевые слова: *Bidens frondosa*, инвазия, прибрежные экотопы, растительные сообщества, Курск.

ВВЕДЕНИЕ

Bidens frondosa L. – активно распространяющийся в России инвазионный вид (Самые опасные..., 2018). В Средней России *B. frondosa* часто встречается по сырым нарушенным местообитаниям, где быстро захватывает территорию и нередко образует монодоминантные заросли (Виноградова и др., 2010). Особенно интенсивно череда облиственная, как и многие инвазионные виды, распространяется в городах, чему способствует наличие широкого спектра рудеральных экотопов с растительными сообществами, в которых ослаблена межвидовая конкуренция (Панасенко, 2021). Фитоценозы с доминированием *B. frondosa*, формирующиеся на нарушенных местообитаниях, нередко являются предметом исследования геоботаников (Булохов, Харин, 2008; Голованов, Абрамова, 2012; Арепьева, 2015; Tabašević et al., 2021). Гораздо реже в литературе встречаются сведения о сообществах естественной растительности, в которые внедряется этот вид. Так, в Брянской области выявлено, что *B. frondosa* встречается в сообществах ассоциаций *Salicetum fragilis* Psrg. 1957, *Salicetum albae* Issl. (1924) 1926, *Salicetum triandrae* (Malcuit 1929) ex Noirf. 1955, *Salicetum cinereae* Zolyomi 1931, *Filipendulo ulmariae–Alnetum glutinosae* Bulokhov et Charin 2008, *Phalaroides arundinacea* Koch ex Libbert 1931, *Caricetum gracilis* Tx. 1937, *Scirpo fluviatilis–Zizanietum latifoliae* Miyawaki et Okuda 1972, *Acoretum calami* Dagys 1932, *Agrostio giganteae–Sedetum thelephii* Bulokhov 2017, *Achilleo salicifoliae–Petasietum spurii* Bulokhov 2017 (Булохов, Харин, 2008; Булохов и др., 2020; Панасенко, 2021). В Курской области череда облиственная отмечена в фитоценозах классов *Phragmito–Magnocaricetea*, *Molinio–Arrhenatheretea*, *Isoëto–*

Nanojuncetea, *Alnetea glutinosae* (Арепьева и др., 2018). Ранее в рудеральных экотопах города Курска были описаны фитоценозы с доминированием череды, которые объединены в дериватное сообщество *Bidens frondosa* [*Bidentetea tripartitae*] (Арепьева, 2015). Фитоценозы прибрежной растительности на территории города, в которые внедряется данный вид, до настоящего времени не являлись предметом исследования.

Цель работы – выявить растительные сообщества, подверженные инвазии *Bidens frondosa* в прибрежной зоне реки Сейм на территории города Курска.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Геоботаническое обследование растительности берегов реки Сейм на территории города Курска проведено летом 2024 года. Пробные площади закладывались в прибрежной зоне вдоль русла реки, на которых выполнено 20 геоботанических описаний. Размер пробной площади варьировал в зависимости от величины и однородности сообщества. Оценка количественного участия видов дана по шкале Ж. Браун-Бланке (Миркин и др., 1989): «г» – вид чрезвычайно редок, с незначительным покрытием; «+» – вид встречается редко, степень покрытия мала; «1» – проективное покрытие до 5%; «2» – 6–25%; «3» – 26–50%; «4» – 51–75%; «5» – более 75%. Средняя высота травостоя определялась на уровне наибольшего развития растительной массы. Обработка описаний проводилась в соответствии с принципами эколого-флористической классификации (Westhoff, Maarel, 1978) с применением программы IBIS 7.2. (Зверев, 2007). Номенклатура высших синтаксонов приводится по «Vegetation of Europe...» (Mucina et al., 2016). Названия видов даны по сводке С. К. Черепанова (1995). В характеризующей таблице (табл. 1) для деревьев и кустарников указан ярус, в котором они встречаются: А – древесный, В – кустарниковый, С – низкорослые растения, не выходящие за пределы травяного яруса.

Экологические режимы сообществ по факторам увлажнения, кислотности, трофности почвы, затенения-освещённости, температурному фактору определены по шкалам Г. Элленберга (Ellenberg et al., 1992), показатели гемеробиальности и урбанотолерантности сообществ рассчитаны по шкалам Н. Г. Ильминских (1993) в программе IBIS 7.2. методом взвешенного усреднения (Зверев, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обработки геоботанических описаний установлено 7 ассоциаций в составе 4 классов растительности. Ниже приводится продромус, таблица с описаниями установленных ассоциаций и их характеристика.

Продромус

Класс *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941

Порядок *Phragmitetalia* Koch 1926

Союз *Phragmition communis* Koch 1926

Акк. *Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011

Класс *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937

Порядок *Potentillo-Polygonetalia* Tx. 1947

Союз *Potentillion anserinae* Tx. 1947

Акк. *Ranunculetum repentis* Knapp 1946 ex Oberd. 1957

Порядок *Arrhenatheretalia elatioris* Tx. 1931

Союз *Cynosurion cristati* Tx. 1931

Акк. *Trifolio-Lolietum perenni* Krippelova 1967

Класс *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preising ex von Rochow 1951

Порядок *Convolvuletalia sepium* Tx. ex Moor 1958

Союз *Senecionion fluviatilis* Tx. ex Moor 1958

Акк. *Calystegio-Angelicetum archangelicae* Passarge 1959

Класс *Bidentetea* Tx. et al. ex von Rochow 1951

Порядок *Bidentetalia* Br.-Bl. et Tx. ex Klika et Hadač 1944

Союз *Bidention tripartitae* Nordhagen ex Klika et Hadač 1944

Асс. *Polygonetum hydropiperis* Passarge 1965

Асс. *Agrostio stoloniferae–Xanthietum albi* (Panasenکو et al. 2015) corr. Bulokhov 2017

Асс. *Bidentetum frondosae* Bulokhov et al. 2020

Асс. *Glycerietum maximae* Nowiński 1930 corr. Šumberová, Chytrý et Danihelka in Chytrý 2011 (табл. 1, описания 1–2). Диагностический вид (д. в.): *Glyceria maxima*. В сообществах доминирует диагностический вид. Преобладают виды прибрежно-водных фитоценозов и влажных лугов (*Agrostis stolonifera*, *Lycopus europaeus*, *Stachys palustris*, *Leersia oryzoides*, *Myosotis palustris*, *Poa palustris*). Встречаются также виды полустепной растительности класса *Epilobietea angustifolii*, характерные для прибрежных местообитаний (*Calystegia*

Таблица

Характеризующая таблица ассоциаций

Ассоциации	1	2	3	4	5	6	7
Площадь, м²	6 12	6 6 6 12	6 12 6 6	9	8 30	6	8 8 15 12 8 6
Проективное покрытие, %							
травяной покров	70 95	93 96 70 85	85 75 65 85	90	35 65	70	97 60 55 60 45 60
мхи	– –	– – – –	– – – –	–	– –	–	– – 7 5 – –
Средняя высота травостоя, см	60 50	40 60 50 70	25 30 25 50	100	15 15	25	80 50 50 25 40 60
Число таксонов	18 36	13 11 18 16	26 26 19 22	16	15 20	34	40 27 20 21 19 20
Экологические факторы							
Увлажнение	8,1 7,2	6,9 7,9 6,8 6,6	6,4 5,3 6,7 6,2	7,8	6,6 7,6	5,7	6,6 6,1 7,1 6,9 8,1 8,5
Кислотность	7,3 7,3	6,7 7,1 6,8 7,2	6,8 6,6 6,7 7,0	7,0	5,1 6,4	7,1	7,1 7,0 6,5 6,6 6,9 6,7
Трофность	6,6 7,0	6,5 7,2 7,3 7,6	6,8 7,2 6,8 5,8	7,4	6,5 7,3	6,6	7,4 7,3 7,4 7,4 6,7 6,6
Температура	5,2 5,3	5,2 5,7 5,4 5,5	5,2 6,1 5,1 5,4	5,7	5,6 5,7	5,8	5,6 5,8 5,9 5,7 5,6 5,3
Затенение-освещенность	7,5 7,3	7,0 6,6 6,2 6,3	7,1 7,2 7,4 7,0	6,9	7,0 7,3	7,2	7,1 6,3 7,0 7,0 7,3 6,9
Гемеробияльность	5,4 5,5	5,6 5,8 5,6 6,0	5,4 6,8 5,7 5,5	5,1	5,5 5,2	6,3	6,0 6,2 5,8 5,9 5,1 5,1
Урбанотолерантность	3,0 3,1	3,5 3,2 3,2 3,4	3,3 3,8 3,3 3,5	2,6	2,8 2,7	3,7	3,5 3,6 3,3 3,3 2,9 2,9
Номер описания	1 2	3 4 5 6	7 8 9 10	11	12 13	14	15 16 17 18 19 20
Диагностические виды (Д. в.) ассоциаций							
<i>Glyceria maxima</i>	3 4			.	. . .	.	2 . . . 1 .
<i>Ranunculus repens</i>	г 2	3 5 3 3	г . г .	+	. г .	.	. г 2 2 г .
<i>Amoria repens</i>	. +	г . . .	2 3 2 2	.	г г .	.	2 . . г . .
<i>Lolium perenne</i>	. .		+ + + 2	.	. . .	+	г . + . . .
<i>Angelica archangelica</i>	. .			4	. . .	.	
<i>Persicaria hydropiper</i>	. .	+ . . .	. . + .	.	3 3	.	 г г
<i>Xanthium albinum</i>	. .			.	. . .	2	
<i>Agrostis stolonifera</i>	1 +			.	. +	1	г . . . 2 .
<i>Bidens frondosa</i>	1 2	3 2 2 3	1 2 2 1	2	+ 2	2	4 3 4 4 2 2
Д. в. класса <i>Phragmito-Magnocaricetea</i>							
<i>Lycopus europaeus</i>	+ .		2 . г 2	г	. . .	.	г . . . 1 1
<i>Phalaroides arundinacea</i>	. .	. . 1 .		2	. . .	.	 1 1
<i>Stachys palustris</i>	1 .			1	. . .	.	 1 .
<i>Leersia oryzoides</i>	. 1		. . + .	+	. . .	.	
<i>Phragmites australis</i>	. .	+ 1 . .		.	. . .	.	 1
<i>Typha angustifolia</i>	. .	. + . .		.	. . .	.	. . г . г .
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	. г			.	г г .	.	
<i>Sium latifolium</i>	г .			.	. . .	.	 г .
<i>Lythrum salicaria</i>	. +			.	. . .	.	. . г . . .
<i>Scutellaria galericulata</i>	. г			г	. . .	.	

Таблица (продолжение)

Ассоциации	1	2	3	4	5	6	7
Д. в. класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>							
<i>Taraxacum officinale</i>	. +	. . . +	r + r r	.	. .	+	+ r r r . .
<i>Festuca pratensis</i>	r +	2 . . .	2 . 2 2	.	r .	r	. r . + + +
<i>Myosotis palustris</i>	r 1	+ . . .		.	. .	.	
<i>Juncus compressus</i>	. r		. . + .	.	. .	.	
<i>Poa palustris</i>	+ 2	. r . .		.	. .	.	2 . . + . .
<i>Trifolium pratense</i>	r .		r . r .	.	. r	.	. . r . . .
<i>Poa trivialis</i>	. .	. . + .	1 . 1 .	.	. +	2	. r + 1 . .
<i>Poa pratensis</i>	. .	. + . .	. . . 1	.	. .	+	. r
<i>Achillea millefolium</i>	. .		. . . r	.	. r	.	
<i>Cerastium holosteoides</i>	. .		+ . . 2	.	. .	2	
<i>Potentilla anserina</i>	. .		. . . r	.	r r	+	
Д. в. класса <i>Epilobietea angustifolii</i>							
<i>Solanum dulcamara</i>	. .	. . r .		r	. .	.	. +
<i>Calystegia sepium</i>	. r		. . r .	+	. .	.	r
<i>Lapsana communis</i>	. .		. r . .	.	. .	.	. r
<i>Veronica chamaedrys</i>	. .		r . . .	.	. .	.	. r
<i>Scrophularia nodosa</i>	. r	. . 2 r		.	. .	.	r
<i>Lamium maculatum</i>	. .	. . r r		.	. .	.	. r
<i>Chelidonium majus</i>	. .		. r . .	.	. .	.	r 1 . r . .
<i>Rumex obtusifolius</i>	. r	. . . r		.	. .	.	. . r r . .
<i>Glechoma hederacea</i>	. .	. . . r	+ . . .	.	. .	.	r
<i>Rubus caesius</i>	. +	. + r 2		.	. .	.	r r
<i>Urtica dioica</i>	. r	. . + 2	+ . . .	.	. .	.	r 1
<i>Humulus lupulus</i>	. .	. r r .	. r . .	.	. .	.	
<i>Carduus crispus</i>	. .	. . . r		.	. .	r	
<i>Arctium tomentosum</i>	. .		r r . .	.	. .	2	
Д. в. класса <i>Lemnetea</i>							
<i>Lemna minor</i>	2 .		+ . 1 +	.	. .	.	. . + + 1 2
Д. в. класса <i>Bidentetea</i>							
<i>Mentha arvensis</i>	1 1	. . 2 .	+ . . .	1	. .	.	 r +
<i>Myosoton aquaticum</i>	. r	. . 1 +	+ . . .	.	. .	.	1 . . . r .
<i>Persicaria lapathifolia</i>	. r			.	. .	.	+ . . . 1 +
<i>Rorippa palustris</i>	. .	. r . .	. . r .	.	+ +	.	
<i>Atriplex prostrata</i>	. .			.	. .	.	r . . . + +
<i>Ranunculus sceleratus</i>	. .			.	. 2	.	r . + 1 . .
<i>Echinochloa crusgalli</i>	. .		. 1 . .	.	. .	.	. . . + . .
<i>Persicaria minor</i>	. .			.	. .	.	. . 2 2 . .
Д. в. класса <i>Polygono-Poetea annuae</i>							
<i>Plantago major</i>	+ 2	r . 1 .	1 . 2 r	.	+ +	+	1 r + 2 . .
<i>Poa annua</i>	. r	. . + .	3 + 1 .	.	+ .	.	+ 2 + 1 . .
<i>Polygonum aviculare</i>	. r			.	1 r	r	. . r r . .
<i>Lepidotheca suaveolens</i>	. .			.	+ r	.	
Д. в. класса <i>Sisymbrietea</i>							
<i>Sonchus oleraceus</i>	. .	. . . r	. 1 . .	r	. .	.	r
<i>Atriplex patula</i>	. .		. r . .	.	. .	.	r
<i>Galinsoga ciliata</i>	. r		. 1 . .	.	. .	.	+
<i>Conyza canadensis</i>	. r		. r r .	.	. .	r	r r
<i>Chenopodium album</i>	. r		. + . .	.	. .	r	r r
<i>Lactuca serriola</i>	. .	r . . r		.	. .	+	r + . . r .
<i>Cirsium arvense</i>	. r	r . . .	. r . +	.	. .	r	r +
<i>Sonchus arvensis</i>	. 1		. . . r	.	. .	.	+
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	. .			.	. .	1	r r
<i>Stellaria media</i>	. .			.	. r	r	. +
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	. .			.	r .	.	. . r . . .

Таблица (продолжение)

Ассоциации	1	2	3	4	5	6	7
Д. в. класса Artemisietea vulgaris							
<i>Elytrigia repens</i>	. +		. . r r	+	. .	2	r r
<i>Artemisia vulgaris</i>	. .					. .	r . . r . .
<i>Tussilago farfara</i>	. .					. .	. . + + . .
<i>Artemisia absinthium</i>	. r		. r . .			r	
<i>Melilotus officinalis</i>	. .		r . . r			r	
Прочие виды							
<i>Acer negundo</i> C	. .	. r 1 +	r . . r	r	+ 1	r	. 2 r r r r
<i>Phalacrolooma annuum</i>	. r		. 1 . .			2	r 1 + . .
<i>Ulmus glabra</i> B, C	. r	. . r .	. r . .			r	r
<i>Cardamine impatiens</i>	. .	. . r r				. .	+
<i>Carex hirta</i>	. .	2 . . .	1 . . 2			+	
<i>Juncus bufonius</i>	. .				2 1	. .	
<i>Medicago lupulina</i>	. .					+	r
<i>Salix fragilis</i> A	. .					. .	r r

Примечание к таблице. Встречены в одном описании: *Acer platanoides* 16 (r), *Aegopodium podagraria* 15 (1), *Alisma plantago-aquatica* 13 (r), *Alliaria petiolata* 15 (r), *Alnus glutinosa* A 20 (r), *Alopecurus arundinaceus* 15 (r), *A. pratensis* 13 (r), *Amaranthus retroflexus* 8 (+), *Anisantha tectorum* 2 (r), *Ballota nigra* 14 (r), *Bidens tripartita* 8 (r), *Bromus commutatus* 10 (+), *B. japonicus* 20 (r), *B. mollis* 10 (+), *Carex acuta* 20 (1), *C. contigua* 14 (+), *C. pseudocyperus* 19 (2), *C. sp.* 1 (r), *Cynoglossum officinale* 14 (r), *Dactylis glomerata* 10 (r), *Daucus carota* 10 (+), *Descurainia sophia* 14 (1), *Echium vulgare* 8 (r), *Elymus caninus* 1 (+), *Equisetum arvense* 11 (+), *Fallopia convolvulus* 20 (r), *Festuca arundinacea* 1 (2), *F. gigantea* 18 (r), *Filipendula ulmaria* 20 (r), *Galeopsis bifida* 15 (r), *Galium aparine* 7 (r), *G. palustre* 20 (+), *Geum urbanum* 5 (r), *Glyceria plicata* 13 (2), *Juncus articulatus* 2 (+), *J. tenuis* 12 (r), *Lysimachia nummularia* 3 (r), *L. vulgaris* 7 (r), *Persicaria maculata* 15 (1), *Phleum pratense* 8 (r), *Plantago lanceolata* 7 (r), *Poa sp.* 15 (r), *Populus alba* 1 (r), *Potentilla argentea* 14 (r), *Rumex crispus* 14 (r), *R. hydrolapathum* 4 (r), *Salix caprea* B 7 (r), *Sambucus nigra* B 8 (r), *S. racemosa* B 6 (r), *Scirpus sylvaticus* 11 (r), *Setaria pumila* 8 (1), *S. viridis* 8 (r), *Stachys annua* 16 (r), *Symphytum officinale* 3 (r), *Tanacetum vulgare* 17 (r), *Veronica arvensis* 14 (r).

Ассоциации: 1 – *Glycerietum maximae*, 2 – *Ranunculetum repentis*, 3 – *Trifolio-Lolietum perenni*, 4 – *Calystegio-Angelicetum archangelicae*, 5 – *Polygonetum hydropiperis*, 6 – *Agrostio stoloniferae-Xanthietum albi*, 7 – *Bidentetum frondosae*.

Ярус: А – древесный, В – кустарниковый, С – иматурные и виргинильные особи древесных и кустарниковых видов, не выходящие за пределы травяного яруса.

Локализация описаний. Курская обл., г. Курск: 1, 19, 20 – заболоченный берег реки Сейм в окрестностях пляжа «Здоровье» (51.68243 с. ш., 36.14244 в. д.), 15.06.2024; 2, 8, 15 – правый берег реки Сейм в окрестностях моста по проспекту Кулакова (51.68107 с. ш., 36.15132 в. д.), 23.06.2024; 3, 6 – правый берег реки Сейм в урочище Солянка в окрестностях Суворовского пляжа (51.68847 с. ш., 36.13275 в. д.), 01.06.2024; 4, 5, 16 – правый берег реки Сейм в урочище Солянка около заболоченной старицы (51.68714 с. ш., 36.12140 в. д.), 01.06.2024; 7, 10, 14 – левый берег реки Сейм в окрестностях Стешинского моста (51.67966 с. ш., 36.06120 в. д.), 08.06.2024; 9, 11 – правый берег реки Сейм в окрестностях моста по проспекту Кулакова (51.68039 с. ш., 36.14880 в. д.), 15.06.2024; 12, 13 – заболоченные участки на левом берегу реки Сейм в окрестностях Стешинского моста (51.67901 с. ш., 36.06208 в. д.), 08.06.2024; 17, 18 – заболоченные участки на правом берегу реки Сейм в окрестностях моста по проспекту Кулакова (51.68107 с. ш., 36.15132 в. д.), 23.06.2024.

sepium, *Scrophularia nodosa*, *Rubus caesius*, *Urtica dioica*). Присутствие синантропных урбанофильных видов (*Elytrigia repens*, *Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis*, *Galinsoga ciliata*, *Conyza canadensis*, *Chenopodium album*) обусловлено расположением сообществ в черте города. Средняя высота травостоя – 50–60 см, проективное покрытие – 70–95 %. Число видов в описаниях – 18–36. Сообщества ассоциации описаны на пологих берегах и граничат с фитоценозами водных растений. На территории Курской области они широко распространены в центральных и западных районах в бассейне Сейма и его притоков и занимают мелководья вдоль речных русел, окраины стариц, плоские низины в поймах рек (Полуянов, Аверинова, 2012).

Асс. *Ranunculetum repentis* Knapp ex Oberd. 1957 (табл. 1, описания 3–6). Д. в.: *Ranunculus repens*. Сообщества распознаются по доминированию *Ranunculus repens*. На пробных площадях реже встречаются виды класса *Phragmito-Magnocaricetea* по сравнению с предыдущей ассоциацией, что объясняется расположением сообществ в менее увлажнённых местообитаниях. Более выражено также участие видов класса *Epilobietea angustifolii*. Иногда встречается поросль *Acer negundo* и *Ulmus glabra*. Средняя высота травостоя – 40–70 см, проективное покрытие – 70–96 %. Число видов в описаниях – 11–18. Сообщества формируются как на открытых участках, так и в тени деревьев, на пологих, нередко топких берегах с песчано-илистыми грунтами. Ассоциация ранее для Курской области не приводилась.

Асс. *Trifolio-Lolietum perenni* Krippelova 1967 (табл. 1, описания 7–10). Синоним: *Lolio-Trifolietum repentis* Resmerita & Pop 1967. Д. в.: *Amoria repens*, *Lolium perenne*. В сообществах преобладают луговые виды союза *Cynosurion cristati* и порядка *Arrhenatheretalia elatioris*. С наибольшим обилием встречаются *Amoria repens*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Festuca pratensis*. Средняя высота травостоя – 25–50 см, проективное покрытие – 65–85 %. Число видов в описаниях – 19–26. Выявленная ассоциация относится к союзу *Cynosurion cristati*, объединяющему низкотравные луга, формирующиеся под влиянием выпаса. Описания выполнены нами в местообитаниях, где выпас отсутствует, однако они подвергаются рекреационной нагрузке. Сообщества часто встречаются на участках берегов, где происходит ловля рыбы. Нередко для таких местообитаний характерна замусоренность и наличие кострищ. Ассоциация для Курской области приводится впервые. Ранее фитоценозы с близким флористическим составом, выявленные на выпасаемых участках в поймах рек, рассматривались как базальное сообщество *Amoria repens-Lolium perenne* [*Cynosurion cristati*] (Полуянов, Аверинова, 2012).

Асс. *Calystegio-Angelicetum archangelicae* Passarge 1959 (табл. 1, описание 11). Д. в.: *Angelica archangelica*. В сообществе доминирует высокорослый вид *Angelica archangelica*, максимальная высота его на пробной площади составляет 2 м, средняя высота травостоя – 100 см, проективное покрытие – 90 %. Число видов в описании – 16, среди которых многочисленны виды класса *Phragmito-Magnocaricetea* (*Phalaroides arundinacea*, *Lycopus europaeus*, *Stachys palustris*, *Leersia oryzoides*, *Scutellaria galericulata*) и порядка *Convolvuletalia sepium* класса *Epilobietea angustifolii* (*Angelica archangelica*, *Calystegia sepium*, *Solanum dulcamara*). На территории Курской области сообщества ассоциации ранее были описаны в некоторых городах и посёлках, где они изредка встречаются в мало нарушенных местообитаниях по берегам водоемов, в канавах (Арепьева, 2024).

Асс. *Polygonetum hydropiperis* Passarge 1965 (табл. 1, описания 12–13). Д. в.: *Persicaria hydropiper*. Фитоценозы ассоциации распознаются по доминированию диагностического вида. Это невысокие сообщества (средняя высота – 15 см) с проективным покрытием 35–65 %. Число видов в описаниях – 15–20. В ценофлоре наиболее представлены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea*, *Bidentetea* и *Polygono-Poetea annuae*. Сообщества описаны по берегам Сейма в пониженных участках на сырых, непросыхающих почвах. Ассоциация приводится для Курской области в составе антропогенной растительности (Арепьева, 2023). Её сообщества изредка встречаются в населённых пунктах на переувлажнённых местообитаниях.

Асс. *Agrostio stoloniferae-Xanthietum albinii* (Panassenko et al. 2015) corr. Bulokhov 2017. Синоним: *Bidenti frondosae-Xanthietum albinii* Panassenko et al. 2015 (табл. 1, описание 14). Д. в.: *Agrostis stolonifera*, *Xanthium albinum*. В травостое преобладают *Xanthium albinum* и *Bidens frondosa*, менее обильно представлены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea*, *Polygono-Poetea annuae*, *Epilobietea angustifolii*, *Sisymbrietea*, *Artemisietea vulgaris*. Средняя высота травостоя – 25 см, проективное покрытие – 70 %. Число видов в описании – 34. Сообщества описаны в нижней части эродированного берегового склона на супесчаной почве. В Курской области данная ассоциация выявлена на урбанизированных территориях, где встречается в периодически затопляемых местообитаниях (Арепьева, 2023).

Асс. *Bidentetum frondosae* Bulokhov et al. 2020 (табл., описания 15–20). Д. в.: *Bidens frondosa*. В сообществах доминирует диагностический вид. Во флористическом составе

наблюдается сочетание видов прибрежно-водной, луговой и антропогенной растительности. Средняя высота травостоя – 25–80 см, проективное покрытие – 45–97 %. Число видов в сообществах – 19–40. Фитоценозы выявлены на пологих участках берегов, в понижениях. Они формируются на месте сообществ асс. *Bidentetum tripartitae* Koch 1926 (класс *Bidentetea*), диагностический вид которой *Bidens tripartita* встречается в последнее время на территории Курска редко (Скляр, 2017), так как его интенсивно вытесняет из фитоценозов *Bidens frondosa* (Виноградова, 2010; Виноградова и др., 2010; Васильева, Папченков, 2011; Галкина и др., 2015). Асс. *Bidentetum frondosae* указывается для территории Курской области в составе антропогенной растительности (Арепьева, 2023). Её сообщества широко распространены в населённых пунктах по различным нарушенным местообитаниям.

На рисунке 1 показано изменение средних значений проективного покрытия травяного яруса, высоты травостоя и числа видов в сообществах выявленных ассоциаций. Проективное покрытие изменяется в широких пределах от 50 до 90 %. Наибольшие показатели характерны для сообществ ассоциаций *Glycerietum maximae*, *Ranunculetum repentis*, *Trifolio-Lolietum perenni*, *Calystegio-Angelicetum archangelicae*. Эти фитоценозы подвержены незначительному антропогенному влиянию и характеризуется более плотным травостоем. В сообществах класса *Bidentetea* (ассоциации 5–7) проективное покрытие меньше, что связано с регулярным воздействием на растительный покров и почву (нарушения колесами автомобилей, чрезмерная рекреация, выпас домашних животных).

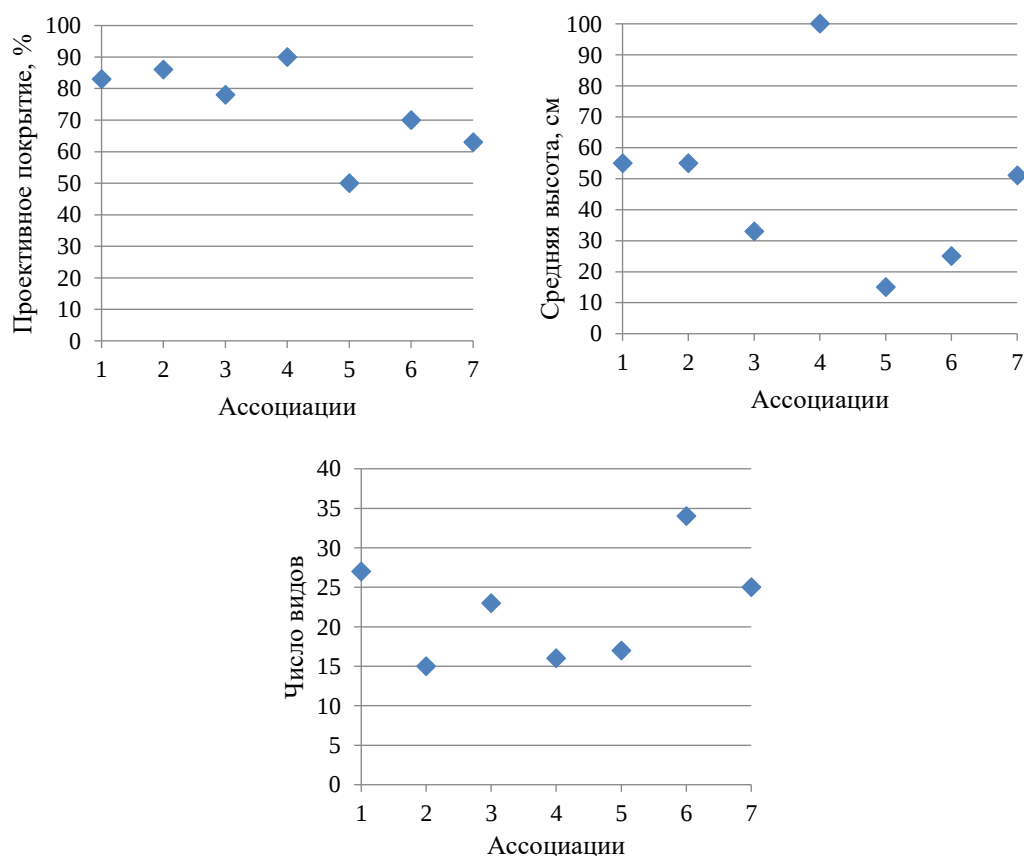


Рис. 1. Средние значения проективного покрытия, высоты травостоя и числа видов
в описанных сообществах

Ассоциации: 1 – *Glycerietum maximae*, 2 – *Ranunculetum repentis*, 3 – *Trifolio-Lolietum perenni*, 4 – *Calystegio-Angelicetum archangelicae*, 5 – *Polygonetum hydropiperis*, 6 – *Agrostio stoloniferae-Xanthietum albini*, 7 – *Bidentetum frondosae*.

Высота травяного яруса также варьирует в широких пределах (15–100 см). Закономерно, что наиболее высокорослые растения обнаружены в фитоценозах с доминированием *Angelica archangelica*. Их максимальная высота достигает 2-х метров. Черда облиственная в данных сообществах встречается не обильно, так как широкие листья дудника создают затенение, и для череды эти условия не являются подходящими. Наименьшая высота характерна для растений в фитоценозах асс. *Polygonetum hydropiperis*. Их травостой сложен преимущественно низкорослыми видами: *Persicaria hydropiper*, *Ranunculus sceleratus*, *Plantago major*, *Juncus bufonius*, *Rorippa palustris*. Черда в этих сообществах присутствует с проективным покрытием от 1 до 15 %.

Средние показатели числа видов изменяются от 12 до 34 видов. Максимальное значение – в асс. *Agrostio stoloniferae*–*Xanthietum albinii*. В результате периодических нарушений как природного, так и антропогенного характера в её сообщества происходит внедрение большого числа однолетников, являющихся сорными видами: *Tripleurospermum inodorum*, *Conyza canadensis*, *Lactuca serriola*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*. Из антропогенного влияния здесь наблюдаются рекреация и периодический выпас. Растительный покров и почва нарушаются также в результате эрозионных процессов берегового склона под влиянием разливов реки и ливневых дождей. Для местообитаний данной ассоциации характерен переменный режим увлажнения, благодаря чему в её ценофлоре сочетаются виды различных экологических групп: относящиеся как к гигро- и гелофитному ряду (*Agrostis stolonifera*, *Potentilla anserina*), так и ксерофитному (*Artemisia absinthium*, *Potentilla argentea*). Черда облиственная присутствует на пробной площади с проективным покрытием 25 %. Регулярные нарушения способствуют ослаблению конкуренции со стороны других видов и появлению непокрытых растениями участков почвы, которые *Bidens frondosa* быстро захватывает.

Изменение средних значений показателей экологических факторов сообществ показано в табл. 1 и на рис. 2. По шкале увлажнения данные сообщества располагаются в интервале от средневлажных (свежих) до сырых, непросыхающих, часто плохо аэрируемых почв. Их средние значения варьируют от 5,7 до 7,8. Наиболее увлажнённые местообитания (7,1–7,8) характерны для сообществ ассоциаций *Glycerietum maximae*, *Ranunculetum repentis*, *Calystegio*–*Angelicetum archangelicae*, *Polygonetum hydropiperis* и *Bidentetum frondosae*. С наибольшим покрытием *Bidens frondosa* встречается в сообществах асс. *Bidentetum frondosae*, в которых для данного вида складываются оптимальные условия: влажность почвы и недавние нарушения, приведшие к образованию несомкнутого растительного покрова. Менее увлажнённые местообитания занимают луговые сообщества асс. *Trifolio*–*Lolietum perenni* и фитоценозы асс. *Agrostio stoloniferae*–*Xanthietum albinii* с переменным режимом увлажнения.

Средние значения кислотности почв в сообществах изменяются от 5,8 до 7,3, что соответствует слабокислым и нейтральным почвам. По данному показателю наиболее отличаются фитоценозы асс. *Polygonetum hydropiperis*, формирующиеся на почвах от умеренно (5,1) до слабокислых (6,4). *Bidens frondosa* в данных сообществах встречается не обильно, возможно, из-за пониженной кислотности, так как её оптимум по данному фактору соответствует нейтральным почвам (7 баллов по шкале Г. Элленберга) (Ellenberg et al., 1992).

По 9-бальной шкале трофности описанные сообщества располагаются на градиенте от 5,3 до 7,6. Средние значения находятся в интервале от 6,6 до 7,4, что соответствует почвам с повышенным содержанием минерального азота. Урбофитоценозы, как правило, характеризуются повышенной трофностью почвы, поэтому естественные растительные сообщества, расположенные на территории городов также подвергаются эвтрофикации, что связано с регулярным антропогенным воздействием (Ишбирдина, Ишбирдин, 1992).

Средние показатели температуры варьируют незначительно – от 5,3 до 5,8, что соответствует преобладанию в сообществах умеренно теплолюбивых видов. Наибольшие показатели характерны для периодически затопляемых сообществ асс. *Agrostio stoloniferae*–*Xanthietum albinii*.

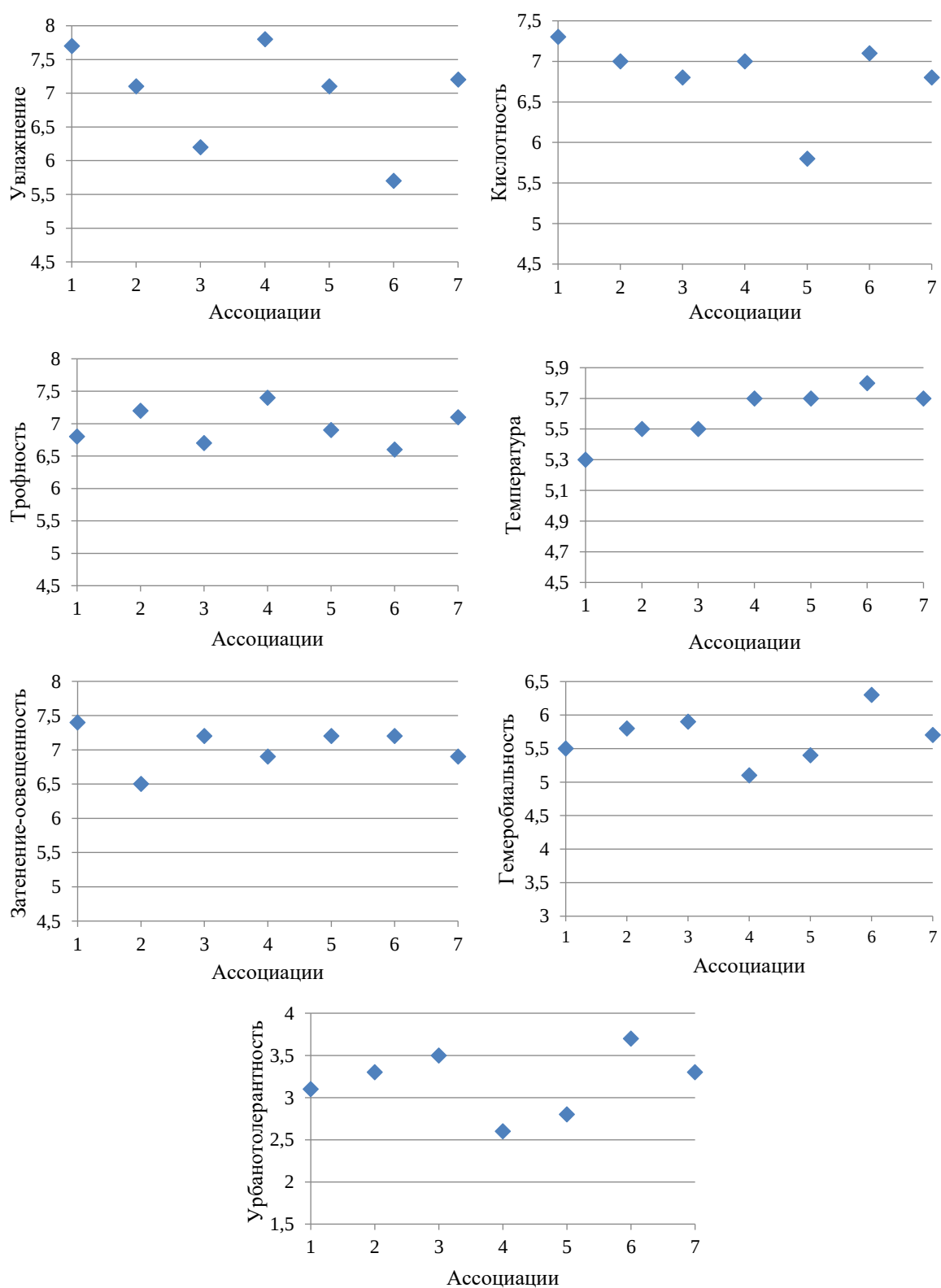


Рис. 2. Средние значения показателей экологических факторов сообществ
Ассоциации: 1 – *Glycerietum maximae*, 2 – *Ranunculetum repentis*, 3 – *Trifolio-Lolietum perenni*, 4 – *Calystegio-Angelicetum archangelicae*, 5 – *Polygonetum hydropiperis*, 6 – *Agrostio stoloniferae-Xanthietum albi*, 7 – *Bidentetum frondosae*.

Средние показатели затенения–освещённости составляют 6,5–7,4. Наименьшие показатели характерны для асс. *Ranunculetum repentis*, фитоценозы которой нередко располагаются в тени деревьев, растущих по берегам реки (*Acer negundo*, *Alnus glutinosa*, *Salix fragilis*, *Ulmus glabra* и др.). В её сообществах повышено участие видов затенённых местообитаний класса *Epilobietea angustifolii* (*Lamium maculatum*, *Rubus caesius*, *Scrophularia nodosa*). Остальные сообщества тяготеют к открытым местообитаниям.

Шкала гемеробиальности включает 9 ступеней, соответствующих степени антропогенной нарушенности местообитаний, начиная от полного отсутствия антропогенного влияния (1 ступень) до предельно высокого (9 ступень). Шкала урбанотолерантности (урбанитета) показывает отношение растений к урбанизации и включает 5 ступеней – от урбанофобов экстремальной категории (1 ступень) до экстремальных урбанофилов (5 ступень) (Ильминских, 1993). Как видно из рис. 2, графики изменения значений данных параметров отражают сходные закономерности. Средние показатели гемеробиальности изменяются от 5,1 (в сообществах складываются оптимальные условия для видов, активность которых возрастает при регулярном умеренном антропогенном воздействии) до 6,3 (преобладают виды, предпочитающие экотопы с довольно сильным и регулярным воздействием). Наибольшие показатели (5,9–6,3) выявлены для сообществ ассоциаций *Trifolio–Lolietum perenni* и *Agrostio stoloniferae–Xanthietum albinii*, в которых также возрастают показатели урбанотолерантности (3,5–3,7), и в следствие этого увеличивается участие урбанонейтральных видов (*Agrostis stolonifera*, *Amoria repens*, *Cerastium holosteoides*, *Trifolium pratense*) и умеренных урбанофилов (*Arctium tomentosum*, *Conyza canadensis*, *Elytrigia repens*, *Lolium perenne*, *Melilotus officinalis*). Наименьшие показатели гемеробиальности (5,1–5,5) и урбанитета (2,6–3,1) характерны для ассоциаций *Glycerietum maximae*, *Calystegio–Angelicetum archangelicae*, *Polygonetum hydropiperis*. В их ценофлорах более выражена роль экстремальных и умеренных урбанофобов (*Angelica archangelica*, *Glyceria maxima*, *Persicaria hydropiper*, *Scutellaria galericulata*, *Veronica anagallis-aquatica*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате геоботанического обследования прибрежных экотопов реки Сейм на территории города Курска выявлены растительные сообщества с участием инвазионного вида *Bidens frondosa*. В системе эколого-флористической классификации данные сообщества отнесены к 7 ассоциациям, 5 союзам, 5 порядкам, 4 классам (*Phragmito–Magnocaricetea*, *Molinio–Arrhenatheretea*, *Epilobietea angustifolii*, *Bidentetea*). Две ассоциации *Ranunculetum repentis* Knapp 1946 ex Oberd. 1957 и *Trifolio–Lolietum perenni* Krippelova 1967 впервые приводятся для территории Курской области.

Анализ структуры растительных сообществ показал, что наибольшие показатели проективного покрытия характерны для ассоциаций классов *Phragmito–Magnocaricetea*, *Molinio–Arrhenatheretea*, *Epilobietea angustifolii*, менее подверженных антропогенному влиянию. В сообществах класса *Bidentetea* проективное покрытие меньше, что связано с регулярными нарушениями растительного покрова и почвы. Максимальные показатели числа видов на пробной площади – в асс. *Agrostio stoloniferae–Xanthietum albinii*, для сообществ которой характерен переменный режим увлажнения.

Исследование экологических режимов показало, что *Bidens frondosa* внедряется в растительные сообщества с достаточно широким диапазоном условий местообитаний. Наибольшее варьирование характерно для таких факторов как увлажнение, кислотность почвы, затенение–освещённость, а также уровень антропогенного воздействия в условиях урбанизированной среды, что отражают показатели гемеробиальности и урбанитета. Наиболее благоприятными условиями для череды облиственной являются повышенная влажность почвы и значительные нарушения, приводящие к формированию сообществ асс. *Bidentetum frondosae*, в которых вид доминирует и является диагностическим. В сообществах прибрежно-водной и луговой растительности классов *Phragmito–Magnocaricetea* и *Molinio–*

Arrhenatheretea B. frondosa отмечается с меньшим обилием, однако встречается в них регулярно, чему может способствовать рекреационное воздействие на побережьях реки Сейм, которое приводит к деградации природных экосистем и снижению устойчивости фитоценозов к внедрению чужеродных видов.

Список литературы

- Арепьева Л. А. Синантропная растительность города Курска. – Курск, 2015. – 203 с.
- Арепьева Л. А. Продромус антропогенной растительности Курской области // Систематические и флористические исследования Северной Евразии. – М., 2023. – С. 27–32.
- Арепьева Л. А. К синтаксономии антропогенной растительности Курской области // Растительность России. – 2024. – № 48. – С. 3–50. DOI: 10.31111/vegrus/2024.48.3.
- Арепьева Л. А., Полуянов А. В., Скляр Е. А. Распространение и инвазионный статус *Bidens frondosa* L. в Курской области // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2018. – Вып. 1 (13). – С. 3–9. DOI: 10.22281/2307-4353-2018-1-03-09.
- Булохов А. Д., Ивенкова И. М., Панасенко Н. Н. Антропогенная растительность Брянской области. – Брянск, 2020. – 309 с.
- Булохов А. Д., Харин А. В. Растительный покров Брянска и его пригородной зоны (синтаксономия и мониторинг). – Брянск, 2008. – 310 с.
- Васильева Н. В., Папченков В. Г. Механизмы воздействия инвазионной *Bidens frondosa* L. на аборигенные виды череды // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2011. – № 1. – С. 15–22.
- Виноградова Ю. К. Изменчивость и конкурентоспособность череды облиственной *Bidens frondosa* L. в естественном и вторичном ареалах // Бюллетень Главного ботанического сада Российской академии наук. – 2010. – Вып. 196(3). – С. 3–23.
- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России. – М., 2010. – 494 с.
- Галкина М. А., Виноградова Ю. К., Шанцер И. К. Биоморфологические особенности и микроэволюция инвазионных видов рода *Bidens* L. // Известия Российской академии наук. Серия Биологическая. – 2015. – № 4. – С. 382–392.
- Голованов Я. М., Абрамова Л. М. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). III. Синантропная растительность (классы *Bidentetea tripartitae*, *Stellarietea mediae*, *Artemisietea vulgaris* // Растительность России. – 2012. – Вып. 21. – С. 34–65.
- Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учебное пособие. – Томск, 2007. – 304 с.
- Ильминских Н. Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: спец. 03.00.05 Ботаника. – СПб.: СПбГУ, – 1993. – 36 с.
- Ишбирдина Л. М., Ишбирдин А. Р. Урбанизация как фактор антропогенной эволюции флоры и растительности // Журнал общей биологии. – 1992. – Т. 53, № 2. – С. 211–224.
- Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М. 1989. – 223 с.
- Панасенко Н. Н. Роль инвазионных растений в современных процессах преобразования растительного покрова: дис. ... докт. биол. наук: спец. 1.5.9 Ботаника. – Брянск, 2022. – 326 с.
- Полуянов А. В., Аверинова Е. А. Травяная растительность Курской области (синтаксономия и вопросы охраны). – Курск, 2012. – 276 с.
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / [Ред. Дгебуадзе Ю. Ю., Петросян В. Г., Хляп Л. А.]. – М., 2018. – 687 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб., 1995. – 992 с.
- Ellenberg H., Weber H. E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // Scripta Geobotanica. – 1992. – Bd. 18, Iss. 2. – S. 1–258.
- Mucina et al. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19, suppl. 1. – P. 3–264. DOI: 10.1111/avsc.12257
- Tabašević M., Jovanović S., Lakušić D., Vukojić S., Kuzmanović N., Diversity of Ruderal Communities in Urban Environments – A Case Study from Serbia (SE Europe) // Diversity. – 2021. – Vol. 13 (638). DOI: 10.3390/d13120638
- Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities / [Ed. R. H. Whittaker]. The Hague. – 1978. – P. 287–399. DOI: 10.1007/978-94-009-9183-5_9.

Arepieva L. A., Berezutskaya I. S., Aksenova A. Yu. Invasion of *Bidens frondosa* L. in the Coastal Phytocenoses of the Sejm River in Kursk // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 7–18.

The aim of the study is to identify plant communities susceptible to the invasion of *Bidens frondosa* in the coastal zone of the Sejm River in Kursk. During the summer of 2024, twenty relevés were conducted in coastal ecotopes. The processing of the material was carried out according to the principles of ecological-floristic approach. As a result, seven associations were identified, consisting of 5 unions, 5 orders and 4 classes. The analysis of the structure of plant communities revealed that the highest rates of plant cover were typical for associations belonging to the classes of *Phragmito-Magnocaricetea*, *Molinio-Arrhenatheretea* and *Epilobietea angustifolii*, which were less susceptible to anthropogenic influence. The communities classified as *Bidentetea* class, exhibited lower plant cover, which is associated with regular disturbances of vegetation and soil. The maximum average number of species per a test plot was observed in association *Agrostio stoloniferae*–*Xanthietum albinii*, characterized by a variable moisture regime and the presence of species from periodically disturbed habitats. A study of ecological regimes has shown that *Bidens frondosa* is embedded in plant communities with a sufficiently wide range of habitat conditions. The greatest variation is typical for such factors as moisture, soil acidity, shading and illumination, as well as the level of anthropogenic impact in an urban environment, which reflect the indicators of hemerobiality and urbanity. The most favorable conditions for *Bidens frondosa* are increased soil moisture and severe disturbances developing in communities of *Bidentetum frondosae* association, in which this species dominates and serves as a diagnostic indicator. In communities of riparian-aquatic and meadow vegetation belonging to the classes of the *Phragmito-Magnocaricetea* and *Molinio-Arrhenatheretea*, *Bidens frondosa* is recorded in lower abundance. However, it occurs there regularly in them, potentially influenced by recreational activities along the banks of the Sejm River, which contribute to the degradation of natural ecosystems and reduce the resilience of phytocenoses to the invasion of alien species.

Ключевые слова: *Bidens frondosa*, invasion, coastal ecotopes, plant communities, Kursk.

Поступила в редакцию 26.12.24

Принята к печати 15.01.25

Видовое разнообразие и жизненное состояние деревьев и кустарников городского округа Подольск

Парахина Е. А.¹, Усачева Е. В.², Могилёва Е. Е.¹

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы
Москва, Россия

parakhina-ea@rudn.ru, 1132249316@pfur.ru

² ООО ГидраИнж Консалт

Подольск, Россия

katty654@yandex.ru

Современные города сталкиваются с разнообразными экологическими проблемами. Озеленение городских территорий становится важным инструментом для улучшения качества жизни населения и повышения устойчивости урбоэкосистем. Растения являются неотъемлемой частью городской инфраструктуры, выполняя целый комплекс функций. Особенную роль в формировании урбоэкосистемы играют деревья и кустарники, видовое разнообразие которых позволяет поддерживать экологический баланс городской среды. В данной статье рассматривается видовое разнообразие и состояние дендрофлоры в Подольском городском округе, а также жизненное состояние древесных и кустарниковых растений. На территории городского округа Подольск было выявлено 68 видов деревьев и кустарников, относящихся к 19 семействам и 37 родам. Наиболее распространенными семействами являются Rosaceae и Salicaceae. Из всех древесных растений Подольска 25 видов являются дикорастущими, 43 – интродуцированными. Анализ показал, что 57,6 % деревьев и 63,1 % кустарников находятся в хорошем состоянии, однако некоторые зеленые насаждения в городском округе требуют дополнительного ухода и восстановления. Также вычислен средний балл состояния для каждого вида и общий коэффициент состояния деревьев и кустарников. Выявлено, что часть древесных насаждений и кустарников общего и ограниченного пользования городского округа Подольск являются здоровыми, а часть ослабленными. Проведение мониторинга состояния зеленых насаждений позволяет выявить недостатки в их инфраструктуре и способствует оптимальному управлению этой инфраструктурой, что, в свою очередь, помогает создавать комфортную и экологически безопасную городскую среду.

Ключевые слова: дендрофлора, видовое разнообразие, урбанизация, зеленая инфраструктура, жизненное состояние.

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация – сложное, стремительно растущее явление. По оценке ООН к 2050 году доля городских жителей увеличится до 68 % (UNDESA, 2024; Green infrastructure..., 2024). В связи с этим многократно увеличивается нагрузка на урбоэкосистемы, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды и увеличению числа заболеваний у горожан (Григорьевская и др., 2012; Парахина, Киселева, 2024). Особенно остро данная проблема стоит в агломерациях.

Подольск является частью самой крупной агломерации России – Московской. Городской округ расположен в Московской области на Москворецко-Окской равнине, по берегам реки Пахры, к югу от Москвы. Площадь его составляет 339,12 км², из которых к сельским территориям относятся 275,22 км², а к городским – 37,92 км² (Поцелуев, Петреев, 1999; Подольск..., 2025), городское население по данным на 1 января 2024 года – 312911 человек (Управление..., 2025).

Для поддержания экологического баланса территории используются зеленые насаждения, которые в городах играют исключительную роль и выполняют целый ряд функций: экологические, санитарно-гигиенические, рекреационные, средообразующие и так далее. Особое значение имеют древесные растения. Они участвуют в поглощении выбросов загрязняющих веществ и пыли, выделяют кислород и фитонциды, являются основой урбоэкосистемы (Бухарина и др., 2007; Клевцова, Михеев, 2020, 2022).

Цель работы – выявить видовой состав древесных растений и оценить их жизненное состояние для разработки мероприятий по созданию и улучшению городской среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Формирование зеленых насаждений Подольска тесно связано с развитием города, который получил свой статус в 1781 году по указу Екатерины II, в скором времени став купеческим городом. Во второй половине XIX века началось его промышленное развитие. К началу Великой Отечественной войны Подольск вырос, численность населения увеличилось в 4 раза, появились новые промышленные предприятия, образовательные и культурные учреждения. В послевоенные годы город активно развивался. Городской округ Подольск был образован 1 июня 2015 года и включает в себя города Климовск, Подольск, городское поселение Львовский, сельские поселения Дубровицкое, Лаговское и Стрелковское Подольского муниципального района. Городской округ является крупным промышленным и транспортным центром Московской агломерации (Поцелуев, Петреев, 1999; Подольск..., 2025; Подольск – Город..., 2025) (рис.1).

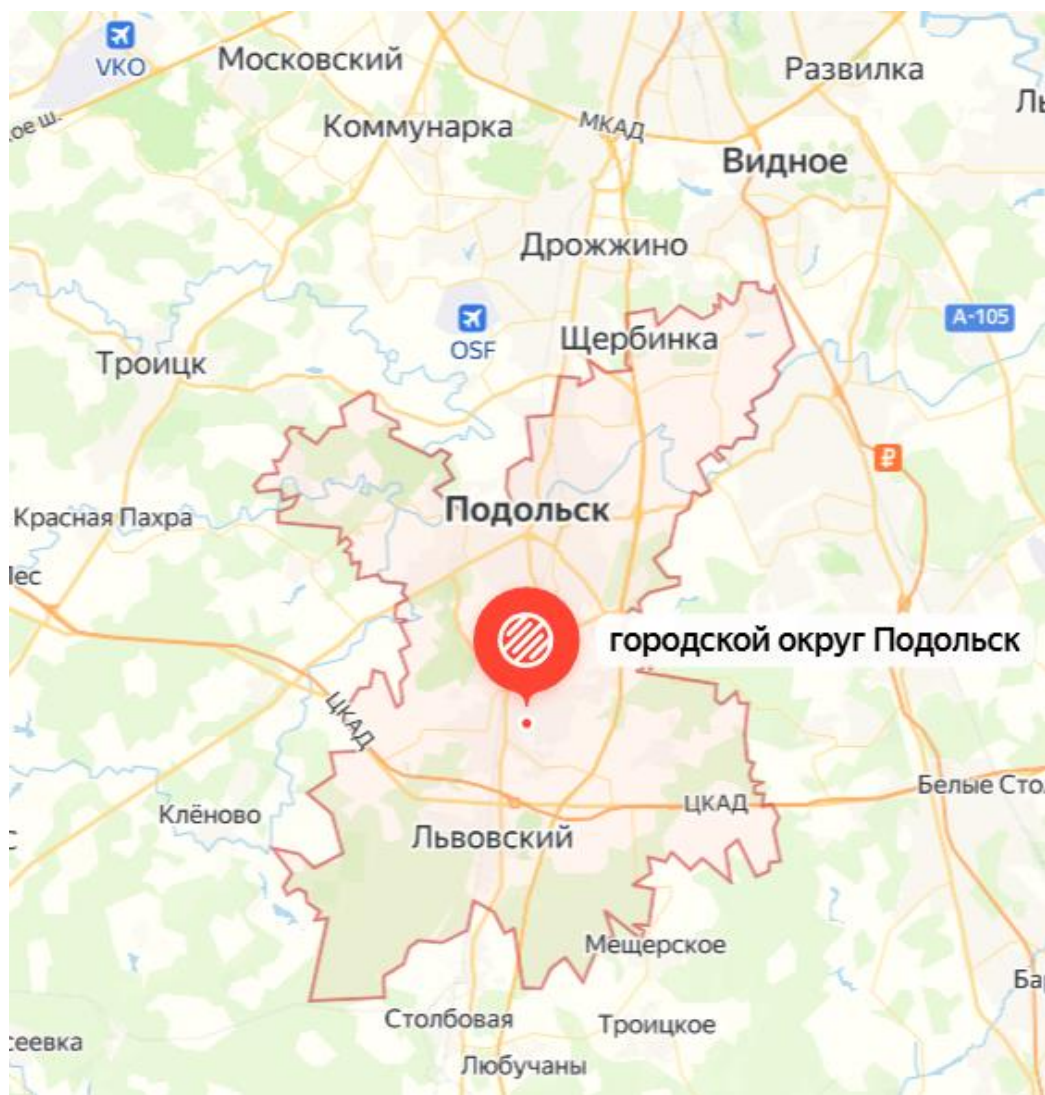


Рис.1. Границы городского округа Подольск (Яндекс Карты, 2025)

Исследуемая территория располагается в зоне умеренно-континентального климата с относительно мягкой зимой и тёплым влажным летом. Средняя температура января $-9,4^{\circ}\text{C}$, июля $+18,4^{\circ}\text{C}$ (График..., 2024). Средняя продолжительность безморозного периода около 130 дней. Среднегодовое количество осадков – 668 мм, с колебаниями в отдельные годы от 390 до 850 мм. Максимум осадков (390 мм) выпадает летом, минимум (160 мм) – зимой. Почвы дерново-подзолистые и серые лесные. Зональная растительность представлена смешенными хвойно-широколиственными лесами с преобладанием *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L. (Подольск – история..., 2025).

Исследования проводились в 2022–2024 годы на территории городского округа Подольск маршрутным методом. Маршруты прокладывались во всех функциональных зонах: селитебных, промышленных и рекреационных зонах, общественных местах и вдоль транспортных магистралей на городских территориях. При выявлении жизненного состояния использовалась методика диагностики состояния деревьев и древостоев, предложенная Алексеевым (Алексеев, 1998).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зеленые насаждения в селе Подол, на месте которого появился город, носили чисто утилитарные функции. Систематизированные посадки зеленых насаждений стали появляться в городе с середины XIX века, когда по инициативе генерал-губернатора графа А. Закревского был заложен парк. В 1896 году парк был открыт для всех горожан (Поцелуев, Петреев, 1999; Подольск..., 2025). На данный момент сохранились посадки *Quercus robur* L. и *Populus alba* L. На территории городского округа сохранились смешанные леса, представленные *Quercus robur* L., с примесью *Tilia cordata* Mill., *Picea abies* (L.) Karst., *Pinus sylvestris* L. В подлеске преобладает *Corylus avellana* L.

Современная система зеленых насаждений городского округа Подольск стала формироваться после Великой Отечественной войны. Были созданы посадки в селитебных районах, вдоль транспортных магистралей и в санитарно-защитных зонах. В последние годы в городском округе Подольск преобразуются общественные зоны, высаживаются новые виды деревьев и кустарников, такие как *Aronia mitschurinii* Skvorts. et Maitul., *Dasiphora fruticosa* (L.) Rybd., *Spiraea* $\times$ *cinerea* Zabel. *S. japonica* L. При этом, к сожалению, на старых рекреационных объектах новые посадки не производятся, но уход за данными посадками ведется постоянный. В целом видовое разнообразие древесных и кустарниковых растений небольшое. Такие тенденции характерны для многих городов России (Парахина, 2006, 2007; Дейнега и др., 2014; Разенкова, 2014; Семенютина и др., 2016).

На территории Подольска было выявлено 68 видов деревьев и кустарников, относящихся к 19 семействам 37 родам. Из них 25 видов дикорастущих, 43 – интродуцированных (табл. 1). Наиболее распространенными семействами являются Rosaceae и Salicaceae. Схожее распределение по семействам имеет и дендрофлора в других городах Центральной России (Парахина, 2006, 2007; Дейнега и др., 2014; Пастушенко, 2023). Это связано с тем, что представители семейства Rosaceae являются весьма декоративными и устойчивы к городской среде, а древесные растения семейства Salicaceae обладают высокими экологическими характеристиками, например, способны удерживать большое количество пыли и газоустойчивы, поэтому их часто используют в озеленении. К тому же среди видов данных семейств встречаются как дикорастущие, так и интродуцированные.

Результаты оценки жизненного состояния деревьев представлены на рисунке 2. При анализе полученных данных большая часть обследованных экземпляров является здоровыми (57,6 %). Деревья, отнесенные к категориям усыхающие и сухостой текущего года или прошлых лет, полностью отсутствуют. За растениями ведется необходимый уход. Часть насаждений на объектах озеленения (скверы, бульвары) создана за последние десять лет. Наибольшая доля сильно поврежденных деревьев встречается в Парке культуры и отдыха

Таблица 1

Распределение видов древесных растений городского округа Подольск по семействам

Семейство	Количество родов	Количество видов (дикорастущие/интродуцированные)	Количество видов, % (дикорастущие/интродуцированные)
Rosaceae	12	19 (5/14)	27,9 (20,0/32,6)
Salicaceae	2	13 (8/5)	19,1 (32,0/11,6)
Oleaceae	3	5 (1/4)	7,4 (4,0/9,2)
Pinaceae	3	5 (2/3)	7,4 (8,0/7,0)
Aceraceae	1	3 (1/2)	4,4 (4,0/4,7)
Betulaceae	2	3 (3/0)	4,4 (12,0/0)
Cupressaceae	2	3 (1/2)	4,4 (4,0/4,7)
Tiliaceae	1	3 (1/2)	4,4 (4,0/4,7)
Berberidaceae	1	2 (0/2)	2,9 (0/4,7)
Hydrangeaceae	1	2 (0/2)	2,9 (0/4,7)
Ulmaceae	1	2 (1/1)	2,9 (4,0/2,3)
Cornaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Caprifoliaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Elaeagnaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Fabaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Fagaceae	1	1 (1/0)	1,5 (4,0/0)
Hippocastanaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Sambucaceae	1	1 (0/1)	1,5 (0/2,3)
Viburnaceae	1	1 (1/0)	1,5 (4,0/0)
Всего	37	68	100,0 (100,0/100,0)

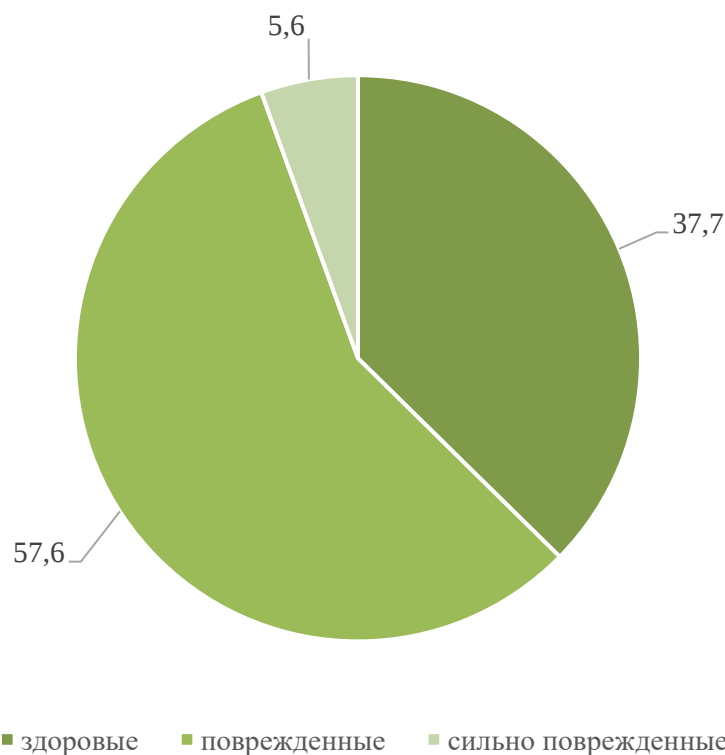


Рис. 2. Процентное распределение исследованных деревьев городского округа Подольск по классам жизненности

имени Талалихина. Естественное старение представленных экземпляров, отсутствие реконструкции зеленых насаждений парка сказывается на общем жизненном состоянии древесных растений. Ухудшение их состояния усугубляется нерегулярным и некачественным уходом со стороны сотрудников парка (Концепция развития..., 2024). Также, высокая доля ослабленных деревьев характерна для улиц и территории вблизи железной дороги.

По результатам вычисления среднего балла состояния для каждого вида и общего коэффициента состояния деревьев было выявлено, что часть древесных насаждений общего и ограниченного пользования городского округа Подольск являются здоровыми, а часть ослабленными ($K_{\text{общ}} = 58,9 / 37 = 1,59$). Вторым требуются обрезка, санитарная обработка и другие профилактические меры (табл. 2).

Таблица 2

Средние баллы (K_i) состояния видов деревьев и общий коэффициент состояния ($K_{\text{общ}}$) исследованных зеленых насаждений городского округа Подольск

№	Вид	K_i	$K_{\text{общ.}}$
1	2	3	4
1	Ель колючая (<i>Picea pungens</i> Engelm.)	1,04	1,59
2	Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.)	1,76	
3	Лиственница европейская (<i>Larix decidua</i> Mill.)	1,33	
4	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)	1,28	
5	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	1,36	
6	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	1,2	
7	Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth.)	1,04	
8	Береза пушистая (<i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	1,08	
9	Вишня обыкновенная (<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.)	2,32	
10	Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i> Pall.)	1,96	
11	Вяз мелколистный (<i>Ulmus pumila</i> L.)	1,79	
12	Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	2,38	
13	Ива белая (<i>Salix alba</i> L.)	1,25	
14	Ива вавилонская (<i>Salix babylonica</i> L.)	1,38	
15	Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	1,08	
16	Ива ломкая (<i>Salix fragilis</i> L.)	1,38	
17	Ива пятитычинковая (<i>Salix pentandra</i> L.)	1,22	
18	Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i> Lam.)	1,94	
19	Каштан конский обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	3,26	
20	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	1,98	
21	Клен татарский (<i>Acer tataricum</i> L.)	1,5	
22	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	2,32	
23	Липа европейская (<i>Tilia × europaea</i> L.)	1,68	
24	Липа крупнолистная (<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)	1,56	
25	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	1,52	
26	Облепиха обыкновенная (<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.)	1,73	
27	Рябина красная (<i>Sorbus aucuparia</i> (L.) Gaertn.)	1,24	
28	Слива обыкновенная (<i>Prunus domestica</i> L.)	1,86	
29	Тополь берлинский (<i>Populus × berolinensis</i> (C. Koch) Dipp.)	1,32	
30	Тополь дрожащий (осина) (<i>Populus tremula</i> L.)	1,18	

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4
31	Тополь Разумовского (<i>Populus × razumowskiana</i> (R.I. Schrod. ex Regel) C.K. Schneid.	1,78	
32	Тополь черный (<i>Populus nigra</i> L.)	1,66	
33	Черемуха обыкновенная (<i>Padus avium</i> Mill.)	2,14	
34	Яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	2,33	
35	Яблоня лесная (<i>Malus sylvestris</i> Mill.)	1,74	
36	Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	1,78	
37	Ясень пенсильванский (<i>Fraxinus pennsylvanica</i> March.)	1,26	

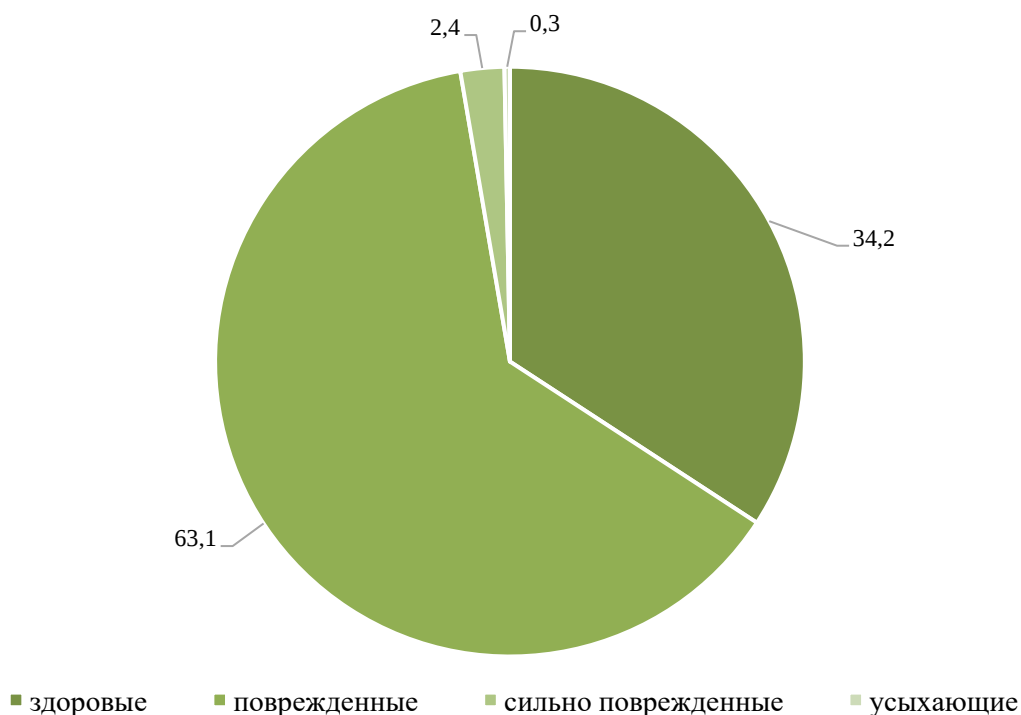


Рис. 3. Процентное распределение исследованных кустарников городского округа Подольск по классам жизненности

Среди кустарников также самую большую долю занимают здоровые растения (63,1 %). Но имеются и экземпляры, отнесенные к категории усыхающие (0,3 %), в отличие от деревьев. Хорошее качественное состояние кустарников без видимых признаков ослабления наблюдаются на недавно созданных объектах общественного и ограниченного пользования. При этом жизненное состояние древесных растений зависит от разных факторов: степени приспособленности к условиям городской среды, микроклиматических особенностей района, возраста и степени ухода, наличия болезней и вредителей зеленых насаждений. Схожие выводы делают и другие исследователи (Авдеева и др., 2013; Чжан, Пузанова, 2019; Бессмольная и др., 2023).

По результатам вычисления среднего балла состояния для каждого вида и общего коэффициента состояния кустарников было выявлено, что кустарниковые насаждения общего и ограниченного пользования городского округа Подольск являются здоровыми ($K_{\text{общ}} = 42,68 / 31 = 1,38$), так как большая часть их была высажена в последние годы.

Таблица 3

Средние баллы (K_i) состояния видов кустарников и общий коэффициент состояния ($K_{общ}$) исследованных зеленых насаждений городского округа Подольск

№	Вид	K_i	$K_{общ}$
1	Можжевельник казацкий (<i>Juniperus sabina</i> L.)	1,56	1,38
2	Можжевельник обыкновенный (<i>Juniperus communis</i> L.)	1,48	
3	Арония Мичурина (<i>Aronia mitschurinii</i> A. Skvorts. et Yu. Maitulina)	1,34	
4	Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i> L.)	1,15	
5	Барбарис Тунберга (<i>Berberis thunbergia</i> DC.)	1,12	
6	Бирючина обыкновенная (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	1,07	
7	Боярышник обыкновенный (<i>Crataegus rhipidophylla</i> Gand.)	1,3	
8	Боярышник зелёноплодный, или алтайский (<i>Crataegus chlorocarpa</i> Lenneet K. Koch)	1,52	
9	Боярышник однопестичный (<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.)	1,47	
10	Боярышник страшный (<i>Crataegus chrysocarpa</i> Ashe)	1,24	
11	Бузина кистистая (<i>Sambucus racemosa</i> L.)	1,86	
12	Гортензия древовидная (<i>Hydrangea arborescens</i> L.)	1,29	
13	Ива пепельная (<i>Salix cinerea</i> L.)	1,14	
14	Ива трехтычинковая (<i>Salix triandra</i> L.)	1,14	
15	Ива ушастая (<i>Salix aurita</i> L.)	1,12	
16	Ива Штарке (<i>Salix starkeana</i> Willd.)	1,04	
17	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	2,64	
18	Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.)	1,88	
19	Курильский чай кустарниковый (<i>Dasiphora fruticosa</i> (L.) Rybd.)	1,24	
20	Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana</i> L.)	1,53	
21	Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.)	1,28	
22	Свидина белая (<i>Swida alba</i> (L.) Opiz)	1,74	
23	Сирень венгерская (<i>Syringa josikaea</i> Jacq. fil. Ex Reichenb.)	1,34	
24	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	1,49	
25	Снежнаягодник белый (<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F. Blake)	1,26	
26	Спирея дубраволистная (<i>Spiraea chamaedryfolia</i> L.)	1,44	
27	Спирея серая (<i>Spiraea cinerea</i> Zabel.)	1,15	
28	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> L.)	1,02	
29	Чубушник венечный (<i>Philadelphus coronarius</i> L.)	1,18	
30	Шиповник (Роза) майский (<i>Rosa majalis</i> Herrm.)	1,52	
31	Шиповник (Роза) морщинистый (<i>Rosa rugosa</i> Thunb.)	1,13	

Незначительное видовое разнообразие, солидный возраст зеленых насаждений, высокая антропогенная нагрузка, включение в Московскую агломерацию отрицательно сказываются на урбоэкосистеме городского округа Подольск. Для поддержания баланса городской экосистемы необходимо продуманное включение новых видов древесных растений, увеличение площади зеленых насаждений в общественных, селитебных и рекреационных зонах, постоянная замена выпавших деревьев и кустарников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Древесные растения составляют основу зеленой инфраструктуры, стабилизируя экологическое равновесие урбоэкосистемы. Видовое разнообразие способствует лучшему

выполнению экосистемных функций зелеными насаждениями. Проведение мониторинговых работ выявляет недочеты в зеленой инфраструктуре и помогает в управлении ею для создания комфортной и экологически безопасной городской среды.

В результате проведенных исследований зеленых насаждений городского округа Подольск было выявлено 37 видов деревьев и 31 вид кустарников, относящихся к 19 семействам и 37 родам. Из них 25 видов дикорастущих, 43 – интродуцированных.

Большинство древесных растений имеют хорошее жизненное состояние. Это обусловлено регулярными работами по их содержанию, проведением недавних реконструкций объектов общего и ограниченного пользования, небольшим молодым возрастом части посадок. Но в тоже время на территории городского округа Подольск имеются объекты общего пользования, нуждающиеся в реконструкции.

Предлагается при создании новых объектов зеленой инфраструктуры и реконструкции старых использовать новые виды деревьев и кустарников для большего экологического эффекта. Возрастные древесные объекты, на наш взгляд, должны быть взяты под региональную охрану. Они имеют как экологическую, так и историко-культурную ценность.

Данные мероприятия позволят улучшить зеленую инфраструктуру городского округа Подольск и создать благополучную окружающую среду для жителей.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР № 202727-0-000 Зеленая инфраструктура как основа экологического благополучия и устойчивого развития урбанизированной среды.

Список литературы

- Авдеева Е. В., Надемянов В. Ф., Маслюк Н. В. Оценка качества зеленых насаждений (на примере газонов общего пользования Красноярска // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3 (19). – С. 196–201.
- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
- Бессмольная М. Я., Имескенова Э. Г., Кисова С. В., Манханов А. Д. Озеленение как фактор устойчивого развития городской среды: монография // Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 291 с.
- График температуры. Подольск // Climate-data [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://goo.su/dD5z2H> (просмотрено: 12.12.2024)
- Григорьевская А. Я., Лепешкина Л. А., Зелепукин Д. С. Флора Воронежского городского округа город Воронеж: биогеографический, ландшафтно-экологический, исторический аспекты // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2012. – Т. 21, № 1. – С. 5–158.
- Дейнега Е. А., Алексеев Ю. Е., Жмылев П. Ю., Карпухина Е. А. Дендрофлора наукограда Дубна: разнообразие и однообразие // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 14–24.
- Клевцова М. А., Михеев А. А. Экодиагностика урбанизированной среды по морфометрическим показателям листовых пластинок *Betula pendula* Roth. // Региональные геосистемы. – 2020. – № 44 (4). – С. 432–445.
- Клевцова М. А., Михеев А. А. Сравнительная характеристика экологических условий промышленных городов Центрального Черноземья с использованием методов биоиндикации // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2022. – № 3. – С. 86–96.
- Концепция развития парка имени В. Талалихина // Городской парк культуры и отдыха имени В. Талалихина [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <http://www.podolskpark.ru/> (просмотрено: 12.12.2024).
- Парахина Е. А. Древесные растения, используемые в озеленении города Орла // Флора и растительность Центрального Черноземья: Матер. науч. конф. (Курск, 24 марта 2005 г.). – Курск, 2006. – С. 112–114.
- Парахина, Е. А. Древесные растения, используемые в озеленении населенных пунктов Орловской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2007. – № 2. – С. 79–81.
- Парахина Е. А., Киселева Л. Л. Лесопарки г. Орла как основа экологического каркаса и их рекреационная оценка // Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. – № 4. – С. 72–85. DOI: 10.5922/vestniknat-2024-4-5
- Пастушенко А. Д. Обзор дендрофлоры города Рязани // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2023. – № 3. – С. 149–165.
- Подольск – Город Екатерининской эпохи – Город музей области [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://school-science.ru/6/5/36282?ysclid=m6ah1v72b966781162> (просмотрено 10.01.2025).
- Подольск – история, население, климат, координаты – [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/Подольск> (просмотрено 10.01.2025).
- Поцелуев В. А., Петреев И. В. Подольск и окрестности - Москва: Терра-спорт, 1999. – 553 с.

Разинкова А. Долголетие и жизнеспособность деревьев в городских посадках (на примере г. Воронежа) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – С. 604.

Семенютина А. В., Белицкая М. Н., Ноянова Н. Г., Алферова Г. А. Состояние и перспективы повышения устойчивости зеленых насаждений малых городов Волгоградской области // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 9. – С. 87–91.

Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области – [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://77.rosstat.gov.ru/> (просмотрено 10.01.2025).

Чжан С. А., Пузанова О.А. Некоторые современные подходы к изучению состояния зелёных насаждений // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3. – С. 34–39.

Яндекс Карты // Яндекс [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/10747/podolsk/?ll=37.520615%2C55.420132&z=14> (просмотрено: 10.01.2025)

Greeninfrastructure // EuropeanCommision. [Electronicresource]. – 2024. – https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/greeninfrastructure_en (viewed: 12.12.24).

Population Division of the UN Department of Economic and Social Affairs (UN DESA) [Electronic resource]. – 2024. <https://www.un.org/development/desa/pd/> (viewed: 12.12.24).

Parakhina E. A., Usacheva E. V., Mogileva E. E. Species Diversity and Vitality of Trees and Shrubs of Podolsk Urban District // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 19–27.

Modern cities face a variety of environmental challenges. The greening of urban areas is becoming an important tool for improving the quality of life of the residents and increasing the sustainability of urban ecosystems. Plants are an integral part of urban infrastructure, performing a whole range of functions. Trees and shrubs, in particular, play a significant role in the formation of the urban ecosystem, the species diversity of which allows maintaining the ecological balance of the urban environment. This article examines the species diversity and the state of the dendroflora in the Podolsk urban district, as well as the impact of the urban environment on the viability of tree and shrub species. A total of 68 species of trees and shrubs belonging to 19 families and 37 genera were identified on the territory of Podolsk urban district. The most common families are the Rosaceae and Salicaceae. Among the trees of Podolsk, 25 species are indigenous, 43 are introduced. The analysis showed that 57.6 % of trees and 63.1 % of shrubs were in good condition, however, some green areas in the urban district required additional care and restoration. The average condition score for each species and the overall condition coefficient of trees and shrubs were also calculated. It was revealed that some of the tree stands and shrubs designated for general and limited use in Podolsk urban district were healthy, while others were weakened. It was revealed that some of the tree stands and shrubs of general and limited use in Podolsk urban district were healthy, and some were weakened. Monitoring the condition of green spaces helps to identify deficiencies in their infrastructure and contributes to the optimal management of this infrastructure, which, in turn, helps to create a comfortable and environmentally safe urban environment.

Keywords: dendroflora, species diversity, urbanization, green infrastructure, vitality.

Поступила в редакцию 29.01.25

Принята к печати 02.02.25

Разработка метода использования искусственных убежищ для привлечения энтомофагов и опылителей отряда Hymenoptera, как способа оценки их природного потенциала в агроценозах

Гладкая А. А.

Институт генетики, физиологии и защиты растений
Кишинев, Республика Молдова
allagladcaia@mail.ru

Положительным примером реализации принципа биометода в защите растений может быть создание искусственных убежищ для привлечения полезных насекомых на зимовку и для размножения в агроценозах (полевое разведение). Цель наших исследований заключалась в разработке метода использования искусственных убежищ для привлечения представителей отряда Hymenoptera, как способа оценки и использования природного потенциала энтомофагов и опылителей в агроценозе. Испытание конструкции искусственных убежищ, показало, что максимальное количество гнезд пчел одиночных чел (Megachilidae) были обнаружены в искусственных укрытиях темного цвета: из темного пластика (70,8 %), дельтовидных искусственных укрытиях из темного картона (20,8 %). Пчелы предпочли строить гнезда в агроценозе сада груши и участка пряных растений (91,7 %). Из искусственных убежищ в 2024 году на территории Института генетики, физиологии и защиты растений был получен, идентифицирован инвазивный вид роющих ос (Sphecidae) – *Isodontia mexicana*. Гнезда осы размещались в картонных дельтовидных, белых (40 %) и темных (60 %) искусственных укрытиях, только в агроценозе сада яблони вблизи лесополосы (100 %). В пластиковых трубках и убежищах с пластиковым корпусом гнезда осы не обнаружены. Способность пчел и ос заселять антропогенные полости подходящих размеров и широкий политрофизм видов позволяет рассматривать одиночных пчел (Megachilidae) и инвазивный вид роющих ос (Sphecidae) – *I. mexicana*, как очень перспективные виды для полевого разведения в искусственных укрытиях с целью повышения экономической эффективности агроэкосистем. По мере увеличения популяции *I. mexicana* более вероятным эффектом может быть то, что оса будет контролировать саранчовых вредителей сельскохозяйственных культур. Мы подчеркиваем необходимость долгосрочного мониторинга этих насекомых в Республике Молдова.

Ключевые слова: энтомофаги, опылители, полевое разведение, искусственные убежища, Hymenoptera, Megachilidae, Sphecidae, *Isodontia mexicana*.

ВВЕДЕНИЕ

Насекомые предоставляют важные экосистемные услуги, имеющие большую экономическую ценность. Надлежащее управление агроландшафтными ресурсами может способствовать сохранению биоразнообразия. В этом контексте агроэкологические схемы (AES) были включены в сельскохозяйственную политику ЕС в 1985 году и стали основным инструментом сохранения биоразнообразия в Европе (Beyer et al., 2023). Борьба с отдельными вредными видами на популяционном уровне рано или поздно будет заменена методикой прерывания биоценотических процессов, снижающих продуктивность (эпифитофагических, эпифитотических) и поддержки полезных, особенно энтомофагов, из арсенала биометода. Положительным примером реализации этого принципа может быть создание искусственных укрытий для привлечения полезных насекомых на зимовку и для размножения в агроценозах (полевое разведение). Искусственные укрытия для привлечения полезных насекомых способствуют развитию методов количественной экологии, биоиндикационных исследований, трофических взаимодействий и поддерживают формирование устойчивых саморазвивающихся и саморегулирующихся агробиогеноценозов (Gladcaia, 2022). Большим преимуществом искусственных укрытий является то, что метод позволяет выявить видовой состав экологических групп беспозвоночных, трудно выявляемых при ручном сборе;

тщательно изучают трофические взаимодействия видов и легко определяют их количественно и качественно (Алексанов и др., 2021).

Цель наших исследований разработать метод использования искусственных убежищ для привлечения перепончатокрылых насекомых (Нymenoptera) для оценки эффективности использования природного потенциала энтомофагов и опылителей в агроценозе.

Задачи исследований – определить видовой состав представителей Нymenoptera, заселивших искусственные убежища; оценить влияния факторов агроценоза на интенсивность их заселения; установить степень привлекательности искусственных убежищ в зависимости от конструкции и материалов, из которых они были изготовлены, а также выявить наиболее перспективные виды

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Время проведения исследований – вегетационный период 2024 года с момента проведения исследований в лабораторных и полевых условиях Института генетики, физиологии и защиты растений Республики Молдова.

Разработка технологических элементов искусственных убежищ для привлечения экономически важных энтомофагов перепончатокрылых проводилась на основе определенных модификаций ульев Фабра (Ivanov, 2014, 2019; Иванов, 2014). Объектами исследований были энтомофаги и опылители отряда Нymenoptera.

С целью оценки наиболее привлекательных материалов мы использовали полые трубки (длиной 15 см и диаметром 7–9 мм) из тростника (20 шт.) и пластиковые (20 шт.) в каждом убежище, обернутые светонепроницаемой и влагонепроницаемой бумагой. Были рассмотрены четыре варианта корпуса искусственных укрытий: 1) белый картон (3 шт.); 2) темный картон (3 шт.); 3) прозрачный пластик (3 шт.); 4) темный пластик (3 шт.) (рис. 1).

С целью определения наиболее привлекательных элементов агроценоза для различных видов привлеченных перепончатокрылых эксперимент проводился в трех различных биотопах (рис. 2).



Рис. 1. Варианты искусственных из белого картона (а), из темного картона (б). Укрытие цилиндрической формы из прозрачного пластика (в) и темного пластика (г).



Рис. 2. Расположение искусственных укрытий

Яблоневый сад (а); лесополоса (б); грушевый сад, поле с пряными растениями и *Miscanthus sinensis* (в).

В апреле искусственные убежища были размещены на определенной высоте (1,5 м) над уровнем земли, на опорах, с ориентацией гнездовых трубок на юг. В качестве источника питания (пыльца, нектар) для имаго перепончатокрылых были выбраны биотопы фруктовых садов (яблони, груши) и пряных растений. Поле *Miscanthus sinensis* обеспечило насекомым естественный запас трубчатых стеблей для гнездования.

Полученные материалы были исследованы. Оценка привлекательности искусственных убежищ, отличающихся отдельными конструктивными особенностями, проводилась путем сравнения плотности заселения трубок перепончатокрылыми. Учет насекомых проводили путем последовательного осмотра участков искусственных убежищ, определения таксономической принадлежности (Определитель... 1948, 1988; Notton, 2016) особей и их подсчета.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Была установлена зависимость числа гнезд перепончатокрылых (пчел и ос) от типа искусственного убежища и типа агроценоза. Максимальное количество гнезд одиночных пчел (Megachilidae) были обнаружены в цилиндрических искусственных убежищах из темного пластика (70,8 %), дельтовидных искусственных убежищах из темного картона (20,8 %) и 8,3 % в дельтовидных искусственных убежищах из белого картона. Таким образом, пчелы предпочитают убежища темного цвета. Эти результаты соотносятся с работами С. П. Иванова (2007, 2011), в которых доказано, что преимущественное заселение гнездовых каналов, которые расположены на лицевой стенке, окрашенной в черный цвет, и относительно слабое заселение каналов на белом фоне объясняется их разной контрастностью. В составе вариантов каналов, расположенных на черном фоне, численно преобладают менее контрастные отверстия, а на белом – более контрастные. Адаптивное значение выбора пчелами менее контрастных вариантов сочетания цвета канала и фона, на котором он расположен, предположительно соотит в преимущественном значении для пчел маскировки летка гнезда по сравнению с облегчением поиска места для его устройства. Авторы рекомендуют окрашивать лицевые стенки искусственных убежищ в темные тона, максимально скрадывающие входные отверстия гнездовых каналов. Были заселены трубчатые стебли тростника диаметром 0,7–0,9 мм, а в пластиковых трубках гнезда пчел не были обнаружены (табл. 1).

В агроценозе сада груши и участка пряных растений гнездились 91,7 % пчел, в агроценозе яблоневого сада 4,2 %, и в агроценозе поля *Miscanthus sinensis* – 4,1 %. Полученные результаты соотносятся с исследованиями С. П. Иванова (2019) в том, что идеальный биотоп пчел рода *Osmia* – это местность с богатой и разнообразной мелитофильной растительностью, в составе которой в достаточном количестве присутствует биоразнообразие цветущего конвейера в течение всей весны. Главное условие – наличие свободных полостей природного или искусственного происхождения, в природных условиях и способность пчел заселять антропогенные полости подходящих размеров. Последнее обстоятельство вместе с широким политрофизмом вида позволяет рассматривать одиночных

пчел (Megachilidae) как очень перспективных насекомых для искусственного разведения в искусственных убежищах с целью опыления сельскохозяйственных культур и повышению экономической эффективности агроэкосистем в Молдове (табл. 2).

Таблица 1

Заселение искусственных конструкций дикими одиночными пчелами в зависимости от типа конструкции и материала

Форма и материал конструкции	Доля заселенных трубок, %
Дельтовидный из белого картона	8,3
Дельтовидный из темного картона	20,8
Цилиндрический из прозрачного пластика	0
Цилиндрический из темного пластика	70,8

Таблица 2

Заселение искусственных убежищ пчелами-мегахилидами в различных агроценозах

Тип агроценоза	Доля заселенных полостей, %
Сад яблоня, лесополоса	4,2
Посадки <i>Miscanthus sinensis</i>	4,1
Грушевый сад и посадки пряных растений	91,7

В наших исследованиях 2024 года были получены имаго одиночных пчел из двух родов (Megachilidae): один из крупнейших родов пчел семейства род *Osmia* (каменщики) и род *Stelis* (пчелы-кукушки).

***Osmia* Panzer, 1806** (рис. 3 в). Пчелы этого рода построили свои гнезда в трубчатых стеблях тростника. Внутри полости пчелы поделили ход на расплодные камеры. Каждая камера снабжена достаточным количеством пыльцы для питания одной личинки. На каждую пыльцевую массу пчела отложила яйцо, камеру запечатала. Для каждой последующей камеры самка пчелы собирала пыльцу и откладывала яйца до тех пор, пока полость заполнилась. Конец туннеля был запечатан грязью, растительными смолами, кусочками листьев или лепестками цветов. Пчел *Osmia* можно поощрять, размещая искусственные гнезда вблизи к нектароносным культурам и садам. Пчелы опыляют чрезвычайно широкий спектр цветковых растений.

***Stelis* Panzer, 1806** (рис. 3 г). Это сравнительно мелкие пчелы, которые откладывают яйца в гнезда других пчел. Их паразитические личинки активны и имеют острые мандибулы, с помощью которых они уничтожают яйца или личинок хозяина. Поскольку личинка *Stelis* потребляет запасенную пищу своего хозяина, эта форма паразитизма называется клептопаразитизмом. Хозяева *Stelis* являются исключительно членами Megachilinae, то есть того же подсемейства пчел, к которому принадлежит сам паразит. В большинстве случаев паразит, обнаружив гнездо хозяина, возвращается к нему неоднократно, чтобы отложить яйцо в каждую из нескольких ячеек хозяина, прежде чем они закроются.

***Ancistrocerus* Wesmael 1836** (рис. 3 б). Осы этого рода из подсемейства одиночных складчатокрылых ос-эуменин (Eumeninae) являются ценными энтомофагами. Охотно заселяют искусственные гнездовые конструкции (Иванов, Фатерыга, 2003, 2005; Ivanov et al., 2019). Самки строят линейные гнёзда в готовых полостях (Курзенко, 1980), перегородки ячеек вылепляют из замляной замазки (рис. 3 б). Для питания личинок самки заготавливают (охотятся, парализуют и доставляют в ячейки) гусениц бабочек. В Крыму самки *A. nigricornis* для своих личинок заготавливали гусениц бабочек почковой вертушки (*Recurvaria nanella* Den. et Schiff.) из семейства выемчатокрылых молей (Gelechiidae), встречавшихся на растущих вблизи ульев Фабра, в которых поселились осы, вишнёвых деревьях (Иванов, Фатерыга, 2003).

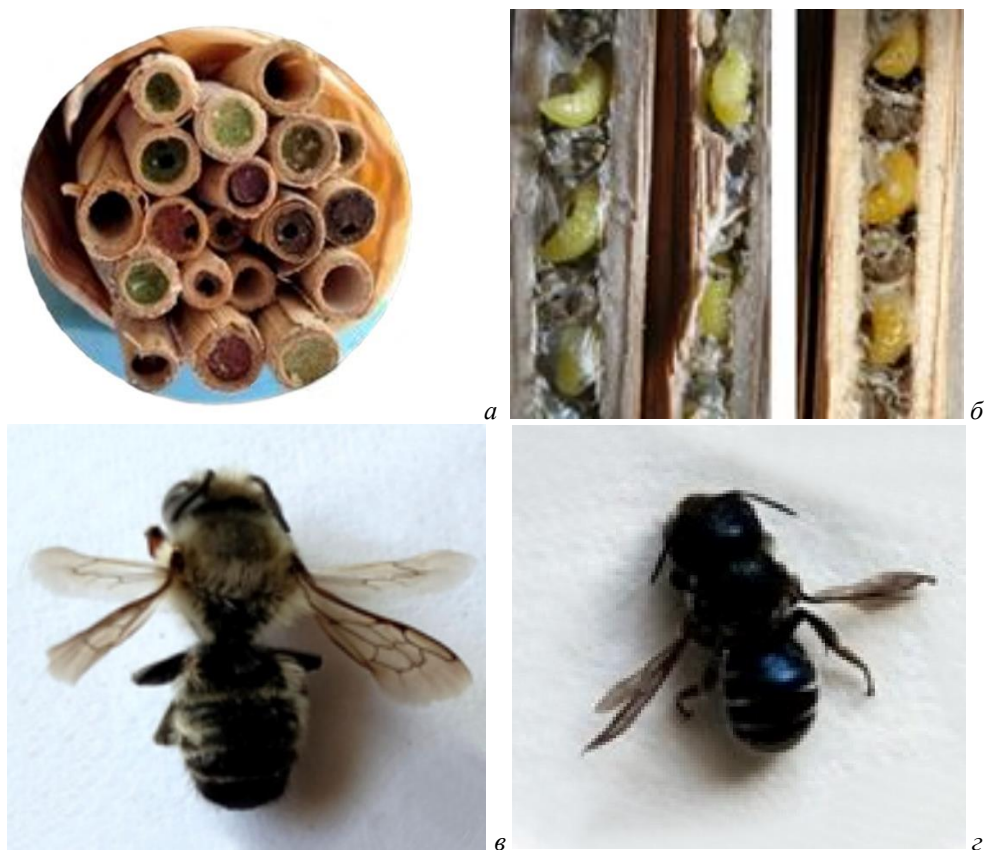


Рис. 3. Гнездование пчел и ос-эвменд

а – гнезда пчел и ос в трубчатых стеблях тростника, запечатанные пробками разного цвета; *б* – вскрытые гнезда ос-эвменид (Euminiinae); *в* – имаго пчелы *Osmia*; *г* – имаго пчелы *Stelis*.

***Isodontia mexicana* de Saussure, 1867 (Gladcaia, 2024).** Из искусственных убежищ в 2024 году на территории Института генетики, физиологии и защиты растений был получен, идентифицирован и описан инвазивный вид роющих ос (Sphecidae) – *I. mexicana*. Согласно литературным данным, вид *I. mexicana* попал из Центральной Америки в Европу (Италию) во время Второй мировой войны (в стволах деревьев и полостях ящиков). Распространение *I. mexicana* в новом ареале ограничен Европой. Самая восточная точка распространения в Европе находится на Украине и в Крыму, самая северная – на юге Англии, самая западная – на севере Испании, и самая южная – в Турции (Fatoryga, 2014; Can, 2024).

Гнезда осы *I. mexicana* размещались в стеблях тростника диаметром 0,7–0,9 см, в картонных дельтовидных белых (40 %) и темных (60 %) искусственных укрытиях. В пластиковых трубках и укрытиях с пластиковым корпусом гнезд осы не обнаружено. Таким образом, было установлено, что оса предпочитает искусственные убежища и наполнители из натуральных материалов (табл. 3). В качестве жертв осы используют личинок насекомых фитофагов.

Все заселенные осой искусственные убежища (100 %) были обнаружены только в агроценозе сада яблони вблизи лесополосы (46°58'10.3"N 28°53'44.0"E). Наши данные соотносятся с утверждением ученых, что вид *I. mexicana* не изменил своей экологической ниши на захваченной территории. Оса занимает территории с умеренными температурами зимой, небольшим количеством осадков в самый сухой период года и небольшими высотами. Среда обитания осы *I. mexicana* – леса и лесостепи, городские и пригородные территории, сельскохозяйственные и возделываемые земли, луга и степи (Polidori, 2018) (табл. 4).

Таблица 3

Плотность заселения осами искусственных убежищ различной конструкции и из различного материала

Форма и материал корпуса	Плотность заселения, %
Дельтовидный из белого картона	60
Дельтовидный из темного картона	40
Цилиндрический из прозрачного пластика	0
Цилиндрический из темного пластика	0

Таблица 4

Корреляция количества осиных гнезд в искусственных убежищах и типа агроценоза

Тип агроценоза	Гнезда ос, %
Сад яблоня, лесополоса	100
<i>Miscanthus sinensis</i>	0
Сад груша, пряные растения	0

Таксономическая принадлежность нового вида осы, следующая: класс Insecta → отряд Нymenoptera → семейство Sphecidae → род *Isodontia* → вид *Isodontia mexicana* de Saussure, 1867 = *Spheх apicalis* de Saussure, 1867. Характерные признаки вида *Isodontia mexicana*: первая возвратная жилка входит во вторую субмаргинальную ячейку, вторая возвратная жилка входит в третью субмаргинальную ячейку; тело полностью черное; черешок в профиль сильно изогнут, такой же длины или длиннее голени; брюшко без полосок светлых волосков; наличник и нижняя часть лба покрыты длинными, торчащими волосками черного цвета (Notton, 2016).

Взрослые особи осы *I. mexicana* – антофилы, а личинки – энтомофаги. Наличие у имаго *I. mexicana* относительно волосистой мезосомы и частое посещение многих цветковых растений, вероятно, определяет нового мощного опылителя. После выхода из гнезда самки спариваются с самцами и начинают строительство гнезда. Самка осы жалит жертву Orthoptera и обездвиживает ее; затем она хватает парализованную добычу под себя и несет ее в гнездо. Как только гнездо заполняется достаточным количеством добычи, она откладывает яйцо. Личинки после вылупления питаются, и когда запасы пищи истощаются, каждая личинка плетет кокон для куколки. Взрослые особи часто встречаются на солнечных открытых участках, таких как луга, сады и поля, где они ищут добычу и подходящие места для гнездования (рис. 4).

По мере увеличения популяции *I. mexicana* более вероятным эффектом может быть то, что оса будет контролировать саранчовых вредителей сельскохозяйственных культур. Мы подчеркиваем необходимость долгосрочного мониторинга этих насекомых в Республике Молдова.

ВЫВОДЫ

1. Испытание конструкции искусственных убежищ для привлечения энтомофагов из отряда Нymenoptera, показало, что максимальное количество гнезд пчел (Megachilidae) были обнаружены в искусственных убежищах темного цвета: из цилиндрического темного пластика (70,8 %), из дельтовидного темного картона (20,8 %). Пчелы предпочли строить гнезда в агроценозе сада груши и участка пряных растений (91,7 %).



Рис 4. Биология гнездования осы-травоносицы *Isodontia mexicana*

а – характерная для осы-травоносицы пробка из травы, закрывающая гнездо; *б* – коконы и травяные перегородки внутри стебля тростника; *в* – травяная перегородка, куколка и кокон осы; *г* – имаго *I. mexicana*.

2. Из искусственных убежищ в 2024 году на территории Института генетики, физиологии и защиты растений был получен, идентифицирован и описан инвазивный вид роющих ос (Sphecidae) – *Isodontia mexicana*. Гнезда осы *I. mexicana* размещались в стеблях тростника диаметром 0,7–0,9 см, в картонных дельтовидных белых (40 %) и темных (60 %) искусственных укрытиях, только в агроценозе сада яблони вблизи лесополосы (100 %). В пластиковых трубках и убежищах с пластиковым корпусом гнезд осы не обнаружено.

3. Потенциал хозяйственного использования видов был определен на основе его биологических характеристик: способность пчел и ос заселять антропогенные полости подходящих размеров и широким политрофизмом видов позволяет рассматривать одиночных пчел (Megachilidae) и инвазивный вид роющих ос (Sphecidae) – *I. mexicana*, как очень перспективные виды для полевого разведения в искусственных убежищах с целью повышения экономической эффективности агроэкосистем.

4. Свою добычу – прямокрылых насекомых (Orthoptera: Gryllidae и Tettigoniidae) *I. mexicana* жалит (парализует) и помещает в гнездо для корма своих личинок. По мере увеличения популяции *I. mexicana* более вероятным эффектом может быть то, что оса будет контролировать саранчовых вредителей сельскохозяйственных культур. Мы подчеркиваем необходимость долгосрочного мониторинга этих насекомых в Республике Молдова.

Благодарности. Автор благодарит за методическую помощь С. П. Иванова и А. В. Фатеругу по применению искусственных убежищ.

Исследования проводились в рамках подпрограммы 011103 «Разработка экологически безвредных средств снижения воздействия вредных организмов сельскохозяйственных культур на фоне изменения климата», финансируемой Министерством образования и науки.

Список литературы

- Алексанов В. В., Алексеев С. К., Новикова О. А., Сионова М. Н., Телеганова В. В., Шмыгов А. А. Методы инвентаризации и мониторинга биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях регионального значения // Серия «Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области». – 2021. Вып. 8. – 148 с.
- Гладкая А. А. Применение искусственных конструкций для аккумуляции энтомофагов (*Chrysopa*, *Chrysopidae*, *Neuroptera*) в агробиоценозе для биологической защиты растений // Экосистемы. – 2022. – Вып. 30. – P. 158–166.
- Иванов С. П. Биомониторинг пчел-мегахилид (*Hymenoptera*, *Apoidea*, *Megachilidae*) и эволюция их гнездостроительных инстинктов: дисс. докт. биол. наук: спец. 03.00.25 Энтомология. – Киев; Институт защиты растений НАНУ. – 2007. – 531 с.
- Иванов С. П. Методы изучения биологии и экологии диких пчел в природе и лаборатории. Часть 1. – Симферополь: ТНУ. – 2011. – 92 с.
- Иванов С. П., Гауль А. М. А. Особенности экологии пчелы *Osmia cornuta* (*Apoidea*, *Megachilidae*) в Крыму. Сообщение I. Распространение, численность, биотопическое распределение // Экосистемы. – 2019. – Вып. 17. – С. 63–70.
- Иванов С. П., Жидков В. Ю., Дубинина А. В. Изучение способности пчел-мегахилид (*Hymenoptera*: *Megachilidae*) к ориентации по результатам заселения ими гнездовушек Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. – 2014. – № 9, часть 3. – С. 44–46.
- Иванов С. П., Фатерыга А. В. Биология гнездования *Ancistrocerus nigricornis* (*Hymenoptera*: *Vespidae*: *Eumeninae*) в Крыму // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2003 (2004). – Т. 11, вып. 2. – С. 154–163.
- Курзенко Н. В. Подсемейство *Eumeninae* // Определитель насекомых Дальнего Востока России: В 6-ти тт. / [Под ред. П. А. Лера]. — СПб.: Наука, 1995. — Т. IV: Сетчатокрылообразные, скорпионницы, перепончатокрылые, ч. 1. – С. 295–324.
- Фатерыга А. В., Иванов С. П. Одиночные складчатокрылые осы (*Hymenoptera*: *Vespidae*: *Eumeninae*), заселяющие искусственные гнездовья в Крыму // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів (Збірка доп. IV між нар. конф. аспірантів та студентів). – Донецьк, 2005. – Т. 2. – С. 66–67.
- Определитель насекомых европейской части СССР / [Под ред. Тарбинский С. П., Плавильщиков Н. Н.]. Сельхозгиз, Москва-Ленинград, 1948. – 1127 с.
- Определитель насекомых европейской части СССР. Т. III. Перепончатокрылые. Шестая часть / Желховцев А. Н., Тобиас В. И., Козлов М. А. – Л.: Наука, 1988. – 268 с.
- Carlo Polidori, Marcella Nucifora and David Sánchez-Fernández. Environmental niche unfilling but limited options for range expansion by active dispersion in an alien cavity-nesting wasp // BMC Ecology and Evolution. – 2018. – P. 18–36.
- David g. Notton. Grass-carrying wasp, *Isodontia mexicana* (de Saussure), genus and species new to Britain (*Hymenoptera*: *Sphecidae*). // British Journal of Entomology & Natural History – 2016. – Vol. 29. – P. 241–245.
- Fateryga, A. V., Protsenko, Yu. V., Zhidkov, V. Yu. *Isodontia mexicana* (*Hymenoptera*, *Sphecidae*), a New Invasive Wasp Species in the Fauna of Ukraine // Vestnik zoologii. – 2014. – Vol. 8. – N 2. – P. 185–188.
- Gladcaia A., Identification and description of the invasive species *Isodontia Mexicana*. International Scientific // Conference “Genetics, Physiology and Plant Breeding” (VIII-th Edition); Materials Proceedings; Chisinau, October 7-8. 2024. – P. 558–563.
- Ivanov S. P., Fateryga A. V., and Yu V. Zhidkov. Aculeate Hymenoptera (*Hymenoptera*, *Aculeata*) Inhabiting Trap Nests in Crimea // Entomological Review. – 2019, Vol. 99, N 2. – P. 163–179. © Pleiades Publishing, Inc., 2019. Russian Text © The Authors(s), 2019, published in Entomologicheskoe Obozrenie, 2019, Vol. 98, No. 1, pp. 70–90.
- Ivanov S. P., Zhidkov V. Yu., Dubinina A. V. Study of the orientation ability of *Megachilidae* bees (*Hymenoptera*: *Megachilidae*) according to the results of their colonization of trap nests // Eurasian Union of Scientists. Monthly scientific journal. – 2014. – N 9, part 3. – P. 44–46.
- Can İ. The invasive Nearctic wasp *Isodontia mexicana* (*Hymenoptera*, *Sphecidae*) now established in Türkiye // Journal of New Results in Science. – 2024. – Vol. 13. – N 2. – P. 128–133.
- Nicole Beyer, Josephine Kulow, Jens Dauber. The contrasting response of cavity-nesting bees, wasps and their natural enemies to biodiversity conservation measures // Insect Conservation and Diversity. – 2023. – P. 1–15.

Gladcaia A. Development of a Method for Utilizing Artificial Shelters to Attract Entomophages and Pollinators of the Hymenoptera Order as a Means of Assessing their Natural Potential in Agrocenosis // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 28–36.

A positive example of the principle of “natural biomethod” implementation in plant protection can be the creation of artificial shelters designed to attract beneficial insects for wintering and for reproduction within agrocenoses (field breeding). The aim of our research was to develop a method for utilizing artificial shelters to attract representatives of Hymenoptera, as a way to assess and use the natural potential of entomophages and pollinators in an agrocenosis. Tests of the design of artificial shelters revealed that the maximum number of bee nests (Megachilidae) was found in dark-colored artificial shelters: made of dark plastic (70.8 %), delta-shaped artificial shelters made of dark cardboard (20.8 %). Bees preferred to build nests in the agrocenosis of the pear orchard and the herb garden (91.7 %). In 2024, an invasive species of burrowing wasp (Sphecidae) – *Isodontia mexicana* – was caught, identified and described in the artificial shelters located on the territory of the Institute of Genetics, Physiology, and Plant Protection. The wasp nests were placed in cardboard delta-shaped white (40 %) and dark (60 %) artificial shelters, exclusively within the agrocenosis of the apple orchard near the forest belt (100 %). No wasp nests were found in plastic tubes or shelters with plastic casings. The ability of bees and wasps to colonize anthropogenic cavities of suitable sizes, along with wide polytrophism of species, allows us to consider solitary bees (Megachilidae) and the invasive species of burrowing wasps (Sphecidae) – *I. mexicana*, as very promising species for field breeding in artificial shelters, aimed at enhancing the economic efficiency of agroecosystems. As the population of *I. mexicana* increases, it is likely that the wasp will control locust pests of crops. We emphasize the necessity for long-term monitoring of these insects in the Republic of Moldova.

Key words: entomophages, pollinators, field breeding, artificial shelters, Hymenoptera, Megachilidae, Sphecidae, *Isodontia mexicana*.

Поступила в редакцию 05.01.25

Принята к печати 05.02.25

Отражение ксерофилизации постпирогенной экосистемы в динамике численности клопа-щитника *Piezodorus lituratus* (Fabricius) (Heteroptera, Pentatomidae) в условиях Восточноевропейской лесостепи

Соболева В. А., Голуб В. Б.

Воронежский государственный университет
Воронеж, Россия
v.soboleva@bk.ru, v.golub@inbox.ru

В статье изложены результаты шестилетнего изучения динамики численности мезоксерофильного фитофага – клопа-щитника *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) из отряда полужесткокрылых (Heteroptera, Pentatomidae) на обширном участке бывшей гари после пожара в 2010 году в Усманском бору (Воронежская область). Территория исследования представляет собой лесной квартал площадью 84 га с естественным лесовосстановлением, использующийся как полигон изучения постпирогенной сукцессии в условиях Восточноевропейской лесостепи. Выявлено формирование устойчивой популяционной группировки модельного вида и его трофические связи, преимущественно с кустарником – дроком красильным *Genista tinctoria* L. (Fabaceae). Этот вид резко преобладает в составе кустарниковой растительности на бывшей гари. В течение 6 лет проводились учеты численности *P. lituratus* на трех линиях полигона – двум краевым и срединной. Установлено неравномерное распределение модельного вида по площади полигона: более высокая численность щитника в годы его массового размножения фиксировалась по краям участка, расположенным вблизи лесного массива, в котором происходит зимовка имаго. Кроме того, на численность *P. lituratus* оказывает влияние характер рельефа: его неровность обеспечивает снижение общей ксерофитности на одной из краевых линий. Установлена зависимость численности *P. lituratus* от среднесуточных температур в течение вегетационного периода, высоты снегового покрова и состояния основного кормового растения, *Genista tinctoria* L. Сделан вывод о том, что обитание индикаторного вида *P. lituratus* на бывшей гари при всех различиях и колебаниях внешних условий отражает ксерофилизацию постпирогенной экосистемы с естественным восстановлением растительности в течение 14 лет в условиях Восточноевропейской лесостепи.

Ключевые слова: полужесткокрылые насекомые, Heteroptera, *Piezodorus lituratus*, Усманский бор, Воронежская область.

ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары являются важным фактором, влияющим на работу экосистем. Их воздействие на биоценозы и сложившиеся в них связи в значительной мере определяется характером распространения, интенсивностью и продолжительностью горения, а также размером охваченной территории. В последние десятилетия изменение климата и антропогенное влияние способствуют увеличению частоты и числа пожаров по всему миру, что представляет серьезную угрозу для биоразнообразия (Zaitsev et al., 2016; He et al., 2019). После разрушительного воздействия огня изменяются не только структура почвенного покрова и состав растительных ассоциаций, но и, в значительной степени, компоненты макробеспозвоночной биоты.

В июле 2010 года произошли пожары, которые охватили лесные массивы центральной части России, в том числе и Усманский бор, став одной из самых масштабных природных катастроф в истории Воронежской области. Лесной пожар, затронувший Усманский бор, классифицировался как низовой. Его действие разрушительно сказалось на почвенном покрове, подстилке, корневой системе древесно-кустарниковой растительности, а также затронуло надземные ярусы леса в зоне воздействия.

Наши исследования проводились в юго-западной части Усманского бора, где стихийное бедствие затронуло несколько лесных кварталов, прилегающих непосредственно к биоцентру

Воронежского государственного университета «Веневитиново» (20 км СВ Воронежа; 51°48'43.8" с. ш., 39°23'40.9" в. д.; рис. 1 а, б).

На значительной территории, пройденной пожаром, в результате восстановительных работ сформировались молодые лесные насаждения сосны и березы. Однако в некоторых лесных кварталах такие работы не были проведены. Здесь на песчаных и супесчаных почвах естественным путем формируются открытые биотопы, заросшие нехарактерной для бора растительностью в виде степных видов трав и кустарников.

В течение всего срока после пожаров мы наблюдаем количественную и качественную перестройку состава формирующегося фитоценоза и его животного населения, то есть проводим наблюдения за ходом постпирогенной сукцессии и динамикой численности отдельных индикаторных видов растений и насекомых.

Одним из таких видов является люцерновый, или бобовый щитник, *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) (Heteroptera, Pentatomidae). Этот вид, судя по литературным данным и нашим наблюдениям, приурочен в своем обитании к открытым, хорошо инсолируемым биотопам (лесным опушкам, разреженным лесам, склонам балок и т. п.), а также к посевам бобовых культур, на которых он в годы развития в высокой численности отмечается как вредитель (Пучков, 1950, 1961, 1972). До 2010 г. в пределах Усманского бора вид встречался только на опушках леса, на обширных полянах, сухих участках поймы реки и всегда в низкой или единичной численности (Голуб, 1992; Кондратьева, 2012).

Цель данного исследования – выявить направления постпирогенной сукцессии в условиях Восточноевропейской лесостепи на основе анализа многолетней динамики численности индикаторного вида – мезоксерофильного фитофага клопа-щитника *Piezodorus lituratus* (Fabricius) (Heteroptera, Pentatomidae), развивающегося на дроке красильном (*Genista tinctoria* L.) на бывших гарях в Усманском бору (Воронежская область).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Количественные учеты *Piezodorus lituratus* были начаты в 2018 году, когда его численность на кустарнике дроке красильном *Genista tinctoria* L. (Fabaceae), произрастающем на участках бывших гарей, стала достаточной для статистической обработки. Учетные кошения проводились в 2018–2023 годах в квартале № 22 Сомовского лесничества на территории Воронежского государственного природного заказника федерального значения, вблизи биоцентра Воронежского государственного университета «Веневитиново». Указанный лесной квартал после пожара в 2010 году использовался в качестве полигона изучения процесса постпирогенной сукцессии. До пожара на обследованном участке основной состав лесообразующих видов включал сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.), из широколиственных пород – дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), осину (*Populus tremula* L.), березу повислую (*Betula pendula* Roth), черную ольху (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), липу сердцевидную (*Tilia cordata* Mill.) и черемуху обыкновенную (*Prunus padus* L.). В негустом подлеске преобладал бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.) и подрост основных древесных пород. Дрок красильный (*Genista tinctoria* L.) был представлен в низкой численности на опушках и на участках с разреженным древостоем.

В настоящее время бывшая гарь представляет собой, в основном, обширные открытые пространства с разнотравно-злаковой растительностью, многочисленным дроком красильным и отдельно стоящими порослевыми дубами, единичными соснами и березами.

Учеты численности *Piezodorus lituratus* проводились методом энтомологического кошения на трех параллельных линиях: 1) вдоль северного края квартала (*северная линия*), 2) вдоль примерно средней линии квартала (*средняя линия*) и 3) вдоль южного края квартала (*южная линия*). Дополнительно окашивалась травянистая и кустарниковая растительность на участке опушки леса (*опушка*), прилегающей к южной линии и расположенной параллельно ей. На каждой из линий обкашивалось по 10 кустов дрока красильного, примерно сходных по объему наземных вегетативных органов. Учеты проходили с мая по сентябрь дважды в течение месяца.



Рис. 1. Постпирогенная экосистема с естественным возобновлением растительности в Усманском бору (Воронежская область) в 2012 году (a) и в 2023 году (b) (фото В. А. Соболевой)

Метеорологические условия (среднесуточные температуры, количество осадков и высота снегового покрова) приведены по данным метеодатчика «Кордон Усманский» (сайт

«Расписание погоды»; gr5.ru). Статистическая обработка количественных данных проводилась с использованием пакетов программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим наблюдениям, через 3 года после пожара новые открытые участки с песчаной почвой начал активно колонизировать дрок красильный (*Genista tinctoria*) (Соболева, Голуб, 2023). Этот многолетний кустарник привлекает многих сосущих фитофагов, в том числе, различных представителей полужесткокрылых насекомых (Heteroptera). За весь период исследований на дроке красильном нами было отмечено 8 видов растительноядных полужесткокрылых насекомых из 5 семейств (табл. 1).

Таблица 1

Виды полужесткокрылых насекомых (Heteroptera), заселявших дрок красильный (*Genista tinctoria*) на участке бывшей гари в Усманском бору (20 км северо-восточнее г. Воронежа) в 2018–2023 годах

Вид	Экологическая группа	Ярус растительности	Трофическая группа
MIRIDAE Hahn, 1833			
<i>Adelphocoris lineolatus</i> (Goeze, 1778)	мезофил	хорто-тамнобионт	широкий олигофитофаг
<i>Adelphocoris seticornis</i> (Fabricius, 1775)	мезофил	хорто-тамнобионт	широкий олигофитофаг
<i>Lygus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	хорто-тамнобионт	полифитофаг
<i>Lygus rugulipennis</i> Poppius, 1911	мезофил	хорто-тамнобионт	полифитофаг
TINGIDAE Laporte, 1832			
<i>Dictyonota strichnocera</i> Fieber, 1844;	мезофил	хорто-тамнобионт	широкий олигофитофаг
PLATASPIDAE Dallas, 1851			
<i>Coptosoma scutellatum</i> (Geoffroy, 1785)	мезофил	хорто-тамнобионт (отмечено питание на нижних ветвях дрока)	широкий олигофитофаг
PENTATOMIDAE Leach, 1815			
<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	мезофил	хорто-тамнобионт	полифитофаг
<i>Piezodorus lituratus</i> (Fabricius, 1794)	мезоксерофил	хорто-тамно-дендробионт	широкий олигофитофаг

В период с 2014 по 2017 год наблюдались лишь единичные экземпляры этих видов клопов-фитофагов. Однако с 2018 года на кустарнике резко возросла численность одного из видов семейства Pentatomidae – *Piezodorus lituratus* (рис. 2 а, b), на фоне стабильно низкой численности остальных заселявших его видов клопов.

Люцерновый щитник в пределах Палеарктики широко распространен в степной, лесостепной и лесной зонах и трофически тесно связан с бобовыми (Пучков, 1961). В природных условиях к его кормовым растениям относятся люцерна (*Medicago*), дрок (*Genista*), клевер (*Trifolium*), донник (*Melilotus*), лядвенец (*Lotus*), эспарцет (*Onobrychis*) и другие. Вид питается соками апикальных меристематических тканей и тканями развивающихся репродуктивных органов, вызывает некроз вокруг места кормления из-за

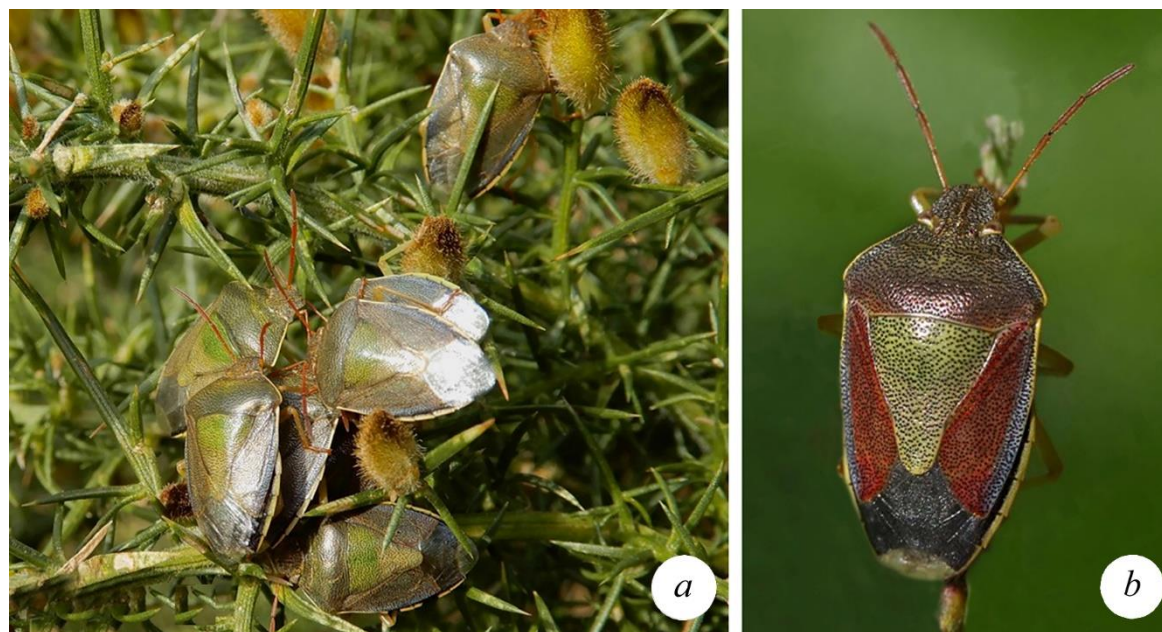


Рис. 2. *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794)

a – скопление особей на *Genista tinctoria* L. в Усманском бору (Воронежская обл.) в 2019 году; *b* – имаго (фото В. А. Соболевой).

вводимых энзимов, что делает его особо опасным в период роста и бутонизации (Mutlu et al., 2019). Зимуют имаго, преимущественно среди кустарников и древесных насаждений, избирая сухие ровные места или южные и западные склоны (Пучков, 1961).

При проведении нами сборов в модельном квартале *P. lituratus* встречался с середины мая и почти до конца вегетационного периода. Средняя численность вида на учетных линиях полигона мониторинга представлена в таблице 2; ее динамика за эти годы отражена на рисунке 3.

Таблица 2

Средняя численность *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) на учетных линиях полигона постпирогенной сукцессии (84 га) и на опушке леса в Усманском бору (Воронежская область) в 2018–2023 годах

Годы	Опушка	1 линия	2 линия	3 линия
2018	8,6±1,22	13,8±1,27	6,4±1,18	18,2±2,07
2019	7,6±0,71	23,2±2,03	18,4±2,09	30,8±4,37
2020	3±0,33	0,8±0,12	0,6±0,11	1,4±0,31
2021	5,2±0,45	6,8±0,58	1,2±0,19	5,6±0,48
2022	3,2±0,32	4,2±0,36	2,8±0,32	3,2±0,03
2023	1,8±0,19	3,8±0,36	0,2±0,06	1,2±0,24

Различия в численности мезоксерофильного вида, бобового щитника, на разных учетных линиях полигона постпирогенной сукцессии с естественным лесовозобновлением объясняются различиями в их удаленности от лесного массива и характером рельефа. Отчетливо выраженная максимальная численность модельного вида на линии № 3 (краевой южной) в первые два года исследования отчетливо связана с расположением этой линии вблизи опушки леса, на расстоянии от нее в 40–50 м. В краевом участке лесного массива почти исключительно и происходит зимовка вида. По окончании зимней диапаузы этот край полигона с уже облиственными кустами дрока красильного заселяется бобовым щитником в

первую очередь. Здесь и происходит дальнейшее развитие популяционной группировки щитника. Линия № 1 (краевая северная) также находится в относительной близости к лесу, хотя и дальше, чем линия № 3, – на расстоянии примерно в 150–200 м. Мы также зафиксировали тот факт, что дрок красильный по краям полигона, очевидно в связи с близостью к лесному массиву и повышенной увлажненностью почвы, весной начинает вегетировать и зацветать раньше, чем в наиболее ксерофитной средней части полигона, что отчасти отражено на рис. 1 *b* (по мере удаления от края леса, справа, цветущий дрок еще отсутствует). Кроме того, линия 3 находится в условиях неровного рельефа местности, что обеспечивает большую затененность отдельных участков и, соответственно лучшие условия для обитания мезоксерофильного вида. Средняя же линия (№ 2) наиболее удалена от леса и находится, следовательно, в наиболее ксерофитных условиях, не вполне соответствующих экологическим требованиям бобового щитника. В годы с общей низкой численностью *P. lituratus* (2020–2023 годы), вследствие ксерофилизации климатических условий (см. ниже) различия в числе собранных экземпляров на учетных линиях оказались нивелированными.

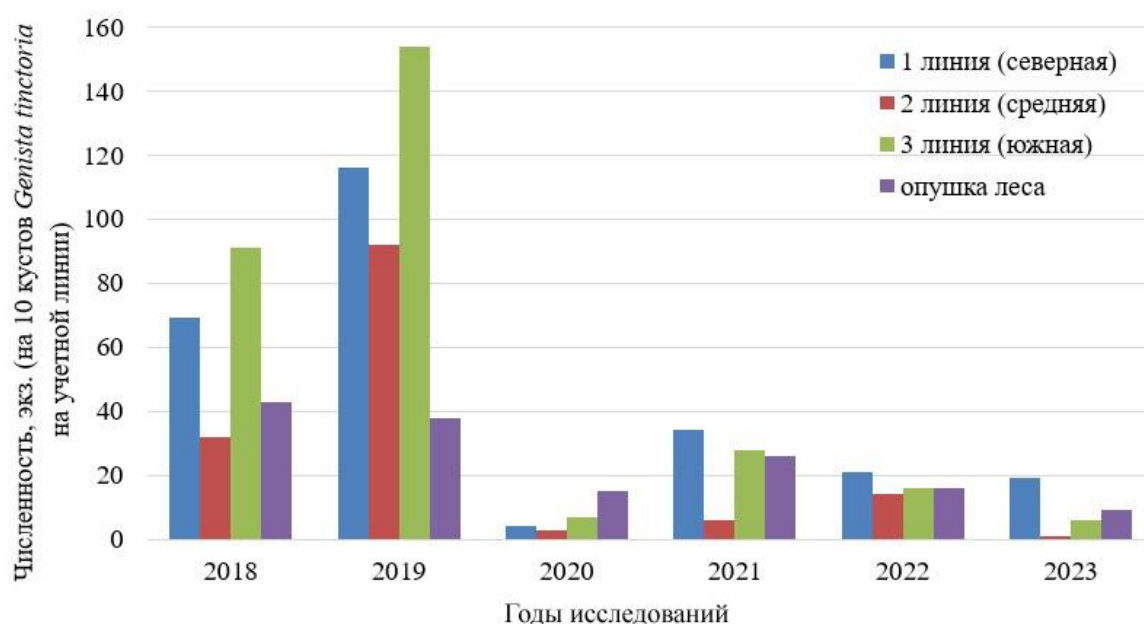


Рис. 3. Динамика численности *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) на участке бывшей гари (квартал № 22 Усманского бора, полигон мониторинга постпирогенной сукцессии)

Высокая численность популяционной группировки *P. lituratus* на бывшей гари и почти такая же численность на опушке леса щитника в 2018 и 2019 годы объясняются благоприятными условиями в течение вегетационных периодов этих лет. Они включают достаточный уровень снегового покрова, обеспечивающий успешную зимовку имаго и умеренные среднесуточные температуры в течение всего вегетационного периода (табл. 3). Кроме того, в летние периоды 2017 и 2018 годов клопы имели возможность получить хорошее нажировочное питание.

В последующие годы ситуация изменилась. Вторая половина лета 2019 года, в то время, когда имаго нового поколения активно накапливают жировые запасы перед зимовкой, была засушливой: в августе выпало всего 25 мм осадков, в сентябре – 20 мм. По-видимому, клопами было накоплено недостаточно запасов в жировом теле. Кроме того, лето 2020 года характеризовалось высокими дневными температурами (преимущественно, 26–28 °С), и

Таблица 3

Среднесуточные температуры в течение вегетационных периодов и высота снегового покрова в Усманском бору в 2018–2023 годах

		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Среднесуточные температуры, °С	апрель	+8,9	+10,1	+7,6	+8,9	+10,2	+9,9
	май	+18,2	+17,2	+13,4	+16,2	+11,9	+14,8
	июнь	+19,0	+22,2	+21,3	+21,0	+20,5	+17,5
	июль	+22,0	+19,2	+21,9	+24,0	+20,9	+20,5
	август	+21,4	+19,4	+20,2	+23,8	+23,4	+21,6
	сентябрь	+17,5	+14,4	+16,9	+12,6	+11,9	+16,1
	октябрь	+9,4	+10,5	+11,3	+6,8	+8,6	+7,8
Средняя толщина снегового покрова, см		36,3	5,5	13,3	23,5	6,6	22,0

засушливой его первой половиной, что привело к низкой выживаемости личинок нового поколения. К низкой численности группировки, заселяющей бывшую гарь, привели также условия зимы 2022 года с ее низким уровнем снегового покрова. После нее, весной 2023 года, большинство ветвей основного кормового растения, *Genista tinctoria*, засохло, резко снизив возможности питания, как перезимовавшего поколения, так и молодых личинок. При этом обращает на себя внимание факт относительно стабильного состояния группировки *P. lituratus*, заселяющей опушку леса вне гаревого участка. Очевидно, в этом местообитании сохранялись более благоприятные условия для зимовки (более высокий уровень снегового покрова) и питания отрождающихся личинок нового поколения вследствие сохранения в лучшем состоянии растений дрока красильного и присутствия других кормовых растений из семейства Fabaceae.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе постпирогенной сукцессии на участке бывшего лесного массива с естественным лесовозобновлением, спустя несколько лет после пожара 2010 года, стал произрастать в высокой численности кустарник дрок красильный (*Genista tinctoria*). Он оказался заселенным несколькими видами полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) из разных семейств, в том числе широким олигофагом, мезоксерофилом – люцерновым щитником *Piezodorus lituratus*. Его многолетняя динамика численности, в значительной степени зависящая от погодных условий в начале и конце вегетационного периода, а также от высоты снежного покрова, в 2018–2023 годах подвергалась сильным колебаниям. При этом данный вид сохраняет свое положение в качестве члена всего комплекса полужесткокрылых насекомых в ксерофитных условиях бывшей гари, плохо зарастающей древесной растительностью. Таким образом, сохранив свое присутствие в качестве популяционной группировки на обширном открытом участке, люцерновый щитник, как мезоксерофильный индикаторный вид, отражает процесс ксерофилизации бывших гарей лесных массивов в процессе постпирогенной сукцессии в условиях Восточноевропейской лесостепи.

Список литературы

- Голуб В. Б. Фауна полужесткокрылых надсемейства щитников (Heteroptera, Pentatomoidea) Воронежской области // Состояние и проблемы экосистем Усманского бора. – 1992. – Вып. 2. – С. 23–30.
- Кондратьева А. М. Полужесткокрылые насекомые (Heteroptera) прибрежных экотонов лесных озер юго-западной части Усманского бора (Воронежская область) // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 5. – С. 116–118.
- Пучков В. Г. Вредители люцерны и борьба с ними. – Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1950. – 28 с.

- Пучков В. Г. Щитники // Фауна України. – Київ, Видавництво Академії наук української РСР, 1961. – Т. 21, вип. 1. – 340 с.
- Пучков В. Г. Отряд Hemiptera (Heteroptera) – полужесткокрылые // Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. Т. 1. [Ред. О. Л. Крыжановский, Е. М. Данциг]. – Л.: Наука, 1972. – С. 222–262.
- Соболева В. А. Специфика заселения полужесткокрылыми насекомыми (Heteroptera) гарей в лесостепи на примере Усманского бора (Воронежская область) // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи. – 2023. – Вып. 35. – С. 52–57.
- He T., Lamont B. B., Pausas J. G. Fire as a key driver of Earth's biodiversity // Biological Reviews. – 2019. – Т. 94, N 6. – P. 1983–2010.
- Mutlu C., Buyuk M., Eren S., Karaca V., Duman M., Bayram Yu. Management of the Stink Bugs *Dolycoris baccarum* (L.) and *Piezodorus lituratus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae), and Chalky Spot Damage on Red Lentil in Southeast Anatolia Region, Turkey // Journal of the Kansas Entomological Society. – 2018. – Т. 91, N 1. – P. 40–51.
- Zaitsev A. S., Gongalsky K. B., Malmström A., Persson T., Bengtsson J. Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review // Applied Soil Ecology. – 2016. – Т. 98. – P. 261–271.

Soboleva V. A., Golub V. B. Reflection of Xerophilization of Postpyrogenic Ecosystem in the Population Dynamics of the Shield Bug *Piezodorus lituratus* (Fabricius) (Heteroptera, Pentatominae) in the Conditions of the East European Forest-Steppe // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 37–44.

The article presents the results of a six-year study of the population dynamics of the mesoxerophilic phytophage, the shield bug *Piezodorus lituratus* (Fabricius, 1794) from the order Hemiptera (Heteroptera, Pentatomidae) on a large area of the former burnt-out area after a fire in 2010 in Usman pine forest (Voronezh Region). The study area is a forest block of 84 hectares with natural reforestation, used as a testing ground for studying post-pyrogenic succession in the conditions of the Eastern European forest-steppe. The formation of a stable population grouping of the model species and its trophic relationships, mainly with a shrub dyer's broom, *Genista tinctoria* L. (Fabaceae) are revealed. This species significantly prevails in the composition of shrub vegetation on the former burnt-out area. Over a 6-year period, *P. lituratus* population counts of *P. lituratus* were conducted along three lines of the polygon: two peripheral and one central line. An uneven distribution of the model species over the study area was found: higher numbers of the shield bug during the years of its mass reproduction were recorded along the edges of the area located near the forest massif where the imagoes hibernate. In addition, the abundance of *P. lituratus* is affected by the forms of relief: its unevenness ensures a decrease in the overall xerophytism along one of the peripheral lines. A correlation of the abundance of *P. lituratus* and average daily temperatures during the growing season, snow cover depth, and the condition of the main host plant *Genista tinctoria* L. was found. It was concluded that the presence of the indicator species *P. lituratus* in the former burnt-out area, despite all the differences and fluctuations in external conditions, reflects xerophilization of the post-pyrogenic ecosystem with natural restoration of vegetation over 14 years in the conditions of the Eastern European forest-steppe.

Key words: Hemiptera, Heteroptera, *Piezodorus lituratus*, Usman Forest, Voronezh Region.

Поступила в редакцию 24.12.24
Принята к печати 10.02.25

Опосредованное влияние численности мышевидных грызунов на численность курообразных

Кассал Б. Ю.

Русское географическое общество, Омское региональное отделение
Омск, Россия
BY.Kassal@mail.ru

На территории Омской области роль хищных зверей семнадцати видов в изменении численности популяций мелких мышевидных грызунов двадцати видов различна, от ничтожной для речной выдры до значительной для лесной куницы, колонка, светлого хоря, росوماхи, обыкновенной лисицы и снотовидной собаки. Вариативность численных отношений популяций хищных зверей и мелких мышевидных грызунов на основании коэффициентов корреляции Пирсона ($-0,15 \leq r \leq 0,15$; $p < 0,05$) может реализоваться через избирательную элиминацию со снижением численности грызунов или через неизбирательную без изменения численности, либо со снижением численности отдельных видов, ограниченного числа видов, большинства видов грызунов. Наиболее сильное воздействие противофазных изменений на численность популяций диких курообразных птиц девяти подвидов семи видов оказывает численность популяций мелких мышевидных грызунов ограниченного количества видов: красной полевки, полевки экономки, водяной полевки, в меньшей степени – узкочерепной полевки и полевой мыши; численность грызунов других видов определяющего значения в этих изменениях не имеет. Наиболее сильное воздействие испытывает численность популяций белобрюхого обыкновенного глухаря, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, в меньшей степени – сибирского рябчика, большой белой куропатки, серой куропатки и обыкновенного перепела, численность которых изменяется в противофазе с численностью мелких мышевидных грызунов. Является доказанным факт опосредованного влияния популяций грызунов, изменяющихся под воздействием популяций хищных зверей, причастных к этому в разной мере, на популяции диких курообразных птиц, как компонентов многофакторной системы на территории с различными биотопическими условиями.

Ключевые слова: сопряженная многолетняя численность; хищные звери; грызуны; дикие курообразные птицы, Омская область.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что взаимоотношения организмов оказывают друг на друга прямое и опосредованное влияние, они могут быть межвидовыми между организмами одного трофического уровня (горизонтальные) и разных трофических уровней (вертикальные). Взаимоотношения организмов одного трофического уровня, как правило, носят характер конкуренции за ресурсы между видами. Между организмами разных трофических уровней, кроме прочего, формируются отношения «хищник – жертва» (Быков, 1988), как основной тип вертикальных взаимоотношений организмов, при которых по пищевым цепям передаются вещество и энергия. При этом плотность популяции фитофага регулируется взаимоотношениями как с нижним, так и с верхним звеном пищевой цепи. В зависимости от характера жертв и истинного типа хищника, умерщвляющего добычу при поедании, возможна разная зависимость динамики их популяций. При этом картина осложняется тем, что хищники очень редко бывают монофагами. Чаще всего, когда истощается популяция одного вида жертвы и ее добывание требует слишком больших затрат сил, хищники переключаются на другие виды жертв. Кроме того, одну популяцию жертв может эксплуатировать несколько видов хищников. По этой причине часто описываемый в экологической литературе эффект пульсирования численности популяции жертвы, за которым с определенным запаздыванием пульсирует численность популяции хищника, в природе встречается крайне редко. Равновесие между хищниками и жертвами у животных поддерживается специальными механизмами, исключающими полное истребление жертв: жертвы могут, кроме прочего, убегать от хищника или прятаться в укрытия (Быков, 1988).

Кроме того, известны предположения о причине изменения численности диких курообразных птиц, которая находится в прямой зависимости от численности мелких мышевидных грызунов (Колосов и др., 1975), однако количественных оценок этого процесса нет. Для территории Омской области исследования таких взаимоотношений носили ограниченный характер (Кассал, 2020, 2020а, 2020б, 2021, 2021а, 2023б).

Цель исследования – оценить опосредованное влияние мелких мышевидных грызунов, находящихся под воздействием хищных зверей, на численность диких курообразных птиц.

МЕСТО ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория Омской обл. ($S=141,14$ тыс. км²) находится в центре Западно-Сибирской равнины, располагаясь в лесном, лесостепном и степном климатических районах (Омская область..., 2024).

Исходные материалы получены в ходе наших инициативных обследований (1979–2024 гг.) и комплексных экологических экспедиций, организованных и финансируемых Омским региональным отделением ВОО «Русское географическое общество», в том числе совместно с правительством Омской области (2004–2017 гг.), выполненных по известным методикам (Новиков, 1949). Дополнительно привлечены материалы зимних маршрутных учетов, в 1979–1990 годах обработанных сотрудниками Омского областного управления охотничье-промыслового хозяйства при облизполкоме (Управление охотничье..., 2024); в 1991–2024 годах – специалистами последовательно сменявшихся Госкомэкологии Омской области, Министерства промышленной политики, транспорта и связи Омской области, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Омской области, Министерства природных ресурсов и экологии Омской области (Отчеты о работе..., 2024; Управление охотничье..., 2024) и дополненных опросами охотоведов, егерей, лесников, охотников, итого за период в 45 лет (1979–2024 гг.).

Отлов и учет численности Micromammalia проводился методом ловушко-линий с использованием давилок Геро зоологами Омской областной санитарно-эпидемиологической станции Омского областного Центра Госсанэпиднадзора и другими биологами г. Омска, результаты которых были обработаны с нашим участием (Кассал, Сидоров, 2023, 2023а; Кассал и др., 2024, 2024а).

Абсолютная численность видов Micromammalia установлена путем умножения показателей индекса обилия на 400 (Никифоров, 1963). Для итоговой оценки использована многолетняя численность восьми наиболее многочисленных видов, суммарно составляющая 83 % общей численности (рис. 1).

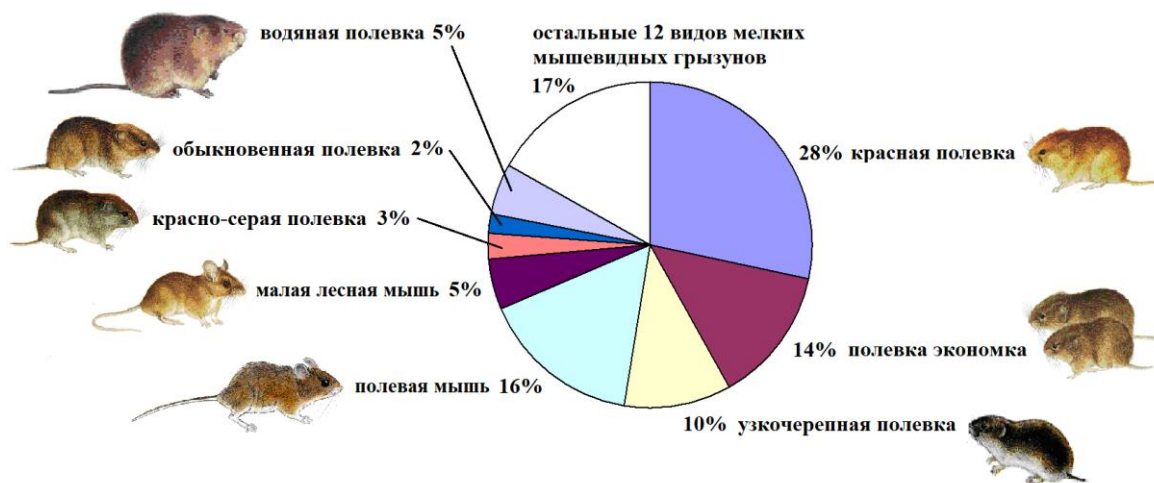


Рис. 1. Соотношение долей наиболее многочисленных видов в общей многолетней численности мелких мышевидных грызунов (Омская область, 1979–2024 гг.)

Определение видов/подвидов птиц выполнено по Л. С. Степаняну (2003), зверей – по Д. С. Павлову с соавторами (2024). В коллажах использованы изображения животных свободного доступа из Internet. Статистическая обработка материала выполнена по общепринятым методикам (Елисеева, Юзбашев, 2002), с использованием Microsoft Office 2013: Word, Excel; STATISTICA 6.0. с определением уровней значимости (значений во всех случаях выше принятого порога достоверности) для всех полученных коэффициентов корреляции Пирсона ($p < 0,05$), с использованием в оценке корреляционных связей определенного значения ($-0,15 \leq r \leq 0,15$).

Сопряжённые фазные изменения многолетней численности при отрицательной корреляции Пирсона оценены как свидетельство наличия антагонистических отношений популяций видов, когда организмы одной из них ограничивают возможности другой; при положительной корреляции – как отношений, когда обе популяции видов или только одна из них извлекает ту или иную пользу из другой (Быков, 1988).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Омской области обитает девять подвидов семи видов курообразных: лесной обыкновенный тетерев *Lyrurus tetrix tetrix* L., 1758, степной обыкновенный тетерев *L. t. viridanus* Lorenz, 1891; белобрюхий обыкновенный глухарь *Tetrao urogallus taczanowskii* Stejneger, 1885; сибирский рябчик *Bonasa bonasia septentrionalis, sibiricus* Buturlin, 1916; западносибирская белая куропатка *Lagopus lagopus septentrionalis* Buturlin, 1934; большая белая куропатка *L. l. maior* Lorenz, 1904; серая куропатка *Perdix perdix robusta* Homeyer et Tancre, 1883; бородатая куропатка *Perdix dauurica dauurica* Pallas, 1811; обыкновенный перепел *Coturnix coturnix coturnix* L., 1758 (Кассал, 2020, 2020а, 2024; Степанян, 2003).

На территории области установлено обитание 32 видов Micromammalia, из которых наиболее многочисленными являются восемь видов мелких мышевидных грызунов отряда Rodentia, суммарная доля количества которых составляет 83 %. Это красная полевка *Myodes (Clethrionomys) rutilus* Pallas, 1779, полевка эконома *Microtus oeconomus* Pallas, 1776, узкочерепная полевка *Microtus gregalis* Pallas, 1779, полевая мышь *Apodemus agrarius* Pallas, 1771, малая лесная мышь *Apodemus uralensis* Pallas, 1811, красно-серая полевка *Myodes (Clethrionomys) rufocanus* Sundevall, 1846, обыкновенная полевка *Microtus arvalis* Pallas, 1778, водяная полевка *Arvicola terrestris* L., 1758 (Кассал, Сидоров, 2023, 2023а; Кассал и др., 2024, 2024а; Павлов и др., 2024). Здесь же обитают звери отряда хищные Carnivora: бурый медведь *Ursus arctos* L., 1758 и обыкновенная рысь *Lynx lynx* L., 1758, представители десяти видов семейства куньи Mustelidae (соболь *Martes zibellina*, лесная куница *Martes martes*, колонок *Mustela sibirica*, горноста́й *Mustela erminea*, ласка *Mustela nivalis*, степной хорь *Mustela eversmanii*, американская норка *Neogale vison*, азиатский барсук *Meles leucurus*, росомаха *Gulo gulo*, речная выдра *Lutra lutra*) и пять видов/подвидов семейства псовые Canidae (волк *Canis lupus* L., 1758, собака-пария *C. l. familiaris f. parajan* L., 1758, лисица *Vulpes vulpes* L., 1758, корсак *Vulpes corsac* L., 1758, енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) (Кассал, 2020б, 2021, 2023б; Павлов и др., 2024), в той или иной степени проявляющие хищничество относительно Micromammalia и диких курообразных.

Степень проявляемого хищничества определяет протифазные изменения сопряженной многолетней численности популяций хищников и популяций представителей тех видов мелких мышевидных грызунов, которых они поедают, что подтверждается отрицательной корреляционной связью Пирсона.

Бурый медведь всеяден, его рацион на $\frac{3}{4}$ состоит из растительной пищи. Остальное приходится преимущественно на падаль, насекомых, червей и мелких позвоночных животных. Наряду с ящерицами и лягушками, он поедает мелких мышевидных грызунов (Новиков, 1956), разоряет гнезда птиц. По результатам оценки сопряженной многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием бурого медведя на территории Омской области

установлена положительная корреляционная связь с численностью красно-серой полевки и обыкновенной полевки; эти виды не имеют отрицательной корреляционной связи с популяциями видов/подвидов диких курообразных птиц. С численностью популяций полевки экономки, узкочерепной полевки, красной полевки, водяной полевки, полевой мыши многолетняя численность бурого медведя имеет отрицательную корреляционную связь; численность популяций мелких мышевидных грызунов этих видов имеет отрицательную корреляционную связь с численностью популяций видов/подвидов диких курообразных: численность диких курообразных увеличивается, когда численность грызунов указанных видов уменьшается. Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности бурого медведя и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и диких курообразных птиц семи видов/подвидов (рис. 2).

Основу рациона обыкновенной рыси составляют зайцы-беляки (Аристов, Барышников, 2001), она постоянно охотится на тетеревиных птиц и мелких мышевидных грызунов (Новиков, 1956). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием рыси на территории Омской области с численностью красно-серой полевки, узкочерепной полевки, обыкновенной полевки, полевой мыши характеризуется положительной корреляционной связью. Однако только численность популяции узкочерепной полевки характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций белобрюхого обыкновенного глухаря, степного обыкновенного тетерева, лесного обыкновенного тетерева, западносибирской белой куропатки, большой белой куропатки. Следовательно, лишь изменение сопряженной численности обыкновенной рыси и грызуна одного вида оказывает противофазное изменение сопряженной численности пяти видов/подвидов диких курообразных птиц (рис. 3).

В питании соболя мелкие мышевидные грызуны имеют первостепенное значение, с преобладанием лесных полёвок, главным образом красной и красно-серой. Еще соболь часто поедает землероек, белок и бурундуков, зайцев и ондатр. Птицы являются для соболя второстепенным кормом, чаще всего это рябчик и глухарь (Новиков, 1956).

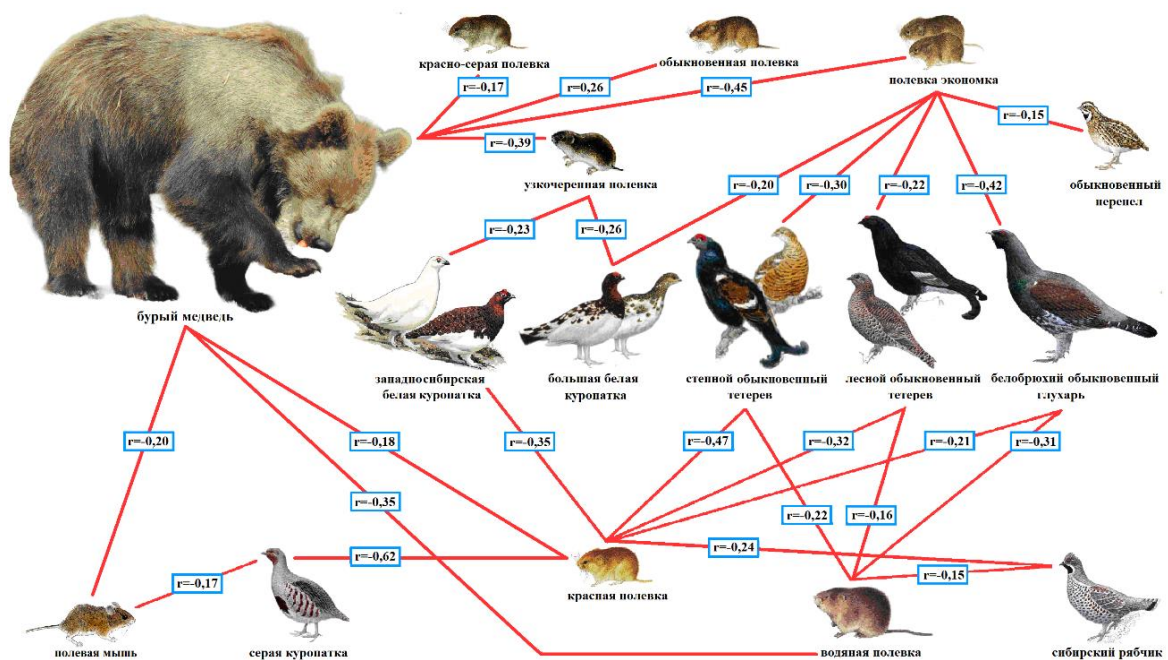


Рис. 2. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций бурого медведя и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

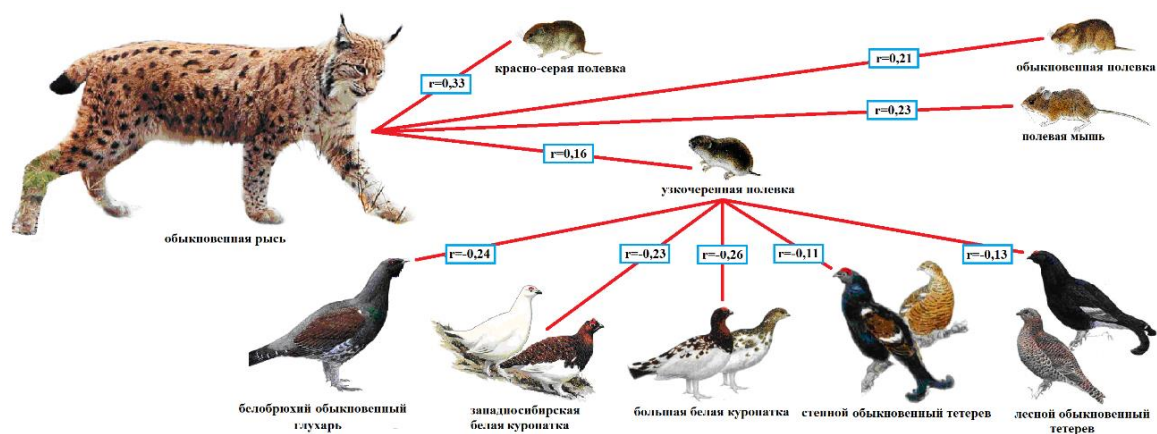


Рис. 3. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций обыкновенной рыси и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

По результатам оценки сопряженной многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием соболя на территории Омской области установлена положительная корреляционная связь с численностью красно-серой полевки и полевой мыши. Численность популяций этих видов не имеет отрицательной корреляционной связи с численностью популяций видов/подвидов диких курообразных. Численность популяции соболя имеет отрицательную корреляционную связь с численностью популяций красной полевки, полевки экономки и водяной полевки. Сопряженная многолетняя численность популяций мелких мышевидных грызунов этих видов имеет отрицательную корреляционную связь с численностью видов/подвидов популяций диких курообразных: численность диких курообразных увеличивается, когда численность указанных видов грызунов уменьшается. Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности популяций соболя и мелких мышевидных грызунов трех видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и популяций диких курообразных птиц четырех видов/подвидов (рис. 4).

Лесная куница всеядна, но в любое время года предпочитает мелких млекопитающих, преимущественно грызунов (полёвок, мышей, бурундуков и белок), а также птиц и их яйца (в частности, глухарей и тетеревов) и зайцев. В тёплое время года она использует в пищу других мелких позвоночных животных, а также беспозвоночных (Новиков, 1956). Сопряжение

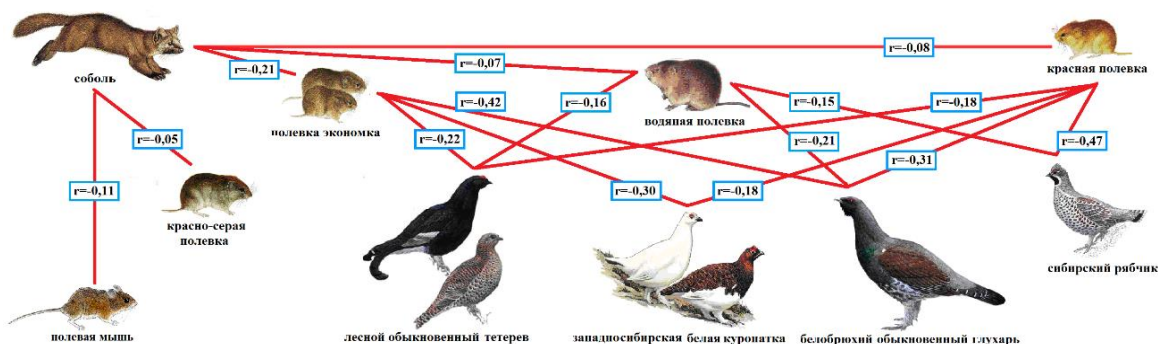


Рис. 4. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций соболя и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием лесной куницы на территории Омской области характеризуется положительной корреляционной связью с численностью обыкновенной полевки и малой лесной мыши, что не влияет на численность диких курообразных птиц. Сопряженная численность популяции лесной куницы характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций полевки экономки, красной полевки, водяной полевки, узкочерепной полевки, полевой мыши. Изменения численности популяций грызунов этих видов характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций белобрюхого обыкновенного глухаря, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, сибирского рябчика, серой куропатки, западносибирской белой куропатки. Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности лесной куницы и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и популяций диких курообразных птиц восьми видов/подвидов (рис. 5).

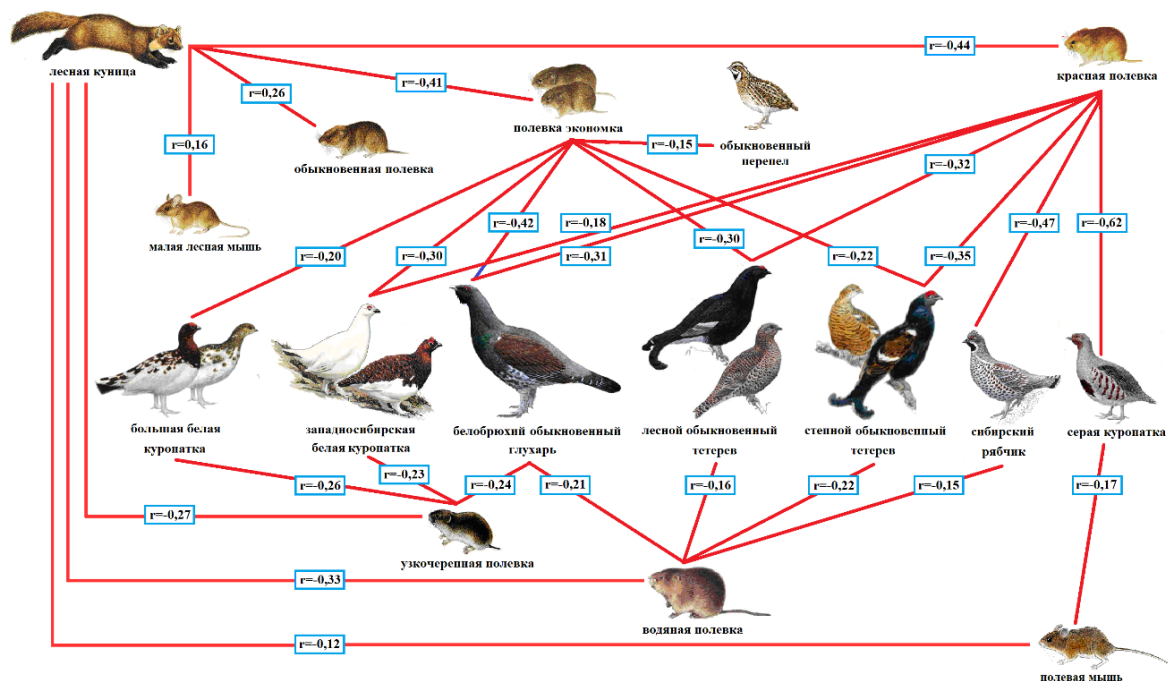


Рис. 5. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций лесной куницы и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Колонка питается грызунами (мышами, ондатрами, бурундуками, белками, тушканчиками, лесными и водяными полёвками), а также птицами, их яйцами и птенцами, лягушками, насекомыми, падалью, изредка ловит зайцев и рыбу (Новиков, 1956; Аристов, Барышников, 2001). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием колонка на территории Омской области характеризуется положительной корреляционной связью с численностью красной полевки, полевки экономки, узкочерепной полевки, водяной полевки. Сопряженная численность популяции колонка характеризуется отрицательной корреляционной связью лишь с численностью популяций обыкновенной полевки, но изменения численности этого вида грызунов не имеет связи с численностью популяций диких курообразных птиц. Тогда как установлены противофазные изменения многолетней численности популяций других указанных грызунов четырех видов с численностью популяций диких курообразных птиц восьми видов/подвидов: белобрюхого обыкновенного глухаря, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, сибирского

рябчика, западносибирской белой куропатки, большой белой куропатки, серой куропатки, обыкновенного перепела. Следовательно, изменение сопряженной численности колонка и мелких мышевидных грызунов лишь четырех указанных видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и популяций диких курообразных птиц восьми видов/подвидов, тогда как изменение численности обыкновенной полевки на численность популяций диких курообразных птиц не влияет (рис. 6).

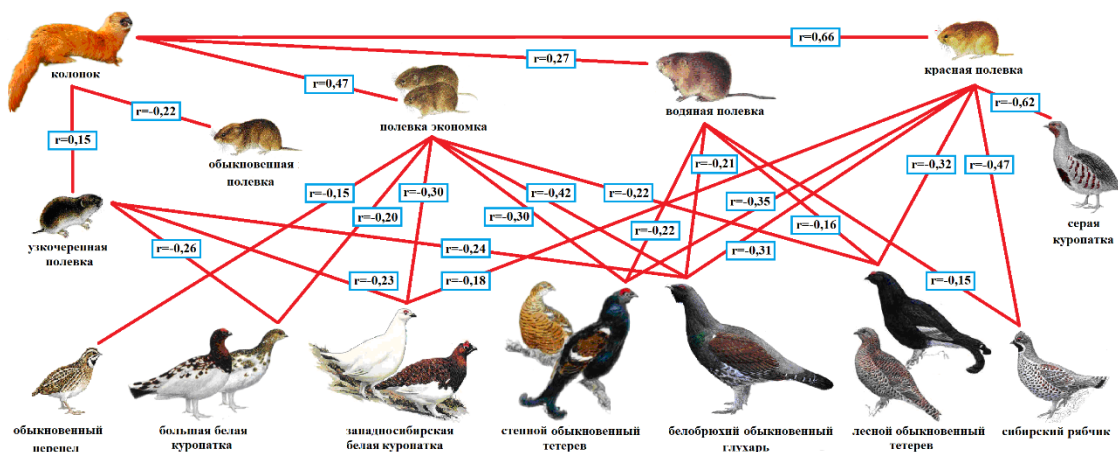


Рис. 6. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций колонка и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Горностаи охотятся на водяную полевку, хомяка, бурундука, леммингов и др., нередко истребляя больше грызунов, чем может съесть. В рационе горностая птицы (глухарь, рябчик, тетерева, белые куропатки) и их яйца имеют второстепенное значение, как и рыба и землеройки; ещё реже он поедает земноводных, ящериц и насекомых, падаль и ягоды (Новиков, 1956; Заянчковский, 1969; Аристов, Барышников, 2001). По результатам оценки сопряженной многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием горностая на территории Омской области установлена положительная корреляционная связь с численностью обыкновенной полевки и узкочерепной полевки, которые с численностью диких курообразных птиц корреляционно не связаны.

Многолетняя сопряженная численность популяции горностая имеет положительную корреляционную связь с численностью популяций мелких мышевидных грызунов еще пяти видов: полевки эконома, узкочерепной полевки, красной полевки, полевой мыши, малой лесной мыши. Изменения многолетней численности популяций грызунов этих видов характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций видов/подвидов диких курообразных. Следовательно, лишь изменение численности популяций горностая и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и популяций диких курообразных птиц семи видов/подвидов (рис. 7).

Ласка питается преимущественно грызунами: домовыми, полевыми и лесными мышами, землеройками, полевками, крысами, тушканчиками, хомяками, птенцами (включая цыплят курообразных), а также беспозвоночными и другими мелкими позвоночными животными (Заянчковский, 1969; Аристов, Барышников, 2001). По результатам оценки сопряженной многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием ласки на территории Омской области установлена положительная корреляционная связь с численностью узкочерепной полевки, красной полевки, водяной полевки, полевой мыши.

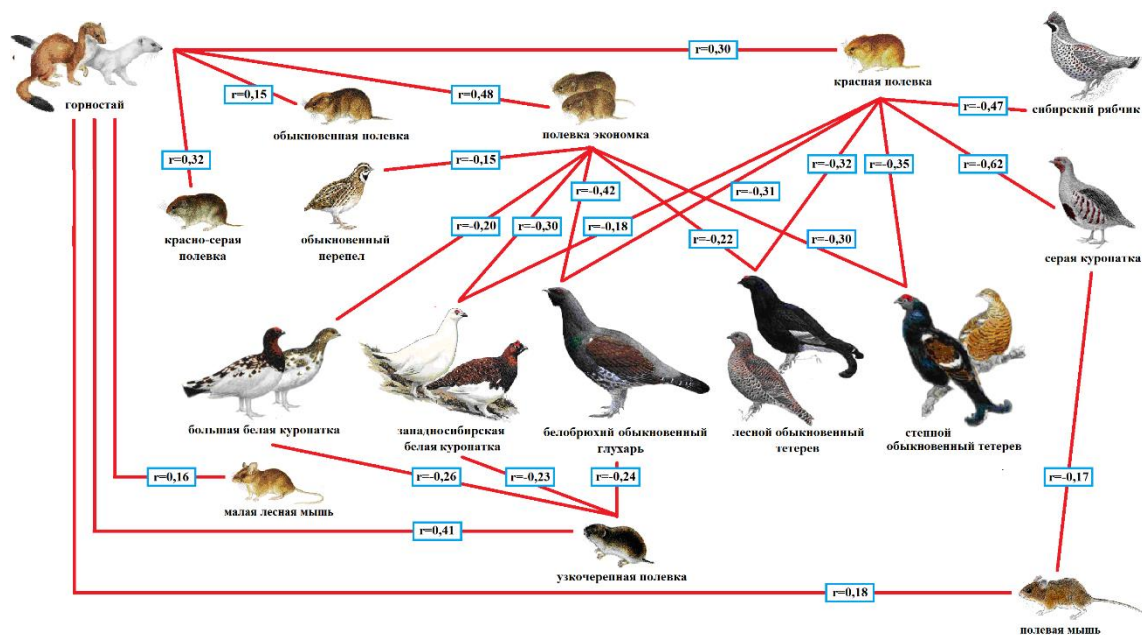


Рис. 7. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций горностая и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Изменения многолетней численности популяций грызунов этих видов характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций видов/подвидов диких курообразных. Следовательно, лишь изменение численности популяций ласки и мелких мышевидных грызунов четырех видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности грызунов и популяций диких курообразных птиц семи видов/подвидов (рис. 8).

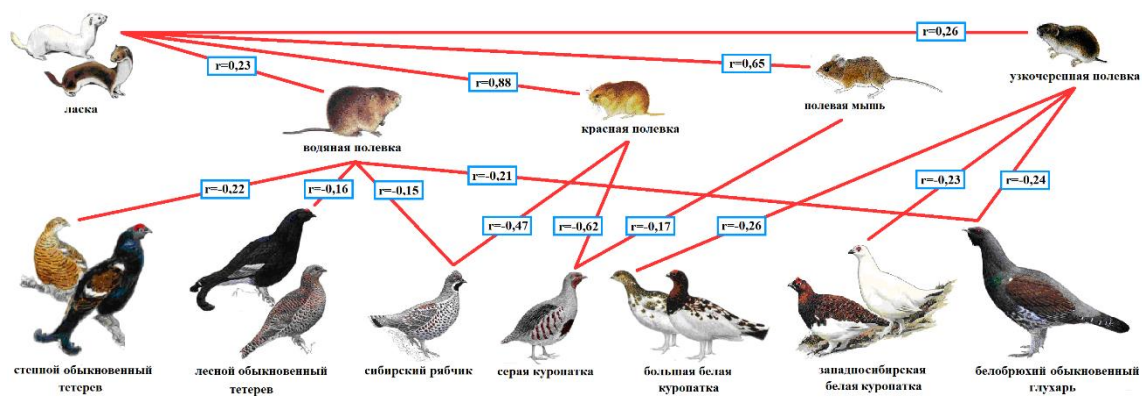


Рис. 8. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций ласки и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Основными кормами степного хоря считаются суслики и хомяки: в местах их высокой концентрации численность степных хорей значительно выше, чем в других типах угодий. Мышевидные грызуны в питании степного хоря служат замещающим кормом при малой численности сусликов, хомяков и других основных кормов. О роли диких курообразных в питании хищника известно лишь, что хори нападают на тетеревов и куропаток (Герасимов и др., 1976). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием светлого хоря на территории Омской области характеризуется положительной корреляционной связью с численностью полевки экономки, красной полевки, водяной полевки, обыкновенной полевки.

Однако из них только численность популяции обыкновенной полевки не связана с противофазными изменениями численности популяций диких курообразных птиц, численность остальных связана отрицательной корреляционной связью с численностью популяций западносибирской белой куропатки, большой белой куропатки, серой куропатки, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, белобрюхого обыкновенного глухаря, сибирского рябчика, обыкновенного перепела. Следовательно, лишь изменение численности популяций степного хоря и мелких мышевидных грызунов трех видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций грызунов и диких курообразных птиц восьми видов/подвидов (рис. 9).

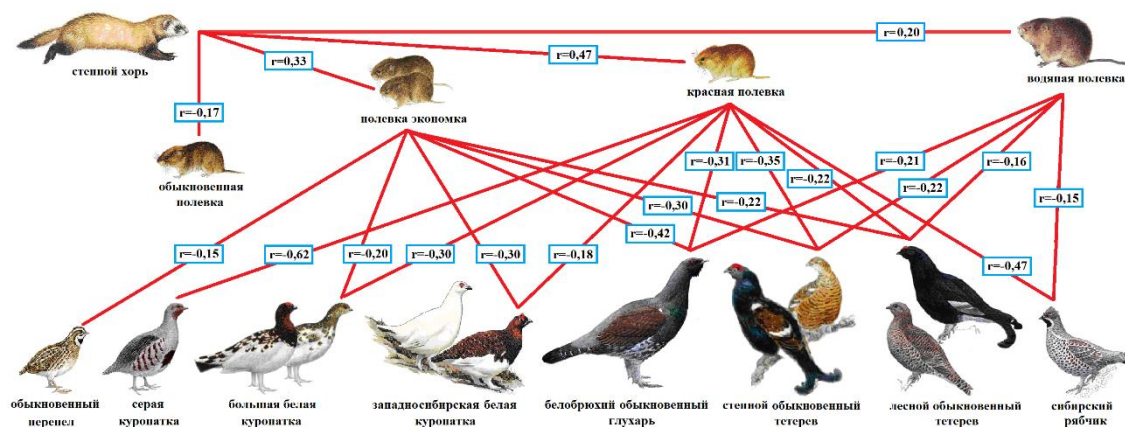


Рис. 9. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций степного хоря и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

В питании американской норки первостепенное значение имеют мышевидные грызуны (преимущественно водяная полёвка, серые и рыжая полёвки), зимой — рябчики, иногда зайцы, белки, землеройки (Новиков, 1956; Аристов, Барышников, 2001). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием американской норки на территории Омской области характеризуется корреляционной связью с численностью семи видов мелких мышевидных грызунов. Но численность популяций трех из них (красно-серой полевки, малой лесной мыши, полевой мыши) не связана с противофазными изменениями численности популяций диких курообразных птиц. Численность остальных популяций (полевки эконома, узкочерепной полевки, красной полевки, водяной полевки) связана отрицательной корреляционной связью с численностью популяций диких курообразных птиц. Следовательно, лишь изменение сопряженной численности популяций американской норки и мелких мышевидных грызунов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций грызунов четырех видов и диких курообразных птиц семи видов/подвидов (рис. 10).

Азиатский барсук всеяден, при преобладании в рационе животной пищи. Он поедает беспозвоночных, мелких грызунов, землероек и ежей, иногда добывает зайца-русака (Кудрявцева, Смирнов, 2005). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием азиатского барсука на территории Омской области характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью красной полевки, полевки эконома, водяной полевки, узкочерепной полевки, полевой мыши. При этом численность их популяций характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций диких курообразных птиц.

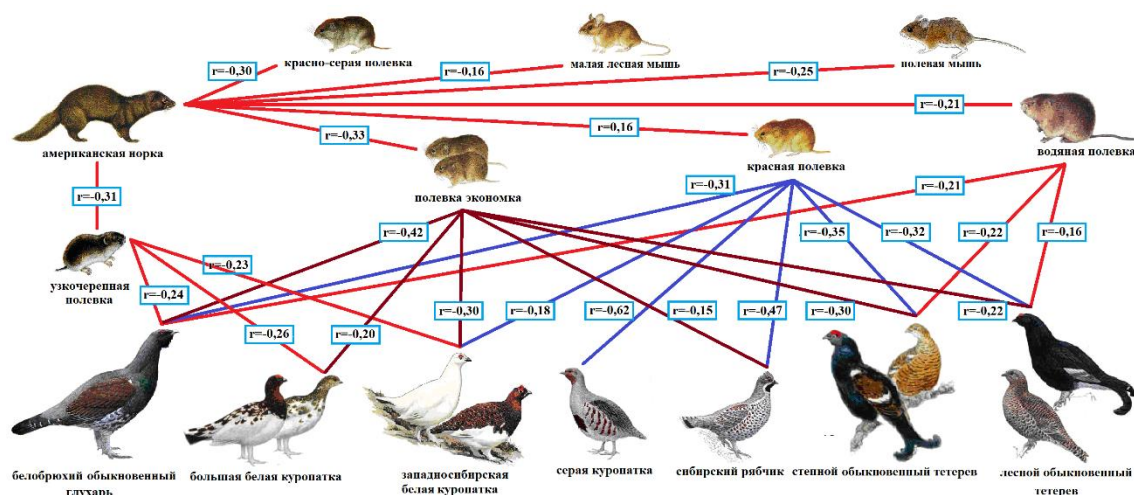


Рис. 10. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций американской норки и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности популяций азиатского барсука и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций грызунов и диких курообразных птиц семи видов/подвидов (рис. 11).

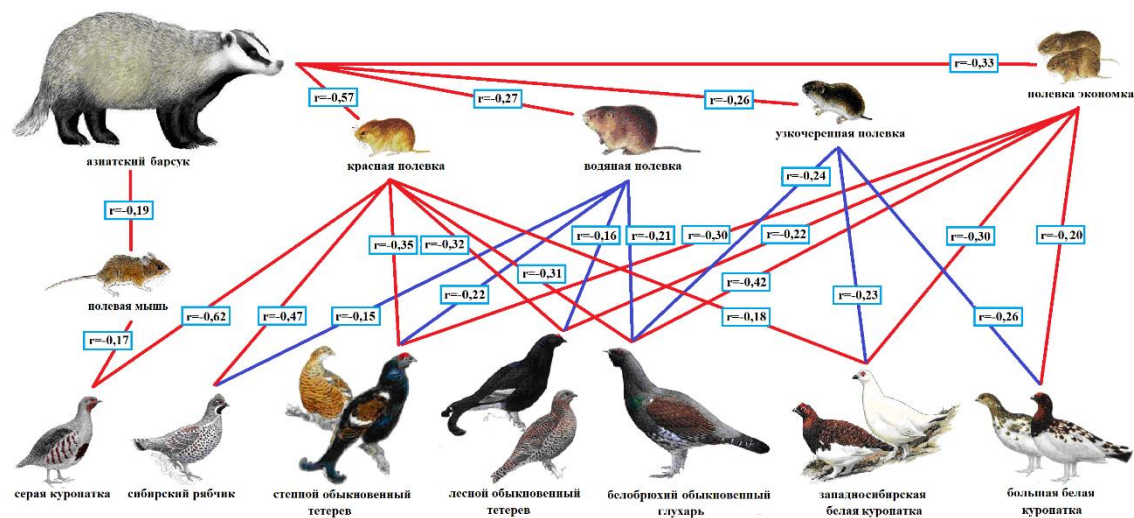


Рис. 11. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций азиатского барсука и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

В выборе объектов питания россомаха не привередлива: она ловит беляков, тетеревов, рябчиков и других птиц, хватая их на земле, когда те спят или сидят на гнёздах, поедает птичьи яйца, мышевидных грызунов, реже охотится на крупных копытных (Терновский, 1977). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием россомахи с численностью мелких мышевидных грызунов на территории Омской области характеризуется корреляционной связью с численностью красной полевки, полевки экономки, полевой мыши. Популяции грызунов этих видов характеризуются отрицательной корреляционной связью с популяциями диких курообразных птиц. Следовательно, лишь изменение сопряженной численности популяций азиатского барсука и мелких мышевидных

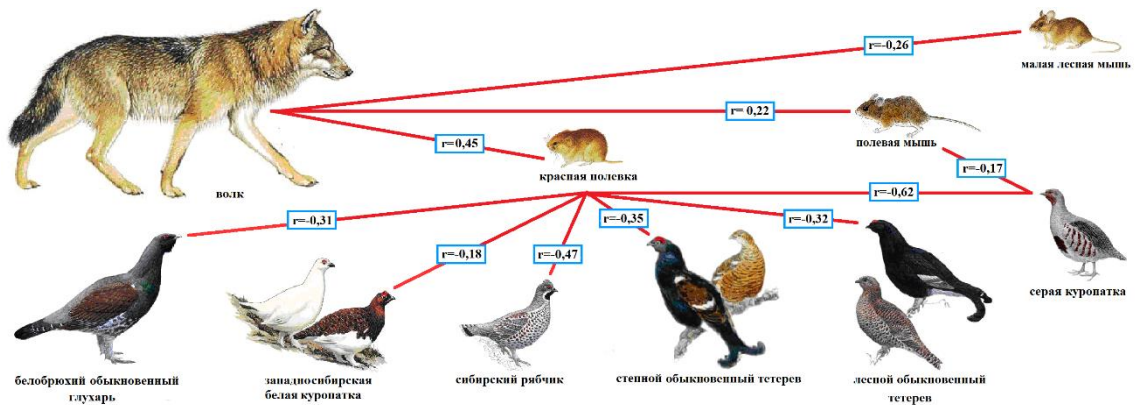


Рис. 13. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций волка и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Следовательно, противофазное изменение сопряженной численности популяций собаки-парии и мелких мышевидных грызунов четырех видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций этих грызунов и диких курообразных птиц восьми видов/подвидов (рис. 14).

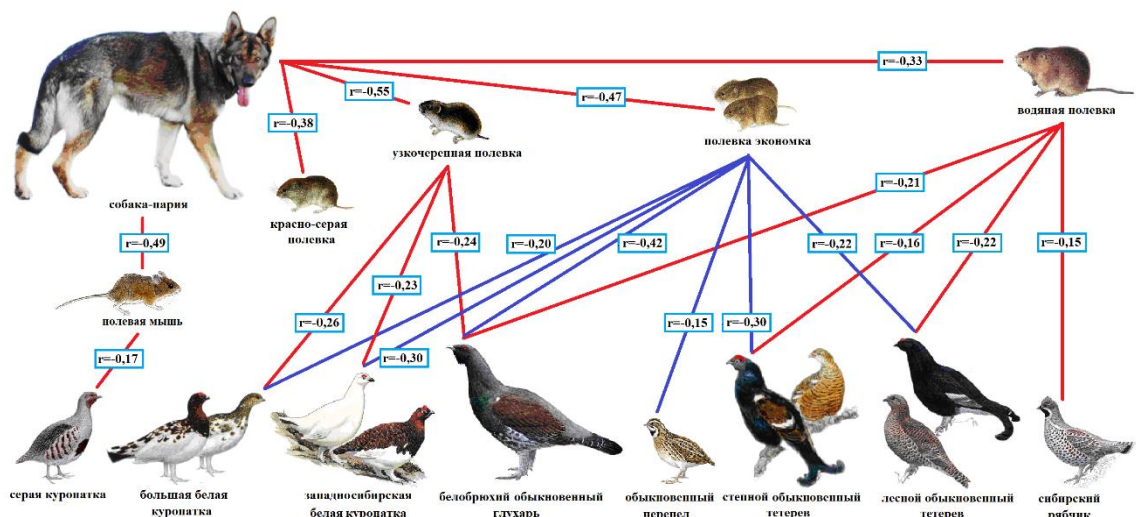


Рис. 14. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций собаки-парии и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Обыкновенная лисица является всеядной, но повсеместно, вне зависимости от времени года, основу ее питания составляют мелкие грызуны, главным образом мыши и полёвки, за исключением периода их низкой численности. Более крупные позвоночные животные играют в питании много меньшую роль. Курообразные птицы в рационе также второстепенны, хотя лисица никогда не упустит случая поймать на земле птицу, а также уничтожить кладку яиц или нелетающих птенцов (Новиков, 1956; Аристов, Барышников, 2001). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием обыкновенной лисицы на территории Омской области характеризуется положительной корреляционной связью с численностью обыкновенной полевки, красно-серой полевки, малой лесной мыши, которые не связаны с противофазным изменением численности популяций диких курообразных птиц. Но сопряженная многолетняя численность популяций красной полевки и полевки экономки с численностью обыкновенной лисицы характеризуется отрицательной корреляционной

связью; при этом их численность грызунов этих видов в противофазе связана с численностью популяций сибирского рябчика, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, белобрюхого обыкновенного глухаря, западносибирской белой куропатки, большой белой куропатки, серой куропатки и обыкновенного перепела.

Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности популяций обыкновенной лисицы и мелких мышевидных грызунов двух видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций этих грызунов и диких курообразных птиц восьми видов/подвидов (рис. 15).

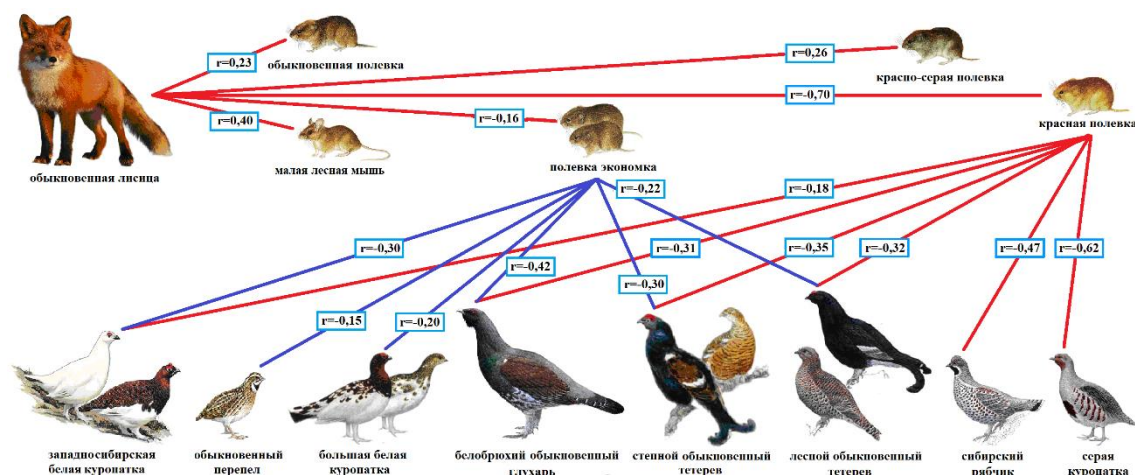


Рис. 15. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций обыкновенной лисицы и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

Корсак питается преимущественно мелкими грызунами (полёвками, пеструшками, мышами, тушканчиками), пресмыкающимися, насекомыми, птицами и их яйцами, реже - сусликами, ежами и зайцами, может есть падаль и отбросы (Гептнер, 1932). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием корсака на территории Омской области характеризуется положительной корреляционной связью с численностью узкочерепной полевки и малой лесной мышью; численность этих грызунов имеет отрицательную корреляционную связь с численностью популяций большой белой куропатки и степного обыкновенного тетерева. С численностью популяций мелких мышевидных грызунов еще трех видов (красной полевкой, водяной полевкой, полевкой эконожкой) корсак имеет отрицательную корреляционную связь; численность популяций грызунов этих видов характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций большой белой куропатки, степного обыкновенного тетерева, серой куропатки и обыкновенного перепела.

Следовательно, изменение сопряженной численности популяций корсака и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение численности популяций грызунов этих видов и диких курообразных птиц четырех видов/подвидов (рис. 16).

Енотовидная собака всеядна, питается растительной и животной пищей, прежде всего мышевидными грызунами, птицами и их яйцами, лягушками, жуками (Новиков, 1956; Аристов, Барышников, 2001). Сопряжение многолетней численности популяций видов в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» с участием енотовидной собаки на территории Омской области характеризуется корреляционной связью с численностью красно-серой полевки и обыкновенной полевки. Но

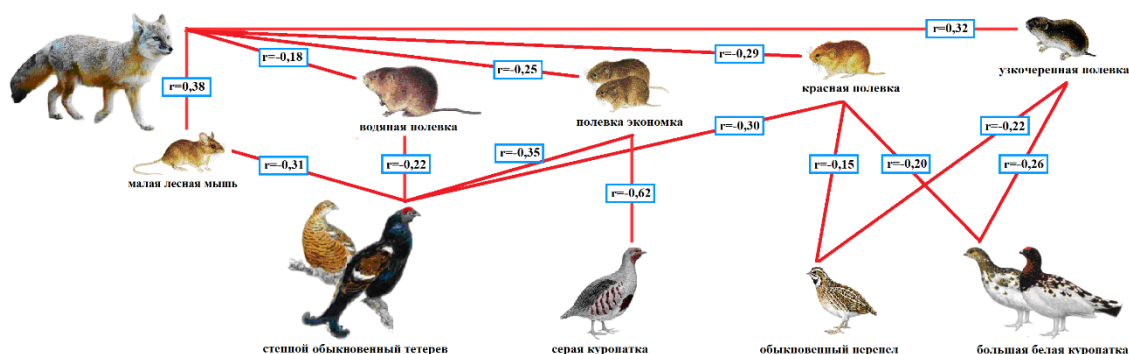


Рис. 16. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций корсака и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

численность популяций грызунов этих видов не связана с противофазным изменением численности популяций диких курообразных птиц. Изменение многолетней численности популяций енотовидной собаки характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций полевки экономки, узкочерепной полевки, полевой мыши, водяной полевки, красной полевки. Изменение численности популяций грызунов этих видов характеризуется отрицательной корреляционной связью с численностью популяций диких курообразных птиц.

Следовательно, лишь противофазное изменение сопряженной численности популяций енотовидной собаки и мелких мышевидных грызунов пяти видов оказывает противофазное изменение сопряженной численности популяций грызунов и диких курообразных птиц восьми видов/подвидов (рис. 17).

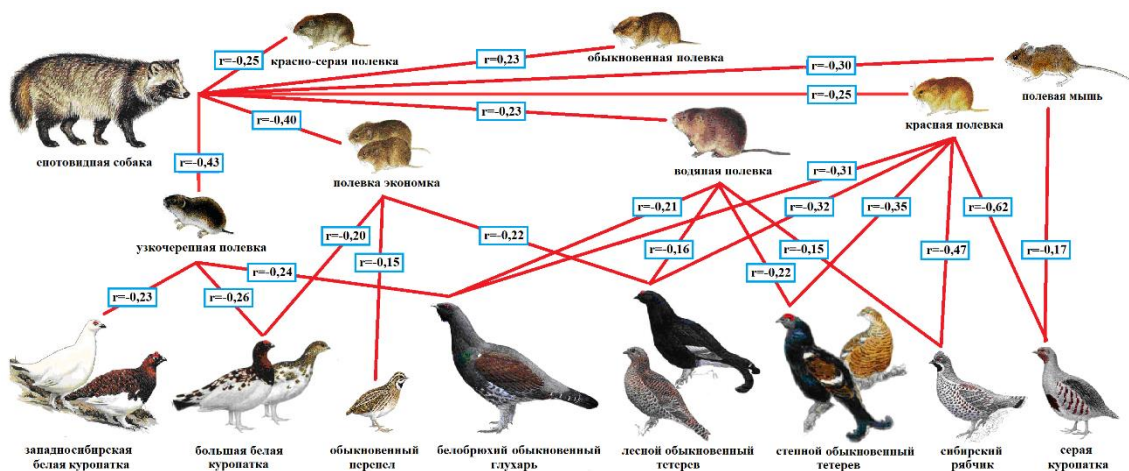


Рис. 17. Показатели коэффициента корреляции Пирсона сопряженной численности популяций енотовидной собаки и других животных (Омская область, 1979–2024 гг.)

ОБСУЖДЕНИЕ

На примере исследования наибольшее количество видов хищников в противофазе имеет сопряженную численность с пятью видами грызунов (полевка экономка, водяная полевка, узкочерепная полевка, красная полевка, красно-серая полевка); еще три вида (малая лесная мышь, полевая мышь, обыкновенная полевка) имеют сопряженную численность с очень ограниченным числом видов хищников (рис. 18); численность остальных видов мелких мышевидных грызунов существенного влияния на численность хищников не оказывает.

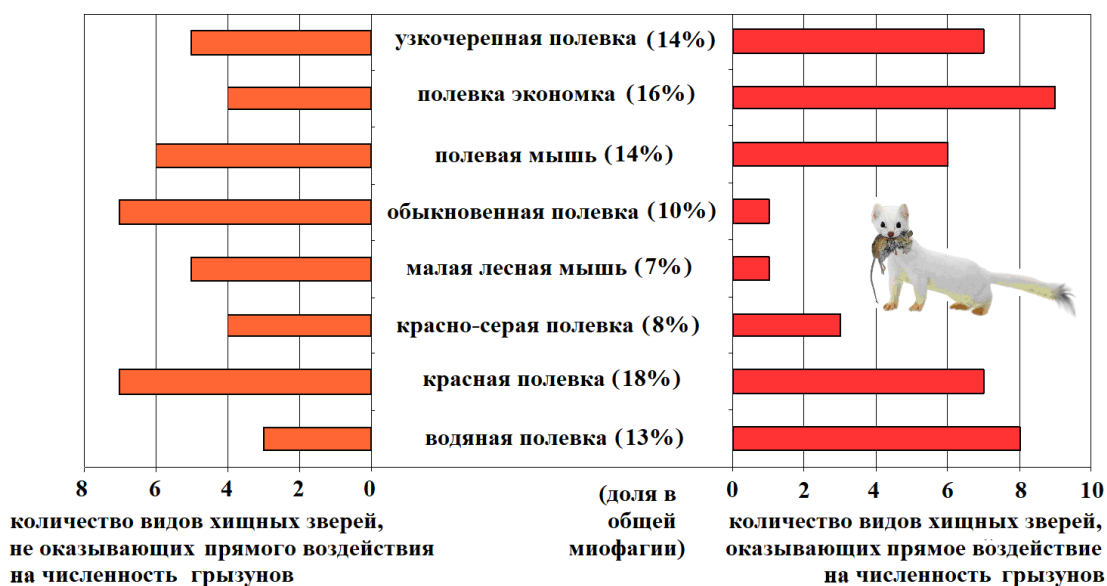


Рис. 18. Соотношение количества популяций видов хищных зверей, имеющих фазные/противофазные изменения сопряженной численности с популяциями наиболее многочисленных видов мелких мышевидных грызунов (Омская область, 1979–2024 гг.)

На территории Омской области численные отношения в триаде «хищные звери – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» на основании наличия коэффициентов корреляции Пирсона реализуются в трех основных вариантах с различным содержанием. В основе этой триады находятся отношения хищников и грызунов. Вследствие различных вариантов элиминации мелких мышевидных грызунов хищными зверями связи между численностью грызунов и численностью хищников формируются по-разному.

В первом из вариантов, при отсутствии значимой элиминации мелких мышевидных грызунов, без какой-либо связи численности грызунов с численностью хищного зверя, отношения реализуются с участием речной выдры.

Во втором, наиболее разнообразном варианте, при неизбирательной элиминации с отсутствием воздействия хищного зверя на виды грызунов с противофазным изменением численности, воздействие происходит лишь на виды грызунов с фазным изменением численности. Эти отношения реализуются для горностая, ласки, степного хорька, россомахи, волка. При неизбирательной миофагии с увеличением численности грызунов численность хищного зверя также увеличивается, что характеризуется фазным изменением сопряженной численности. Это происходит при доступности для хищного зверя грызунов лишь отдельных видов, либо ограниченного числа видов, при отсутствии охотничьей специализации хищника. Такие отношения с фазным изменением численности большинства видов грызунов, и противофазным изменением численности грызунов отдельных видов, реализуются с участием соболя, колонка, обыкновенной лисицы, корсака, обыкновенной рыси; с противофазным изменением численности грызунов ограниченного числа видов – с участием бурого медведя и лесной куницы. При неизбирательной миофагии при отсутствии охотничьей специализации хищника, с противофазным изменением численности грызунов большинства видов и хищного зверя, отношения реализуются с участием американской норки и енотовидной собаки.

В третьем варианте, при избирательной миофагии увеличение численности хищника сопровождается уменьшением численности грызунов, что характеризуется противофазным изменением сопряженной численности. Это происходит при охотничьей специализации хищника на определенных видах добычи. Такие отношения реализуются с участием азиатского барсука и собаки-парии (рис. 19).

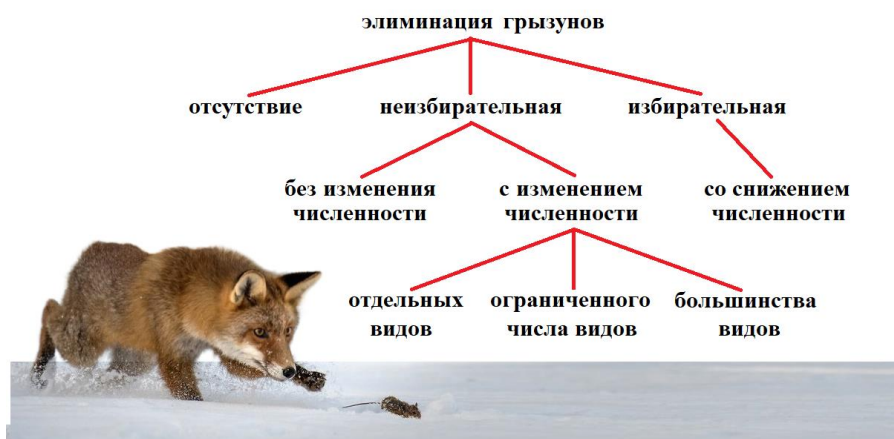


Рис. 19. Вариативность численных отношений популяций хищных зверей и мелких мышевидных грызунов на основании коэффициентов корреляции Пирсона (Омская область, 1979–2024 гг.)

Все варианты отношений хищников и грызунов не исключают того, что с уменьшением численности грызунов одних видов хищник может переходить на добычу грызунов тех видов, численность которых увеличивается, или на другие пищевые объекты, в т.ч. на добычу диких курообразных птиц (Колосов и др., 1975). Наиболее часто с уменьшением численности популяций мелких мышевидных грызунов распространенных видов численность популяций диких курообразных птиц увеличивается, и ведущая роль в этом процессе принадлежит ограниченному количеству видов грызунов. Три вида из них (красная полевка, полевка экономка, водяная полевка) оказывают опосредованное влияние на численность диких курообразных птиц; два вида (узкочерепная полевка, полевая мышь) оказывают влияние лишь в определенных условиях; три вида (красно-серая полевка, обыкновенная полевка, малая лесная мышь) существенного влияния не оказывают (рис. 20). При этом, численность популяций мелких мышевидных грызунов в определенных условиях опосредованно влияет на численность популяций семи видов/подвидов курообразных; на один вид/подвид (западносибирскую белую куропатку) существенного влияния не оказывается (рис. 21).

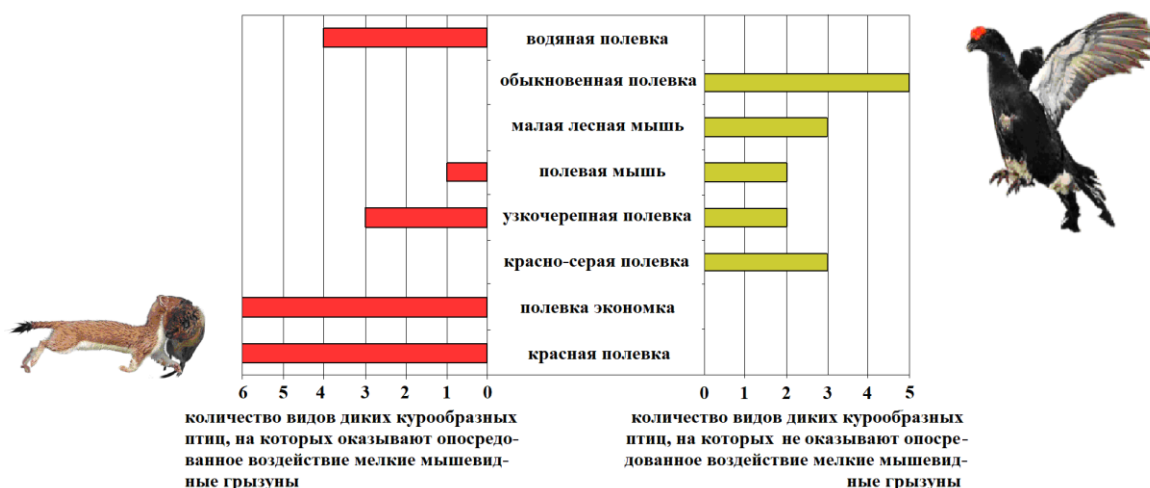


Рис. 20. Соотношение количества популяций видов/подвидов диких курообразных птиц, имеющих фазные/противофазные изменения сопряженной численности с наиболее многочисленными популяциями видов мелких мышевидных грызунов, объектов питания хищных зверей (Омская область, 1979–2024 гг.)

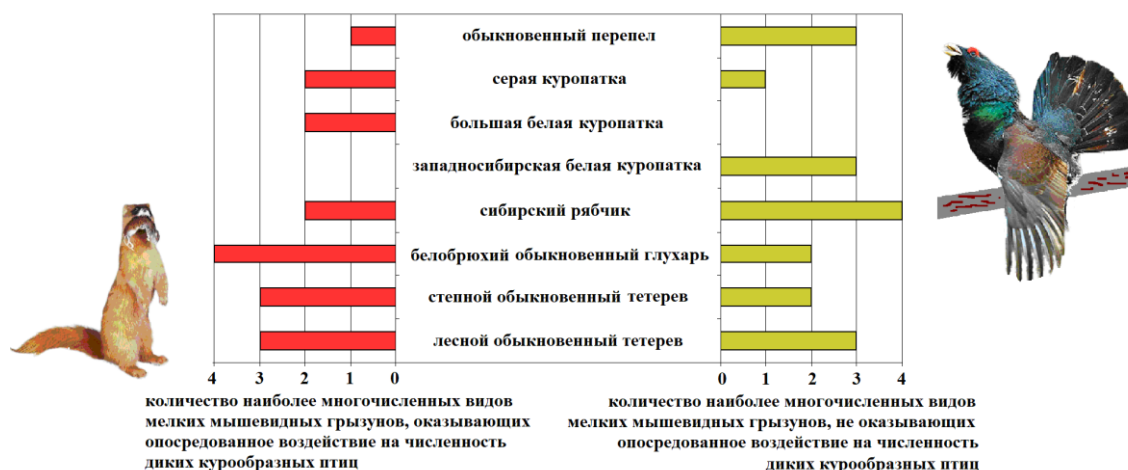


Рис. 21. Соотношение количества наиболее многочисленных видов популяций мелких мышевидных грызунов, объектов питания хищных зверей, имеющих фазные/противофазные изменения сопряженной численности с видами/подвидами популяций диких курообразных птиц (Омская область, 1979–2024 гг.)

Наиболее очевидны противофазные изменения сопряженной многолетней численности популяций белобрюхого обыкновенного глухаря и полевки экономки (рис. 22), как и численности популяций сибирского рябчика и серой куропатки с численностью красной полевки (рис. 23).

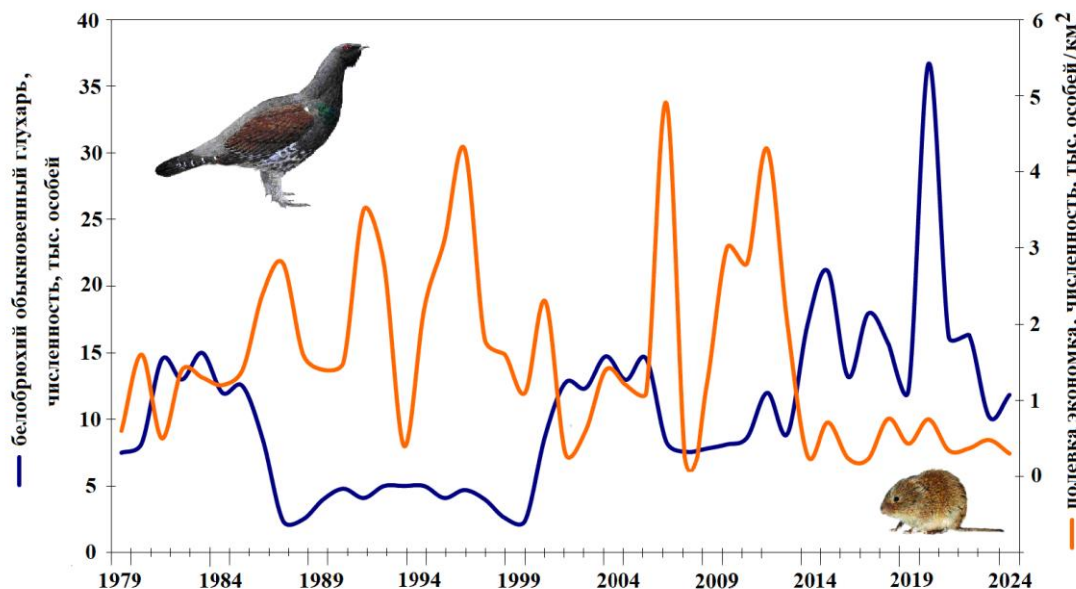


Рис. 22. Сопряженная численность популяций белобрюхого обыкновенного глухаря и полевки экономки (Омская область, 1979–2024 гг.)

Можно считать доказанным факт опосредованного влияния численности грызунов на численность диких курообразных, которая реализуется через воздействие численности хищных зверей на численность грызунов. Установленная закономерность подтверждается коэффициентами корреляции Пирсона на основании статистических оценок сопряженных численностей популяций видов в триаде «хищник – мелкие мышевидные грызуны – дикие курообразные птицы» на территории Омской области в 1979–2024 годах. Однако

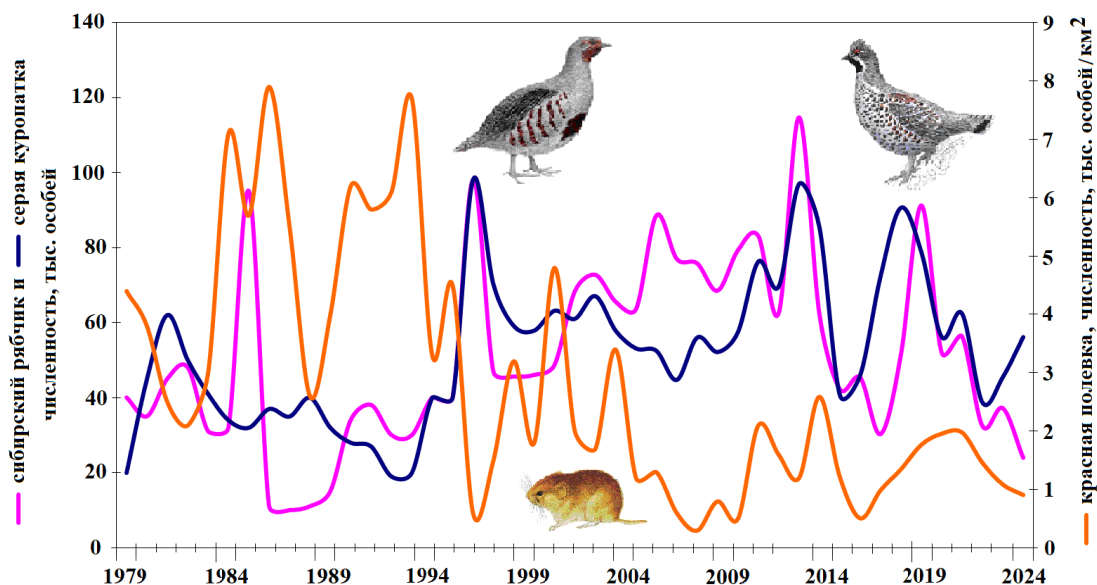


Рис. 23. Сопряженная численность популяций сибирского рябчика, серой куропатки и красной полевки (Омская область, 1979–2024 гг.)

статистические показатели сопряжения численностей популяций видов в триаде относительно невысоки, поскольку отношения между видами не ограничиваются статистическими связями внутри триады, они являются всего лишь компонентами многофакторной системы на территории с различными биотопическими условиями, из которых нами была рассмотрена лишь малая часть (Кассал, 2020, 2020а, 2020б, 2021). Кроме того, известны многолетние циклы колебания численности популяций диких курообразных птиц, которые находятся в прямой зависимости от численности популяций мелких мышевидных грызунов: когда их численность идёт на убыль, хищники переключаются на птиц (Колосов и др., 1975). Однако численность грызунов разных видов изменяется асинхронно, и добыча диких курообразных птиц в качестве викарного корма хищниками разных видов также может происходить асинхронно (Кассал, 2021б).

ВЫВОДЫ

1. На территории Омской области роль хищных зверей в изменении численности популяций мелких мышевидных грызунов различна, от ничтожной для речной выдры до значительной для лесной куницы, колонка, светлого хоря, росомahi, обыкновенной лисицы и енотовидной собаки. Вариативность отношений численности популяций хищных зверей и мелких мышевидных грызунов на основании коэффициентов корреляции Пирсона может реализоваться через избирательную элиминацию со снижением численности грызунов или через неизбирательную без изменения численности, либо со снижением численности отдельных видов, ограниченного числа видов, большинства видов грызунов.

2. Наиболее сильное воздействие противофазных изменений на численность популяций диких курообразных птиц оказывает численность популяций мелких мышевидных грызунов ограниченного количества видов: красной полевки, полевки экономки, водяной полевки, в меньшей степени – узкочерепной полевки и полевой мыши. Численность грызунов других видов определяющего значения в этих изменениях не имеет. Наиболее сильное воздействие испытывают популяции белобрюхого обыкновенного глухаря, лесного обыкновенного тетерева, степного обыкновенного тетерева, в меньшей степени – сибирского рябчика, большой белой куропатки, серой куропатки и обыкновенного перепела, численность которых изменяется в противофазе с численностью мелких мышевидных грызунов.

3. Является доказанным факт опосредованного влияния популяций грызунов, изменяющихся под воздействием популяций хищных зверей, причастных к этому в разной мере, на популяции диких курообразных птиц, как компонентов многофакторной системы на территории с различными биотопическими условиями.

Список литературы

- Аристов А. А., Барышников Г. Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. – СПб., 2001. – 560 с.
- Быков Б. А. Экологический словарь. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 212 с.
- Гептнер В. Г. Корсак. – М.: Внешторгиздат, 1932. – 26 с.
- Герасимов Ю. А., Шиляева Л. М., Морозов В. Ф., Кукарцев В. А., Войлочников А. Т. Хори (лесной и степной) // Охота на пушных. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 221 с.
- Елисеева И. И. (ред.), Юзбашев М. М. Общая теория статистики. – М.: Финансы и Статистика, 2002. – 480 с.
- Заянчковский И. Ф. Враги наших врагов. – М.: Молодая гвардия, 1969. – С. 27.
- Кассал Б. Ю. Курообразные Омской области в системе «хищник – жертва» // Байкальский зоологический журнал, 2020. – № 1 (27). – С. 45–54.
- Кассал Б. Ю. Курообразные Омской области под воздействием хищничающих зверей // Актуальные вопросы изучения птиц Сибири. Материалы Сибирской орнитологической конференции, посвященной памяти и 85-летия Э. А. Ирисова / [Под ред. В. Ю. Петрова]. – Барнаул: АлтГУ, 2020а. – С. 41–45.
- Кассал Б. Ю. Псовые – хищники Курообразных в Омской области // Современные проблемы охотоведения: Материалы национальной конференции с международным участием, посвященной 70-летию охотоведческого образования в ИСХИ - Иркутском ГАУ, 27-31 мая 2020 г. (В рамках IX международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии»). – Иркутск: ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2020б. – С. 176–181.
- Кассал Б. Ю. Куньи – хищники Курообразных в Омской области // Современные проблемы охотоведения: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию учебно-опытного охотничьего хозяйства «Голоустное» имени О. В. Жарова, 26-30 мая 2021 г., в рамках X международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии» – Молодежный: Иркутский ГАУ, 2021. – С. 230–235.
- Кассал Б. Ю. Факторы, влияющие на численность совместно обитающих западносибирской и большой белых куропаток // Вестник охотоведения. – 2021а. – Т. 18, № 1. – С. 13–27.
- Кассал Б. Ю. Цикличность изменений численности курообразных в Омской области // Ресурсы дичи и рыбы: использование и воспроизводство (Электронный ресурс): Материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2021б. – С. 129–134.
- Кассал Б. Ю. Беспризорные собаки – «Чупакабры» Западной Сибири // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства России и ближнего зарубежья: всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. – Вятка: ВятГАТУ, 2023. – С. 144–149.
- Кассал Б. Ю. Собаки-парии в Омской области // Ресурсы дичи и рыбы: использование и воспроизводство (Электронный ресурс): Материалы IV всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Красноярск: КрасГАУ, 2023а. – С. 76–80.
- Кассал Б. Ю. Трофическая характеристика Куньих Омской области // Актуальные вопросы природопользования, ветеринарии и охотоведения: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию А. И. Колеватовой. – Киров, 2023б. – С. 172–179.
- Кассал Б. Ю. Запасы курообразных в Омской области // Ресурсы дичи и рыбы: использование и воспроизводство [Электрон. ресурс]: материалы межрегиональной научно-практической конференции. Красноярск: КрасГАУ, 2024. С. 26–31.
- Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Micromammalia Среднего Прииртышья как кормовая база плотоядных животных // Биологические науки и биоразнообразие: III научно-практическая конференция с международным участием. – Вятка: ВятГАТУ, 2023. – С. 35–38.
- Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н. Численность Micromammalia Омской области // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции / [Под ред. Н. М. Чернявской]. – Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2023а. – С. 213–219.
- Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н., Макенов М. Т. Биотические отношения собак-парий с серыми крысами и другими животными // Ветеринарная патология, 2006. – № 2 (17). – С. 31–37.
- Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н., Сидорова Д. Г. Экологический мониторинг популяции красной полевки // Актуальные вопросы изучения и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия юга России. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения крымского орнитолога С. Ю. Костина / [Под ред. С. П. Иванова]. – Симферополь: КФУ им. В. И. Вернадского, 2024. – С. 136–139.

- Кассал Б. Ю., Сидоров Г. Н., Сидорова Д. Г. Экологический мониторинг популяции полевой мыши // Экологические чтения. – 2024. – С. 473–478.
- Колосов А. М., Лавров Н. П., Михеев А. В. Биология промыслово-охотничьих птиц СССР. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 243–244.
- Кудрявцева Т. В., Смирнов М. Н. Материалы к питанию барсука (*Meles anakuma* Temm., 1844) в Хакасии // Труды Тигирекского заповедника. – 2005. – № 1. – С. 313–315.
- Никифоров Л. П. Опыт абсолютного учета численности мелких млекопитающих в лесу // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. – М.: АН СССР, 1963. – С. 237–243.
- Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. – М.: Советская наука, 1949. – 602 с.
- Новиков Г. А. Хищные млекопитающие фауны СССР / [Под ред. Е. Н. Павловского]. – М., Л.: АН СССР, 1956. – 295 с.
- Омская область. – Онлайн справочник климатических районов строительства по областям России. 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://bim-proektstroy.ru/онлайн-справочник-климатических-рай/> (просмотрено 15.01.2025).
- Отчеты о работе управления охраны и использования животного мира Министерства природных ресурсов и экологии Омской области. Омская Губерния [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://mpr.omskportal.ru/oiv/mpr/otrasl/oxota/otcheti> (просмотрено 15.01.2025).
- Павлов Д. С., Петросян В. Г., Дгебуадзе Ю. Ю. и др. Позвоночные животные России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.sevin.ru/vertebrates/index.html?birds/175.html> (просмотрено 15.01.2025).
- Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области) / [Отв. ред. Д. С. Павлов]. – М.: ИКЦ Академкнига, 2003. – 289 с.
- Терновский Д. В. Биология кунцеобразных (Mustelidae) / [Отв. ред. А. А. Максимов]. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1977. – 280 с.
- Управление охотничье-промыслового хозяйства // Бюджетное учреждение Омской области «Исторический архив Омской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://iaoo.ru/fundsdirectory/fond/f_51713 (просмотрено 15.01.2025).

Kassal B. Yu. Indirect influence of the number of mouse-like rodents on the number of Galliformes // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 45–64.

In the Omsk region, the role of seventeen species of predatory animals on the population dynamics of twenty species of small, mouse-like rodents ranges from negligible for the river otter to significant for the pine marten, Siberian weasel, light polecat, wolverine, red fox and raccoon dog. The variability of the numerical relationships between populations of predatory animals and small mouse-like rodents based on the Pearson correlation coefficients ($-0.15 \leq r \leq 0.15$; $p < 0.05$) can manifest through selective elimination leading to a decrease in the number of rodents or through non-selective elimination without changing the overall rodent population or with a decrease in the number of individual species, a limited number of species, or most species of rodents. The most substantial impact of antiphase changes on the population size of wild Galliformes, comprising nine subspecies of seven species is attributed to the population sizes of a limited number of small rodent species: the northern red-backed vole, root vole, water vole, and, to a lesser extent, the narrow-skulled vole and striped field mouse. The population sizes of other rodent species do not play a decisive in these changes. The greatest impact is experienced by the population size of the white-bellied wood grouse, forest black grouse, steppe black grouse, and, to a lesser extent, the Siberian hazel grouse, great willow ptarmigan, grey partridge, and common quail, the population densities of which fluctuates inversely with those of small mouse-like rodents. This study demonstrates the fact of the indirect influence of rodent populations, changing under the influence of various predatory mammals, which vary in their impact, on the populations of wild gallinaceous birds as components of a multifactorial system in an area with different biotopic conditions.

Key words: conjugate long-term abundance; predatory animals; rodents; wild gallinaceous birds, Omsk region.

Поступила в редакцию 10.01.25

Принята к печати 10.02.25

Элементный состав разновозрастной хвои сосны (*Pinus sylvestris* L.) в сосняках лишайниковых в условиях длительного аэротехногенного загрязнения выбросами АО «Сыктывкарский лесопромышленный комплекс»

Робакидзе Е. А.

*Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
Сыктывкар, Россия
robakidze@ib.komisc.ru*

Изложены результаты исследования влияния аэротехногенных выбросов целлюлозно-бумажного производства АО «Сыктывкарский лесопромышленный комплекс» (СЛПК) на элементный состав хвои сосны в сосняках лишайниковых, расположенных на разном расстоянии от источника загрязнения. Определено содержание калия, кальция, магния, фосфора, марганца, железа, натрия, алюминия, серы, азота и углерода. Проведен сравнительный анализ минерального состава разновозрастной хвои сосны в 1999 и 2019 гг. Выявлено, что возрастная динамика содержания большинства исследуемых элементов минерального питания для фонового района и зоны воздействия выбросов имеет общие тенденции. Суммарное содержание зольных элементов в пробах хвои всех четырех лет жизни в сосняках лишайниковых в 2019 году снизилось относительно 1999 года в среднем на 29 % на контрольных и на 23 % на загрязненных участках. В хвое сосны всех исследуемых сосняков среди минеральных элементов доминируют калий и кальций. Значительное участие в составе зольных элементов в хвое принимают фосфор и марганец. Массовая доля общей серы в хвое сосны характеризуется небольшой вариабельностью в 1999 и 2019 годах как для загрязненных, так и для фоновых участков – от 0,07 до 0,11 %. Отмечено уменьшение значений массовой доли азота в пробах хвои сосны в 2019 году в 1,2–1,3 раза на контрольной и опытной территории. Не наблюдается достоверных различий по содержанию углерода ни по возрасту хвои, ни по расположению пробных площадей от источника эмиссии.

Ключевые слова: сосна, химический мониторинг, целлюлозно-бумажное производство, аэротехногенное загрязнение, элементный состав, хвоя сосны.

ВВЕДЕНИЕ

Лесные экосистемы являются важным источником растительных ресурсов, используемых в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, быту. Сосновые леса на территории Республики Коми занимают 7,2 млн. га и являются главным объектом лесопользования (Леса..., 1999). В связи с активным воздействием на окружающую среду техногенной деятельности человеческого сообщества очень важно исследовать роль химических компонентов биосферы, обеспечивающих процессы жизнедеятельности, в частности растений (Елин, 2001). Необходимым составляющим компонентом лесного мониторинга является химический мониторинг (Никонов и др., 1999). При оценке динамики развития фитоценозов и происходящих в них продукционных процессов представляет интерес изучение химического состава их компонентов (Ingestad, 1973; Helmisari, 1992; Tamminen, 2004).

Исследования содержания химических элементов в различных органах растений показали его высокую изменчивость в зависимости от вида и возраста растения, региональных климатических особенностей, сезонного развития и лесорастительных условий местопроизрастания (Митрофанов, 1977; Прокушкин, 1982; Морозова, 1991; Бобкова, 1993; Varcan et al., 1998; Дроздова, Алексеева-Попова, 2008; Сухарева, 2013; Сухарева, Лукина, 2014; Робакидзе, Торлопова, 2015 и др.).

Кроме климатических и биотических факторов, на химический состав растительных тканей оказывают воздействие разнообразные вещества-загрязнители выбросов промышленных производств. Хроническое загрязнение лесных экосистем газообразными

токсикантами и пылевыми выбросами, содержащими разнообразные соединения металлов, приводит к постепенному накоплению отдельных элементов в почве и в дальнейшем в органах растений (Чуваев, Кулагин, 1973; Бусько, 1995; Лукина, Никонов, 1996; Черненко, 2002; Торлопова, Робакидзе, 2012).

Из всех органов растений листья являются самыми чувствительными к действию атмосферных загрязнителей (Гудериан, 1979). Это обусловлено устьичным газообменом листа с воздухом, благодаря которому токсиканты проникают внутрь (Илькун, 1978; Неверова, 2002). На европейском Северо-Востоке России основными поллютантами, загрязняющими воздух, являются предприятия целлюлозно-бумажного производства. В среднетаежной зоне Республики Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн является целлюлозно-бумажный комбинат АО «Сыктывкарский ЛПК» (СЛПК), выпустивший первую продукцию – целлюлозу и картон в 1969 году. В конце 1980-х годов он вышел к освоению установленных мощностей. Его основными поллютантами являются оксиды углерода, азота, серы, сероводород, меркаптаны, сероорганические соединения, минеральная пыль, содержащая карбонаты и сульфиды кальция и натрия. Аэротехногенное загрязнение этими выбросами оказывает существенное влияние на лесные экосистемы (Торлопова, Робакидзе, 2003). По данным публичных экологических отчетов предприятия, суммарное количество выбросов в 1998 г. было 31 тыс. т, в 2006 – 20, в 2010 – 17, в 2015 – 10, в 2020 – 7,8 тыс. т (Экологические отчеты, 2006, 2009–2010, 2013–2015). Отмечается существенное снижение аэротехногенных выбросов, что связано с глубокой модернизацией очистных сооружений предприятия.

Цель настоящих исследований – оценить изменения элементного состава разновозрастной хвои сосны (*Pinus sylvestris*) за 20-летний период в условиях аэротехногенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства в 1999 и 2019 годах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в среднетаежных сосняках лишайниковых (*Pinetum cladinosum*), расположенных на разном расстоянии от источника эмиссии загрязняющих веществ АО «СЛПК». Постоянные пробные площади (ППП) были заложены в 1998 – 2000 годах. Сосняки на фоновой территории (ППП 28, 29, 32) расположены на расстоянии от 51 до 66 км. Сосняки импактной территории (ППП 13, 14, 17) – на расстоянии от 7,3 до 11,2 км (рис. 1).

Исследуемые лишайниковые фитоценозы представлены вторичными разновозрастными древостоями, послерубочного и послепожарного происхождения. Они развиваются на боровых террасах на иллювиально-железистых подзолах. Древостои чистые по составу, сформированы сосной обыкновенной, невысокой продуктивности. Краткая характеристика древостоев приведена в таблице 1. Подлесок отсутствует. Куртинно расположенный по площади подрост различной густоты состоит в основном из сосны. Для оценки жизненного состояния древостоев рассчитывали индекс их поврежденности по формуле средневзвешенного класса повреждения составляющих древостой деревьев, предложенному В.А.Алексеевым (1989).

Слабо развитый травяно-кустарничковый ярус представлен брусникой (*Vaccinium vitis-idaea* L.), пятнами толокнянки обыкновенной (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng.), вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hill.) и осоки верещатниковой (*Carex ericetorum* Pall.). В мохово-лишайниковом покрове содоминируют лишайники *Cladonia rangiferina* (L.) Web., *C. stellaris* (Opiz) Brodo. и *C. sylvatica* (L.) Hoffm., пятнами мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Polytrichum juniperinum* Hedw. и *P. commune* Hedw.

Для изучения химического состава растений была отобрана хвоя сосны 1–4 года жизни, которую разделили по годам. Сбор материала производился в четвертой декаде июля – начале августа в 1999 и 2019 годах. Образцы взяты у 10–12 деревьев на каждой ППП с южной

Элементный состав разновозрастной хвой сосны (*Pinus sylvestris* L.)
в сосняках лишайниковых в условиях длительного аэротехногенного загрязнения...

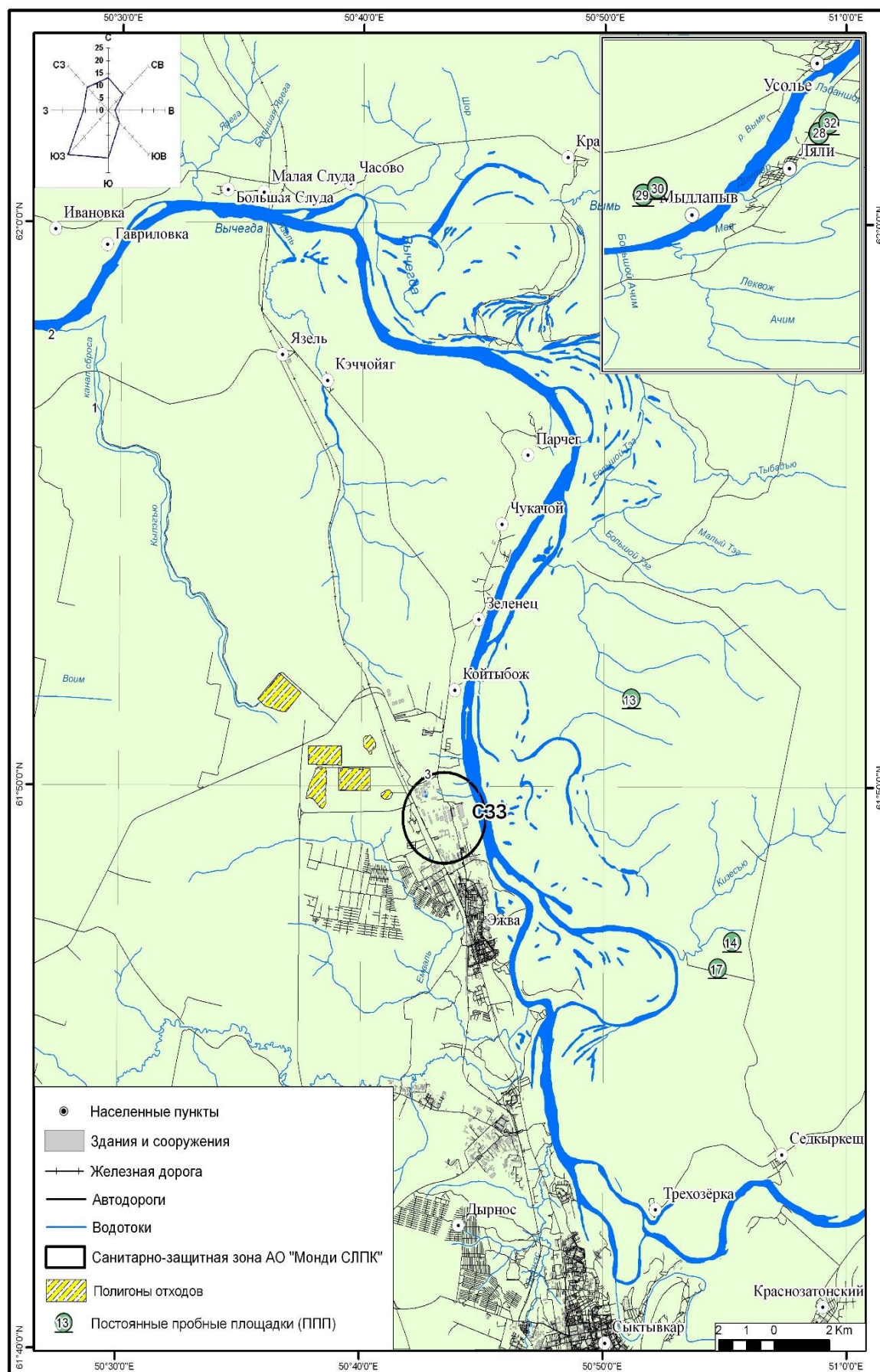


Рис. 1 (на предыдущей странице). Расположение постоянных пробных площадей на территории «Роза ветров» представлена из Атласа Республики Коми по климату и гидрологии (Атлас Республики..., 1997).

стороны из средней части кроны (Helmisari, 1992). Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния и размалывали в электрической мельнице до порошкообразной массы (Родин и др., 1968).

На химический анализ отбирали один средний образец из 10-12 повторностей с каждой ППП. Химический анализ проводили только одной средней пробы с каждой ППП. Из средней пробы брали три аналитические повторности.

Химический анализ выполнен в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257 от 26 февраля 2014 г.) по аттестованным методикам количественного химического анализа. Валовое содержание элементов минерального питания (калий, кальций, магний, фосфор, марганец, железо, натрий, алюминий, сера) в растительных образцах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (Спектрометр атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой Spectro Ciros^{ccd}, Германия). Общее содержание азота и углерода определяли методом газовой хроматографии на элементном анализаторе (EA 1110 (CHNS-O, Италия).

Статистическую обработку данных проводили, используя пакет программ Microsoft Excel 2019 (лицензия Института биологии Коми НЦ УрО РАН). Указаны средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За период наблюдений с 1998 по 2019 годы виталитетный спектр фоновых сосновых древостоев (51–66 км от источника загрязнения) существенно изменился в сторону улучшения. Доля участия здоровых деревьев достоверно увеличилась с $56 \pm 5,0$ % до $76 \pm 6,8$ %, доля деревьев I класса повреждения уменьшилась в 1,5 раза, а II класса повреждения – в 2 раза, свежий сухостой (класс IVa) отсутствует. Динамика индексов поврежденности древостоев сосняков лишайниковых за период исследований с 1998 по 2019 годы, показывает, что их состояние на загрязненной аэротехногенными выбросами территории улучшилось от среднеповрежденного до здорового, на фоновой территории – от слабоповрежденного до здорового (табл. 2) (Робакидзе, Бобкова, 2022).

Одновременно с оценкой состояния древостоев (Робакидзе, Бобкова, 2022) исследовали влияние техногенного загрязнения АО «СЛПК» на химический состав хвои сосны. Известно, что воздействие разнообразных веществ-загрязнителей промышленных производств, наряду с природными факторами, приводит к изменению химического состава растительных тканей (Сидорович и др., 1985; Бусько и др., 1995).

Суммарное содержание химических элементов в пробах хвои всех четырех лет жизни в сосняках лишайниковых в 2019 году снизилось относительно 1999 года в среднем на 29 % на контрольных и на 23 % на загрязненных участках. За весь период исследований не установлено достоверной зависимости суммарного содержания зольных химических элементов в пробах хвои от ее возраста, а также от расстояния до источника эмиссии (рис. 2).

В хвое сосны всех исследуемых сосняков среди минеральных элементов доминируют калий и кальций. Значительное участие в составе зольных элементов в хвое принимают фосфор и марганец. В 1999 году на фоновой территории доля калия составляла $39 \div 60$, кальция – $8 \div 14$, марганца – $8 \div 22$ %. Достаточно высокие значения приходятся на фосфор $7 \div 11$ %. В загрязненной зоне на долю калия приходится $33 \div 42$, кальция – от 15 до 18, марганца – $14 \div 23$ %. На фосфор приходится $9 \div 15$ %. В 2019 году на фоновых участках доля кальция значительно выше и составляла $19 \div 45$, калия $26 \div 53$, марганца – $5 \div 12$, фосфора – $8 \div 14$ %.

Таблица 1

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев исследуемых сосновых лесов
(Робакидзе, Бобкова, 2022)

Номер ППП (расстояние от СЛПК, км)	Состав древостоя	Год наблюдений	Возраст, лет	Число растущих деревьев, экз./га	Средние значения		Общий запас, м³/га
					Высота, м	Диаметр, см	
Сосновые леса в зоне действия выбросов АО «СЛПК»							
13 (7,3)	10С	2000	90–110	1180	16,9	16,2	200
		2010	102–122	992	17,0	19,0	231
		2019	111–131	912	17,0	20,0	229
14 (11,0)	10С	1998	60–100	980	15,3	16,1	196
		2010	72–122	992	19,0	19,0	258
		2019	81–131	1054	19,0	20,0	284
17 (11,2)	10С	1998	65–90	1530	16,0	14,7	206
		2010	72–102	1500	17,2	17,0	237
		2019	81–111	1175	19,0	20,0	273
Сосновые леса фонового района							
29 (51,0)	10С	1998	90–110	380	14,7	21,7	104
		2010	102–22	464	14,3	20,0	138
		2019	64–131	579	14,3	20,0	145
28 (56,0)	10С	1998	70–80	360	16,1	25,2	143
		2010	82–92	417	18,0	26,2	241
		2019	92–102	629	16,4	24,0	232
32 (66,0)	10С	1998	55–110	1245	13,3	15,8	193
		2015	70–125	1042	15,0	20,0	193
		2019	74–129	1083	14,0	18,0	177

Примечание к таблице. С – сосна обыкновенная.; ППП – постоянные пробные площади.

В импактной зоне доля кальция выше, чем в 1999 году и составляет 16÷40, калия – 28÷56, марганца – 6÷12 %. На фосфор приходится 8÷14 %.

Регрессионный анализ показал, что возрастная динамика значений массовой доли исследуемых элементов в хвое сосен, растущих на фоновой территории, с высокой степенью достоверности описывается логарифмической кривой (рис. 3, 4). С увеличением возраста хвой в ней достоверно уменьшается содержание калия, фосфора и магния. Наибольшие значения массовой доли этих элементов наблюдаются в однолетней хвое. Массовая доля кальция, марганца, алюминия и железа более высокая в хвое старших возрастов, что свидетельствует о незначительной подвижности этих элементов. Вместе с тем, в 1999 году были отмечены нарушения возрастной динамики содержания фосфора, магния, натрия и железа.

При техногенном воздействии загрязнение листьев растений происходит за счет поверхностного загрязнения, а также фолиарного и почвенного поглощения.

Таблица 2

Динамика индексов поврежденности сосновых древостоев в фоновом районе и в условиях загрязнения АО «СЛПК»

Год наблюдений	№ ППП и расстояние от АО «СЛПК», км					
	ППП 13 (7,3 км)	ППП 14 (11,0 км)	ППП 17 (11,2 км)	ППП 28 (56,0 км)	ППП 29 (51,0 км)	ППП 32 (66,0 км)
1998	1,99	1,13	1,2	0,59	0,77	0,64
2005	0,85	0,70	0,68	0,66	0,42	0,49
2010	0,47	0,39	0,28	0,29	0,36	0,22
2015	0,37	0,50	0,40	0,30	0,50	0,40
2019	0,40	0,47	0,39	0,33	0,47	0,38

Примечание к таблице. ППП – постоянные пробные площади.

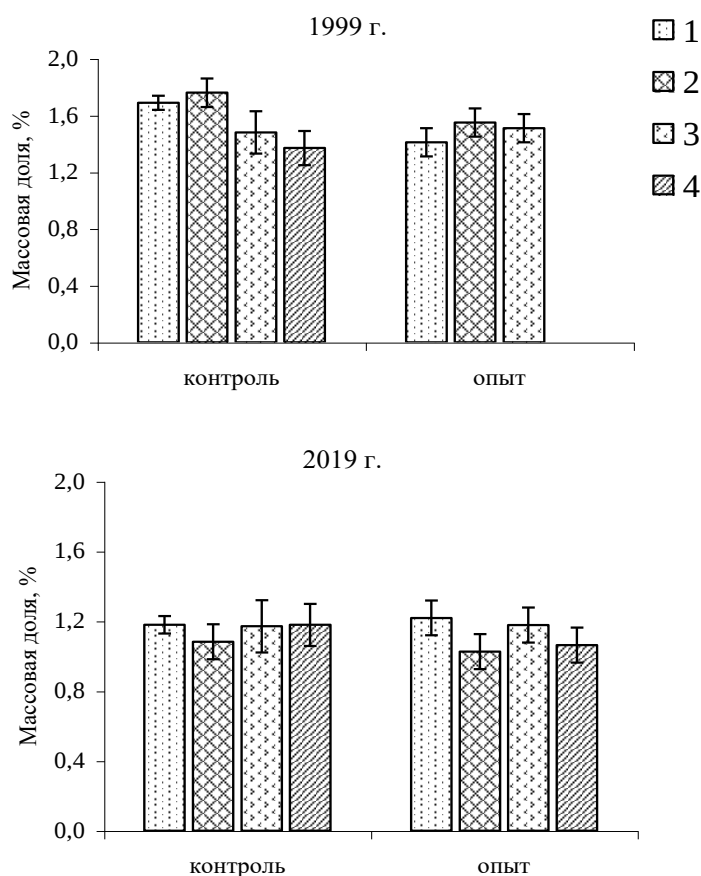


Рис. 2. Суммарное содержание зольных элементов в пробах хвои сосны разного возраста на фоновой (контроль) и загрязненной (опыт) территориях
1 – однолетняя хвоя, 2 – двухлетняя хвоя, 3 – трехлетняя хвоя, 4 – четырехлетняя хвоя.

Сравнительный анализ минерального состава хвои сосны, растущей в фоновом районе и зоне воздействия выбросов, показывает, что возрастная динамика содержания большинства исследуемых элементов имеет общие тенденции. Действительно, коэффициенты корреляции возрастной динамики содержания калия в хвое сосны фоновых и загрязненных участков составил в 1999 и 2019 годах соответственно 1,00 и 0,96, кальция – 0,87 и 0,95, фосфора – 0,55

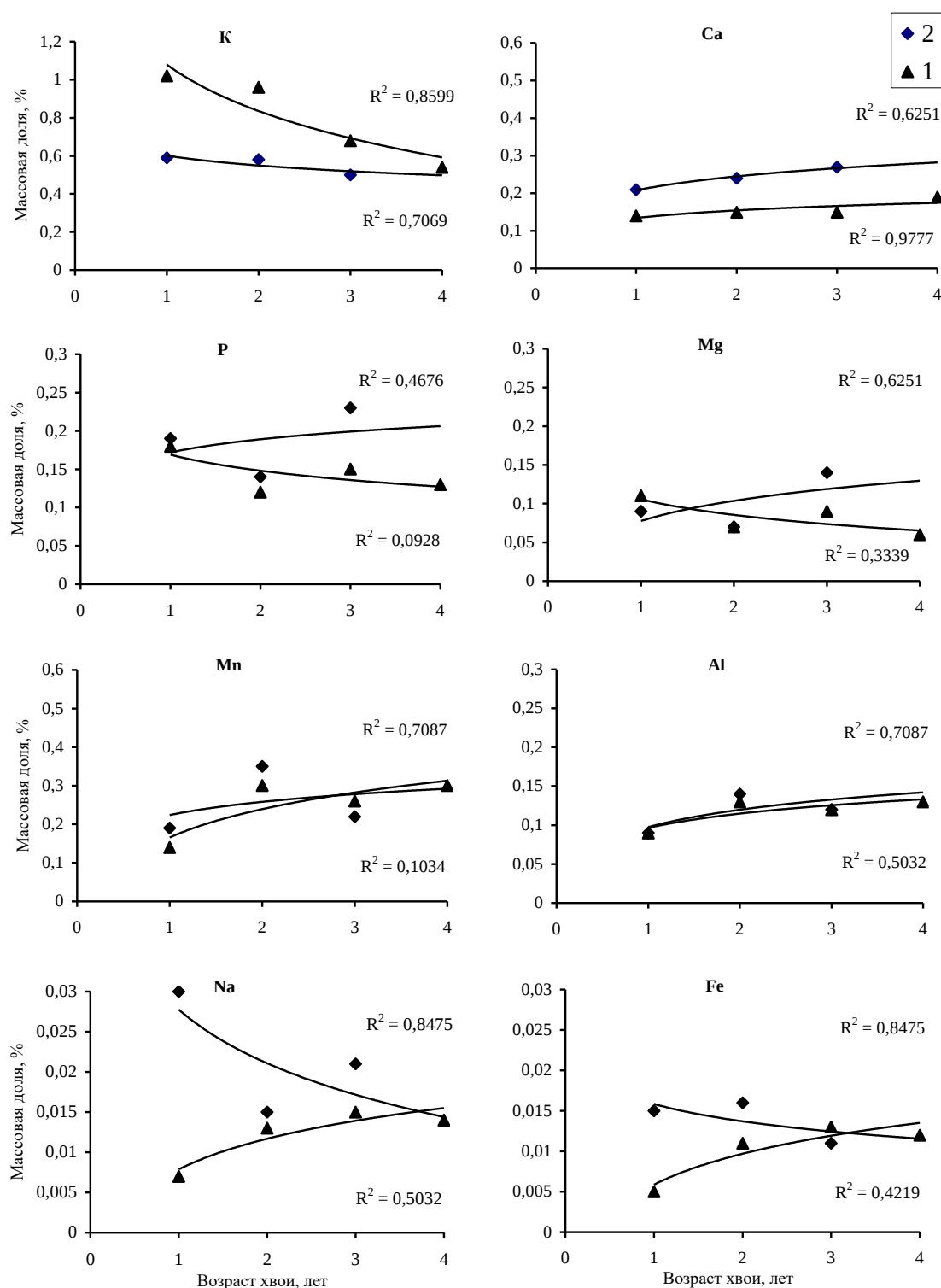


Рис. 3. Массовая доля элементов в сухом веществе хвой сосны в сосняках лишайниковых на фоновой и загрязненной территории в 1999 году

1 – логарифмический тренд данных фоновой территории; 2 – логарифмический тренд данных зоны воздействия выбросов; R^2 – в верхнем правом углу – аппроксимация тренда фоновой, в нижнем правом углу – загрязненного участка.

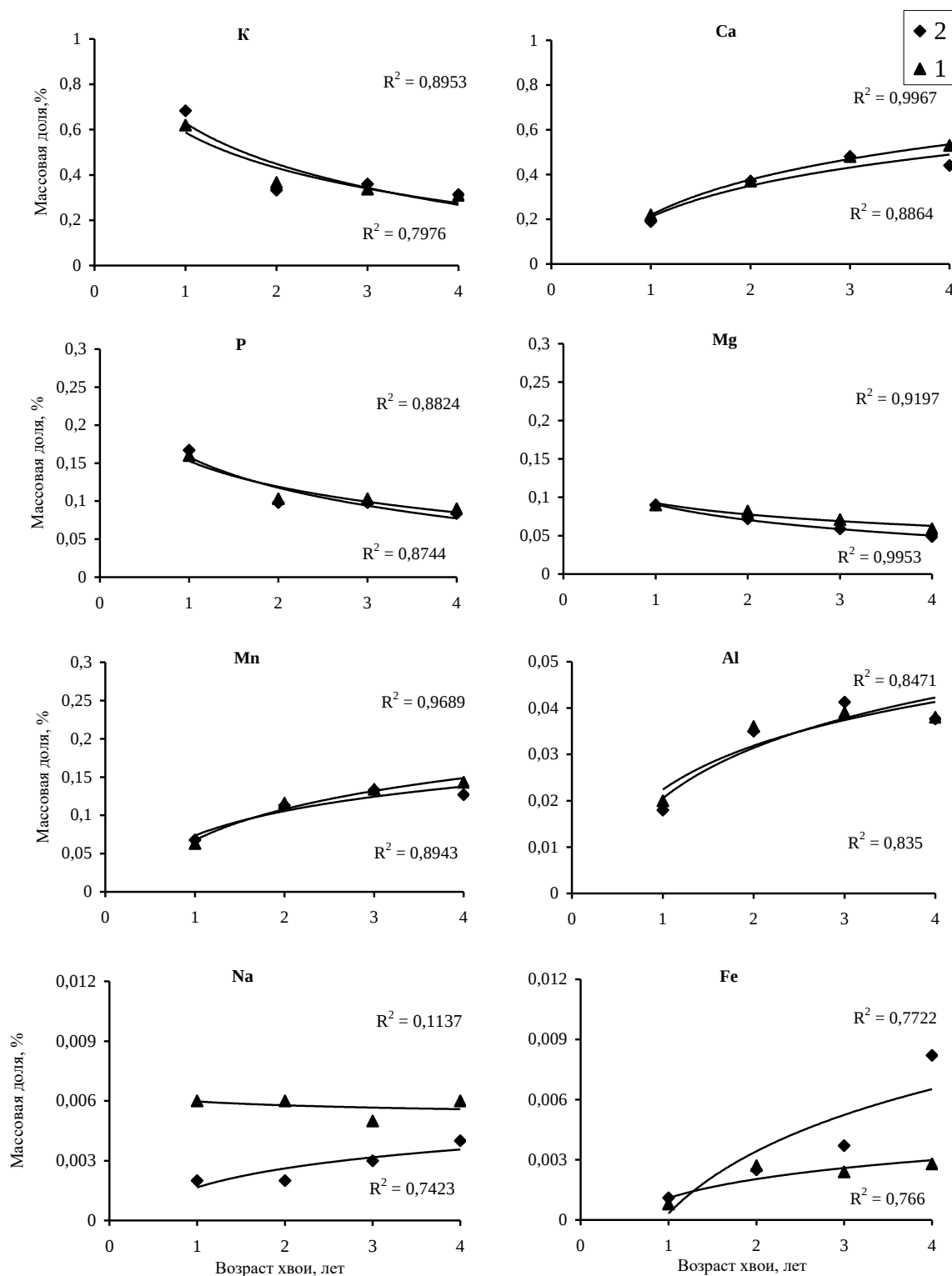


Рис. 4. Массовая доля элементов в сухом веществе хвои сосны в сосняках лишайниковых на фоновой и загрязненной территории в 2019 году

1 – логарифмический тренд данных фоновой территории; 2 – логарифмический тренд данных зоны воздействия выбросов; R^2 – в верхнем правом углу – аппроксимация тренда фоновой, в нижнем правом углу – загрязненного участка.

и 1,00, магния – 0,28 и 0,98, марганца – 0,81 и 0,98, алюминия – 0,99 и 0,99, железа – 0,54 и 0,67. Устойчивой корреляционной зависимости между значениями массовой доли натрия и возрастом хвой сосны за все годы исследований установлено не было.

В 1999 году среднее содержание калия в разновозрастной хвое сосны на загрязненных участках значительно (в 1,7 раза) меньше, особенно в хвое 1 и 2 года жизни (рис. 3). Видимо, это можно объяснить дефицитом воды в лишайниковых борах в отдельные периоды вегетации (Верхоланцева, 1963). Известно, что уменьшение содержания калия в хвое приводит к снижению ассимиляции CO₂, нарушению развития сосудов и, в итоге, к пожелтению хвой (Веретенников, 1987). В 2019 году не отмечается достоверного уменьшения массовой доли калия в хвое всех возрастов в импактной зоне (рис. 4).

Увеличение в 1999 году в среднем в 1,6 раза концентрации кальция в хвое сосен на загрязненных участках (рис. 3) по Н. В. Лукиной и В. В. Никонову (1993) объясняется тем, что он активно связывает избытки органических кислот, которые интенсивно образуются в растениях в условиях повышенного содержания в окружающей среде поллютантов. Значения массовой доли кальция в хвое сосны всех возрастов на загрязненных и фоновых ППП в 2019 году достоверно не отличаются.

В 1999 и 2019 годах значения массовой доли фосфора в хвое сосны древостоев на загрязненных и фоновых пробных площадях достоверно не отличаются. В 1999 году выявлена зависимость массовой доли фосфора и магния от возраста хвой на фоновой территории. В 2019 году было установлено, что массовая доля данных элементов также уменьшается с возрастом, а марганца и алюминия возрастает. Не выявлено различий между массовой долей марганца и алюминия в хвое всех возрастов фоновых и загрязненных участков как в 1999, так и в 2019 годах.

В 1999 году не наблюдалось четких изменений массовой доли натрия в зависимости от возраста хвой сосны. Вместе с тем надо отметить, что в хвое первого года, собранной в импактной зоне, содержание натрия было значительно (в 4,3 раза) выше. В 2019 году также не отмечено четких изменений массовой доли натрия в зависимости от возраста хвой сосны.

Отмечено более низкое содержание железа в пробах хвой в 2019 году относительно 1999 года. Достоверно установлены более высокие значения массовой доли железа в пробах хвой 3 и 4 года жизни на загрязненной территории только в 2019 году. Соотношение Fe : Mn в хвое рекомендуют использовать в качестве дополнительного индикационного признака при экологическом мониторинге техногенного загрязнения (Влияние..., 1990). Данные элементы минерального питания взаимосвязаны в процессе метаболизма: марганец участвует в белковом и азотном обмене, в процессе фотосинтеза, активирует многие ферменты, железо входит в состав ферментов, участвующих в образовании хлорофилла (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Соотношение Fe : Mn в листьях березы и хвое сосны в районе медно-никелевых производств в норме составляет 0,2–0,3, в условиях загрязнения – 4,5–5,0 (Брускина, Карабань, 1992). В листьях берез в различных эколого-геохимических условиях соотношение Fe : Mn постоянно 0,27–0,37 (Елпатьевский, Аржанова, 1985). В условиях аэротехногенного загрязнения целлюлозно-бумажным производством соотношение Fe : Mn составляет в 1999 году 0,06, в 2019 году 0,03, в фоновом районе в 1999 году – 0,04 и в 2019 году – 0,02. Полученные нами значения соотношения Fe : Mn невелики, что подтверждает незначительное накопление железа в исследуемой хвое сосны.

При изучении содержания общей серы в хвое ели в естественных условиях формирования ельников, было выявлено, что ее массовая доля снижается с увеличением возраста хвой (Казимиров, 1971; Чуваев, Кулагин, 1973; Кожевникова, Второва, 1988), но в наших исследованиях данная тенденция не отмечена. Массовая доля общей серы (рис. 5) в хвое сосны характеризуется небольшой вариабельностью в 1999 и 2019 годах как для загрязненных, так и для фоновых участков – от 0,07 % до 0,11 %. По результатам химико-аналитических исследований, проведенных в 1999 и 2019 годах, не было установлено достоверных зависимостей между значениями массовой доли серы в пробах хвой от возраста хвой и уровня техногенной нагрузки.

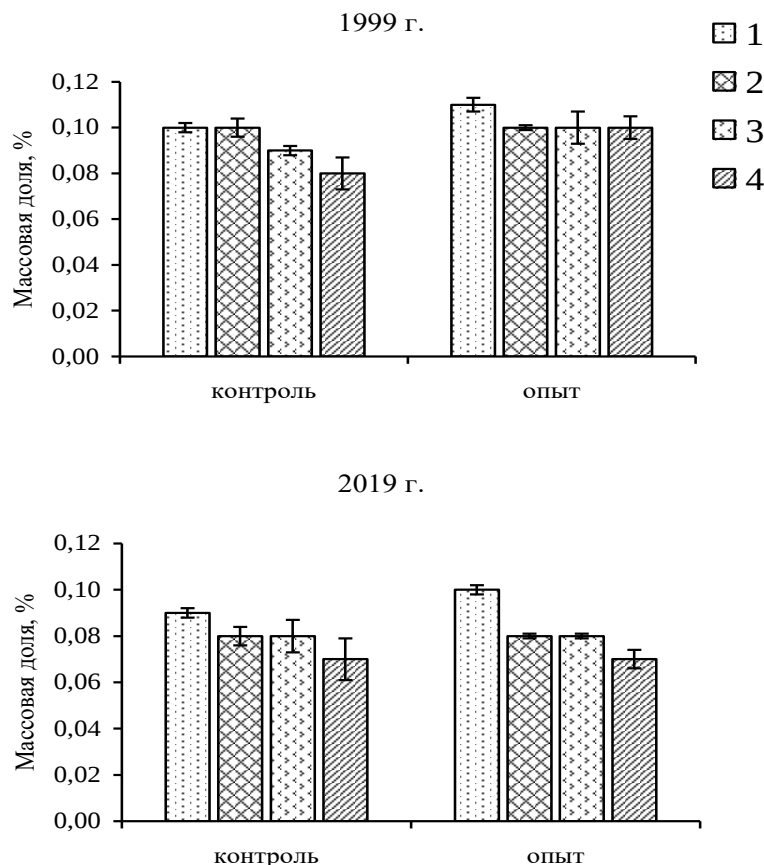


Рис. 5. Массовая доля серы в пробах хвои сосны разного возраста на фоновой (контроль) и загрязненной (опыт) территориях
1 – однолетняя хвоя, 2 – двухлетняя хвоя, 3 – трехлетняя хвоя, 4 – четырехлетняя хвоя.

Массовая доля азота в хвое сосны снижается с увеличением ее возраста (рис. 6), но различие находится в пределах ошибки. Массовая доля азота в пробах хвои с загрязненных и фоновых пробных площадей находится примерно на одном уровне за оба периода наблюдений. Отмечено уменьшение значений массовой доли азота в пробах хвои сосны в 2019 году в 1,2–1,3 раза на контрольной и опытной территории.

Среднее значение массовой доли углерода в пробах хвои сосны характеризуется низкой вариабельностью как на фоновых, так и загрязненных ППП (рис. 7). Не наблюдается достоверных различий ни по возрасту хвои, ни по расположению пробных площадей от источника эмиссии, что указывает на отсутствие влияния атмосферного загрязнения СЛПК на этот показатель. В условиях загрязнения к дополнительному поступлению из окружающей среды углерода, азота, серы древесные растения приспособляются путем интенсификации обмена веществ, вовлечения этих элементов в метаболические процессы, усиления оттока ассимилятов из листьев в другие органы (Чуваев, Кулагин, 1973).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг элементного состава хвои сосны в сосновых сообществах лишайниковых типов на территории Республики Коми позволил выявить неоднозначную реакцию минерального состава разновозрастной хвои на воздействие атмосферных выбросов АО «СЛПК» за 2 срока наблюдений (1999 и 2019 годы). Сравнительный анализ элементного состава хвои сосны показал, что возрастная динамика содержания большинства исследуемых

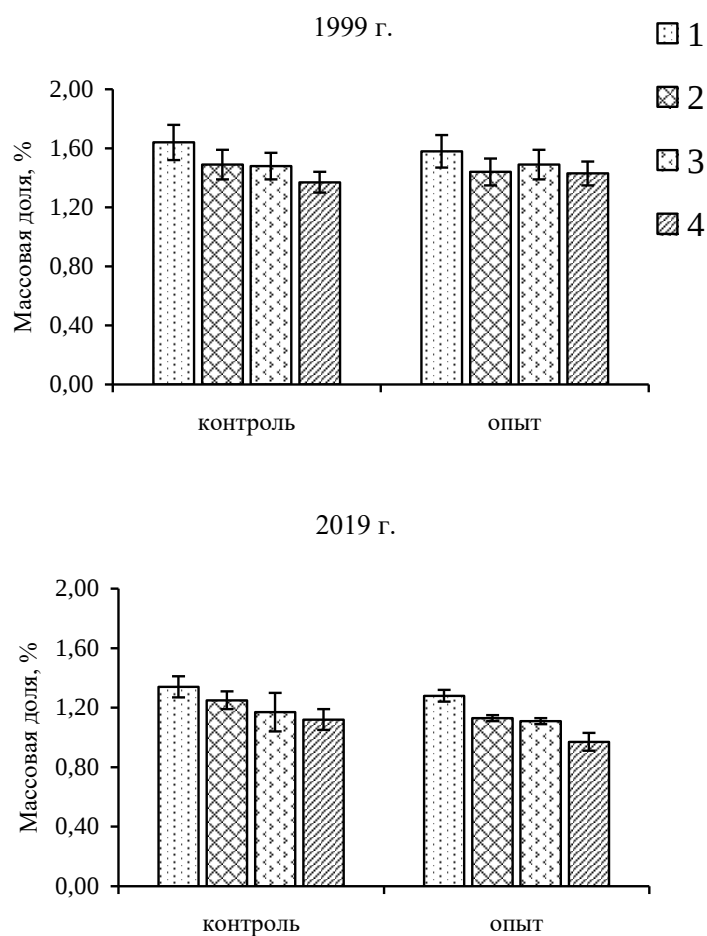


Рис. 6. Массовая доля азота в пробах хвой сосны разного возраста на фоновой (контроль) и загрязненной (опыт) территориях
1 – однолетняя хвоя, 2 – двухлетняя хвоя, 3 – трехлетняя хвоя, 4 – четырехлетняя хвоя.

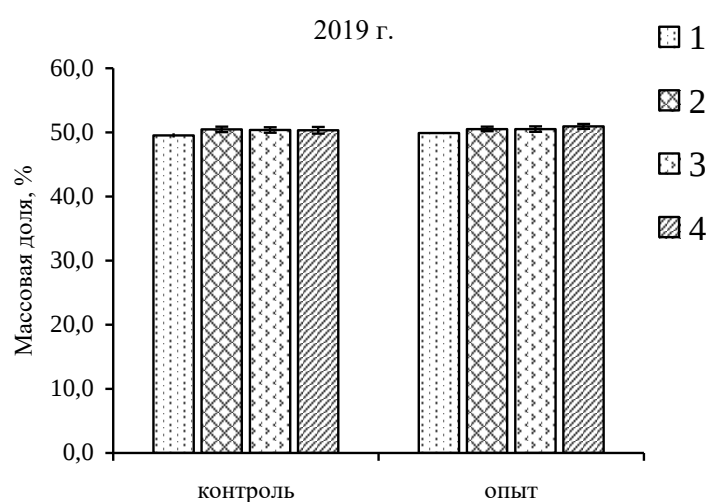


Рис. 7. Массовая доля углерода в пробах хвой сосны разного возраста на фоновой (контроль) и загрязненной (опыт) территориях
1 – однолетняя хвоя, 2 – двухлетняя хвоя, 3 – трехлетняя хвоя, 4 – четырехлетняя хвоя.

элементов минерального питания имеет общие тенденции как в фоновом районе, так и в зоне воздействия выбросов. Суммарное содержание зольных элементов в пробах хвои всех четырех лет жизни в сосняках лишайниковых в 2019 году снизилось относительно 1999 года в среднем на 29 % на контрольных и на 23 % на загрязненных участках. За весь период исследований не установлено достоверной зависимости суммарного содержания зольных элементов в пробах хвои от ее возраста, а также от расстояния до источника эмиссии. В хвое сосны всех исследуемых сосняков среди минеральных элементов доминируют калий и кальций. Значительное участие в составе зольных элементов в хвое принимают фосфор и марганец. Полученные нами значения соотношения Fe : Mn невелики, что подтверждает незначительное накопление железа в хвое сосны. По результатам исследований, проведенных в 1999 и 2019 годах, не было установлено достоверных зависимостей между значениями массовой доли серы в пробах хвои от возраста хвои и уровня техногенной нагрузки. Массовая доля азота в пробах хвои с загрязненных и фоновых пробных площадей находится примерно на одном уровне за оба периода наблюдений. Отмечено уменьшение значений массовой доли азота в пробах хвои сосны в 2019 году в 1,2–1,3 раза на контрольной и опытной территории. Не выявлено достоверных различий по содержанию углерода ни по возрасту хвои, ни по расположению пробных площадей от источника эмиссии.

Благодарности. Автор глубоко признателен доктору биологических наук Капитолине Степановне Бобковой, под чьим руководством заложены объекты и начаты на них исследования, а также сотрудникам отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН: Н.В. Торлоповой, А.И. Патову и С.Н. Наймушиной, принимавшим участие в сборе полевых материалов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Средообразующая роль и продуктивность лесных и болотных экосистем Европейского Северо-Востока России» (№125020501547-8)

Список литературы

- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – №. 4. – С.51–57.
- Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. – М.: Дрофа, 1997. – 116 с.
- Бобкова К. С. Биологический круговорот азота и зольных элементов в сосновых биогеоценозах // Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Севера. – Сыктывкар: Коми НЦ РАН, 1993. – С. 127–148.
- Брускина И. М., Карабань Р. Т. Накопление серы и металлов в листьях березы и хвое сосны в районе медно-никелевых производств // Лесное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10.
- Бусько Е. Г. Трансформация сосновых лесов Беларуси под воздействием антропогенных факторов. – М.: Наука, 1995. – 88 с.
- Веретенников А. В. Физиология растений с основами биохимии. – М.: Наука, 1987. – 256 с.
- Верхоланцева Л. А. Лесорастительные свойства почв сухих боров и пути их улучшения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. 06.00.00. Сельское хозяйство. – Московская ордена Ленина сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева. – М., 1963. – 24 с.
- Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова / [Под ред. Б. Н. Норина, В. Т. Ярмишко]. – Л.: Наука, 1990. – 195 с.
- Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. – М: Мир, 1979. – 200 с.
- Дроздова И. В., Алексеева-Попова Н. В. Оценка макро- и микроэлементного состава некоторых полезных растений Полярного Урала // Растительные ресурсы. – 2008. – Т. 44, вып. 4. – С.116–122.
- Елин Е. С. Фенольные соединения в биосфере. – Новосибирск, 2001. – 118 с.
- Елпатьевский П. В., Аржанова В. С. Поглощение химических элементов древесной растительностью в различных эколого-геохимических условиях // География и природные ресурсы. – 1985. – № 3. – С. 117–125.
- Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наук. думка, 1978. – 246 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- Казимиров Н. И. Ельники Карелии. – Л.: Наука, 1971. – 138 с.
- Кожевникова Н. Д., Второва Д. Н. Биологический круговорот в ельниках Северного Тянь Шаня. – Фрунзе: Илим, 1988. – 346 с.
- Леса Республики Коми / [Ред. Г. М. Козубова и А. И. Таскаева]. – М., 1999. – 332 с.

- Лукина Н. В., Никонов В. В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. – Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, –1996. – Ч. 1. – 213 с. – Ч. 2. – 192 с.
- Митрофанов Д. П. Химический состав лесных растений Сибири. – Наука: Новосибирск, 1977. – 120 с.
- Морозова Р. М. Минеральный состав растений лесов Карелии. – Петрозаводск, 1991. – 97 с.
- Неверова О. А. Химический состав хвой ели сибирской в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово // Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 59–65.
- Никонов В. В., Лукина Н. В., Карабань Р. Т., Копчик Г. Н. Методология и опыт реализации системы химического мониторинга лесов восточной Финляндии // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова восточной Финляндии. – Петрозаводск, 1999. – С. 185–186.
- Прокушкин С. Г. Минеральное питание сосны. Новосибирск: Наука, 1982. – 189 с.
- Робакидзе Е. А., Торлопова Н. В. Сравнительный анализ элементного состава разновозрастной хвой *Picea obovata* (PINACEAE) в условиях аэротехногенного загрязнения целлюлозно-бумажного производства // Растительные ресурсы. – 2015. – Т. 51, вып. 2. – С. 167–180.
- Робакидзе Е. А., Бобкова К. С. Мониторинг состояния древесных растений в сосняках лишайниковых при загрязнении выбросами Сыктывкарского лесопромышленного комплекса (республика Коми) // Растительные ресурсы. – 2022. – Т. 58, вып. 4. – С. 417–430.
- Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
- Сидорович Е. А., Рупасова Ж. А., Бусько Е. Г. Функционирование лесных фитоценозов в условиях антропогенных нагрузок. – Минск: Наука и техника, 1985. – 205 с.
- Сухарева Т. А. Пространственно-временная динамика микроэлементного состава хвойных деревьев и почвы в условиях промышленного загрязнения // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2013. – № 6. – С. 19–28.
- Сухарева Т. А., Лукина Н. В. Минеральный состав ассимилирующих органов хвойных деревьев после снижения уровня атмосферного загрязнения на Кольском полуострове // Экология. – 2014. – № 2. – С. 97–104.
- Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). – Екатеринбург, 2003. – 147 с.
- Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Химический состав хвой сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения Сыктывкарского лесопромышленного комплекса // Сибирский экологический журнал. – 2012. – № 3. – С. 415–422.
- Чуваев П. П., Кулагин Ю. З. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений. – Минск: Наука, 1973. – 224 с.
- Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. – М.: Наука, 2002. – 189 с.
- Экологические отчеты 2006, 2009–2010, 2013–2015. Mondi Сыктывкарский ЛПК / URL <http://www.mondigroup.com>
- Barcan V. Sh., Kovnatsky E. F., Smetannikova M. S. Absorption of Heavy Metals in Wild Berries and Edible Mushrooms in an Area Affected by Smelter Emission // Water, Air and Soil Pollution. – 1998. – Vol. 103. Numbers 1–4. – P. 173–195.
- Ingestad T. Mineral nutrient requirements of *Vaccinium vitis-idaea* and *Vaccinium myrtillus* // Physiologia Plant. – 1973. – Vol. 29. – P. 239–246.
- Helmisari H. S. Spatial and age-related variation in nutrient concentration of *Pinus sylvestris* needles // Silva Fennica. – 1992. – Vol. 26. – N 3. – P. 145–153.
- Tamminen P., Starr M., Kubin E. Element concentrations in boreal, coniferous forest humus layers in relation to moss chemistry and soil factors // Plant and soil. – 2004. – Vol. 259. – P. 51–58.

Robakidze E.A. Elemental Composition of Age-Diverse Pine Needles (*Pinus sylvestris* L.) in Lichen Pine Forests under Long-Term Aerotechnogenic Pollution from Emissions of the Syktyvkar Timber Processing Complex // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 65–78.

The paper presents the results of a study on the impact of aerotechnogenic emissions from the Syktyvkar Timber Processing Complex on the elemental composition of pine needles in pine trees located at varying distances from the source of pollution. The study evaluated the concentrations of gross potassium, calcium, magnesium, phosphorus, manganese, iron, sodium, aluminum, sulfur, nitrogen, and carbon. The authors conducted a comparative analysis of the mineral composition of pine needles of different ages between 1999 and 2019. The age-related dynamics for the content of the majority of examined mineral nutrition elements in both the background area and in the impact zone exhibit common trends. The total content of ash chemical elements in samples from needles of first, second, third and fourth-year in lichen pine forests decreased in 2019 compared to 1999, by 29 % in control sites and by 23 % in polluted plots. Pine needles from all studied pine forests are predominantly composed of potassium and calcium among other mineral elements. Phosphorus and manganese also significantly contributed to the ash element composition of ash elements in pine needles. The mass fraction of total sulphur in pine needles is characterized by low variability between 1999 and 2019 for both the polluted and background plots, ranging from 0.07 to 0.11 %. The authors revealed a decrease in the mass fraction values of nitrogen in pine needles by 1.2–1.3 in 2019 in both the control and experimental sites. No significant differences were observed in carbon content, neither by needle age, nor by the distance of study areas from the emission source.

Key words: pine, chemical monitoring, pulp and paper production, aerotechnogenic pollution, elemental composition, pine needles.

*Поступила в редакцию 17.01.25
Принята к печати 12.02.25*

Об экологической нише *Clematis flammula* в сообществах Южного берега Крыма

Багрикова Н. А., Резников О. Н., Корженевский В. В.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
Ялта, Россия,
nbagriko@mail.ru, rez-on07@yandex.ru, herbarium.47@mail.ru

Представлены результаты исследований по адаптации инвазионного вида *Clematis flammula* в разных лесных и нарушенных сообществах в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Геоботаническое обследование проведено в 2019–2021 годах в соответствии с эколого-флористическим подходом Ж. Браун-Бланке. Ординационный и кластерный анализ выполнен с использованием программы PAST 3.26. Рассмотрены 12 факторов: освещённость ценозов (Lc), терморегим (Tm), аридность-гумидность (Om), криорежим (Cr), континентальность климата (Kn), увлажнение почвы (Hd), переменность увлажнения (fH), кислотность субстрата (Cr), солевой режим (анионный состав) (Tr), содержание карбонатов (Ca), содержание минерального азота (Nt), гранулометрический состав субстрата (Ae). Параметры экологических ниш *Clematis flammula* и сообществ определены методом фитоиндикации. Широкий диапазон фундаментальной экологической ниши *Clematis flammula* по большинству эдафо-климатических факторов позволяет виду внедряться в разные по степени нарушенности растительные сообщества. Изученные сообщества близки по показателям континентальности климата, терморегиму, криорежиму, омброрежиму, реакции субстрата, тогда как значительно отличаются по увлажнению почвы, переменности увлажнения, содержанию карбонатов и минерального азота в почве. Сравнительный анализ фундаментальной ниши *Clematis flammula* и реализованной ниши сообществ показал, что условия среды в разреженных пушистодубово-можжевельновых сообществах, относящихся к классу *Quercetea rubescentis*, в наибольшей степени отвечают требованиям вида. Полученные данные подтверждают высокую степень адаптации вида к природным условиям Южного берега Крыма.

Ключевые слова: чужеродные растения, ординационный и кластерный анализ, растительные сообщества, факторы среды, экологические шкалы, заповедные территории, Крымский полуостров.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост вторжения чужеродных растений определяет глобальный характер проблемы, так как инвазионные виды являются одной из основных причин потери природного биоразнообразия во всем мире, а исследования актуальны и востребованы. Изучение инвазионных видов с позиций концепции экологической ниши на основе применения методов фитоиндикации занимает одно из первых мест в современной экологии (Mask, 2000; Селедец, 2013; Петросян и др., 2023), так как этот подход позволяет определить их положение на градиентах эдафо-климатических факторов, в определенной степени установить каким образом различные виды могут нормально функционировать в конкретном экотопе, выявить механизмы адаптации чужеродных видов к различным условиям среды и установить закономерности их распространения при разных уровнях антропогенного воздействия на локальном, региональном и даже на глобальном уровнях (Корженевский, 1992; Wiens, Graham, 2005; Tingley et al., 2014; Santamarina et al., 2023). Инвазионный вид в процессе вселения и натурализации в новых условиях среды сохраняет, расширяет или сужает пространство своей ниши в результате изменений реализованной ниши фитоценозов, а также глобального потепления климата в последние десятилетия (Pearman et al., 2008; Плугатарь и др., 2022), при этом инвазионные виды могут существенно влиять на аборигенные виды, если их экологические ниши схожи (Bello et al., 2021). Эти исследования играют важную роль при разработке стратегий сохранения биоразнообразия сообществ, а также прогнозирования реакции видов на изменяющиеся условия среды в антропоцене (Павлов и др., 2010; Liu et al., 2020; Петросян и др., 2023).

При изучении путей инвазии за последние сотни лет установлено, что именно интродукция является основным путем для распространения более чем половины всех инвазионных растений по всему миру, в том числе на территории Крымского полуострова. В Крыму 52 вида, имеющих 1-й, 2-й и 3-й инвазионные статусы, относятся к введенным в разное время в культуру растениям (Bagrikova, Skurlatova, 2021). Одним из таких видов является *Clematis flammula* L., который в нативном ареале в Западном Закавказье, Южной Европе, Северной Африке, Малой и Передней Азии (Tutin, 1964, POWO, 2025; GBIF, 2025) распространен в разреженных лесах и зарослях кустарников, а также в составе термофильных средиземноморских сосновых, дубовых, смешанных лесов, рассматриваемых в порядке *Quercetalia pubescenti-petraea* Klika 1933, в том числе связанных с ними сообществ маквиса, входящих в класс *Quercetea ilicis* Br.-Bl. ex A. et O. Bolòs 1950 (Rivas-Martínez, 1995; Biondi et al., 2003; Tsiourlis et al., 2009; Di Pietro et al., 2010; Stupar et al., 2015 и др.). Часто используется как декоративное, красивоцветущее растение, во многих регионах, в том числе в Великобритании, Австралии, Новой Зеландии, Чехии, Словакии, Венгрии, Республике Крым, Узбекистане и других регионах отмечена натурализация вида (Randall, 2017; iNaturalist, 2025; GBIF, 2025; POWO, 2025) (рис. 1).

Натурализовавшиеся растения *Clematis flammula* на территории Крымского полуострова отмечаются с XIX в. (Никита, южный склон. 29.06.1885 г. Зеленецкий Н. М. Гербарий YALT), в настоящее время на Южном берегу Крыма (ЮБК) имеет статус инвазионного вида, проходит полный жизненный цикл, встречается в природных, полуестественных биотопах, а также в нарушенных местообитаниях (в хозяйственных и рекреационных зонах, вдоль дорог, на заброшенных виноградниках) в нижнем поясе на высоте от 5 до 240 м н.у.м. Наибольшее распространение имеет в сообществах с доминированием *Quercus pubescens* Willd., значительным участием *Carpinus orientalis* Mill., *Juniperus excelsa* M. Bieb., *J. deltoides* R.P. Adams., которые относятся к классу *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959. На антропогенно-нарушенных местообитаниях сообщества входят в класс *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. ex von Rochow 1951 (Багрикова, Резников, 2014; Багрикова и др., 2020, 2021; Резников и др., 2017; Перминова и др., 2020).

Несмотря на то, что вид достаточно давно натурализовался в Крыму, изучение особенностей его распространения в разных типах растительных сообществ в условиях вторичного ареала с позиций теории экологической ниши не проводилось.

Цель данной работы – выявить особенности адаптации инвазионного вида *Clematis flammula* к условиям вторичного ареала на основе изучения соответствия фундаментальной ниши вида и реализованных ниш разных фитоценозов с использованием методов фитоиндикации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись разные сообщества с участием *Clematis flammula* (клематиса жгучего) на ЮБК. Вид является полукустарниковой или кустарниковой полувечнозеленой лианой. Полевые исследования проводились в 2019–2021 гг. на особо охраняемой природной территории (ООПТ) – «Мыс Мартыан», а также в окрестностях поселка Отрадное, расположенного западнее Никитского ботанического сада в границах городского округа Ялта в естественных лесных фитоценозах, а также в составе антропогенно-нарушенных сообществ (вдоль дорог и на заброшенных виноградниках). При геоботаническом описании на площадках 100 м² выявляли полный флористический состав, участие видов оценивали по шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке (Миркин и др., 2001).

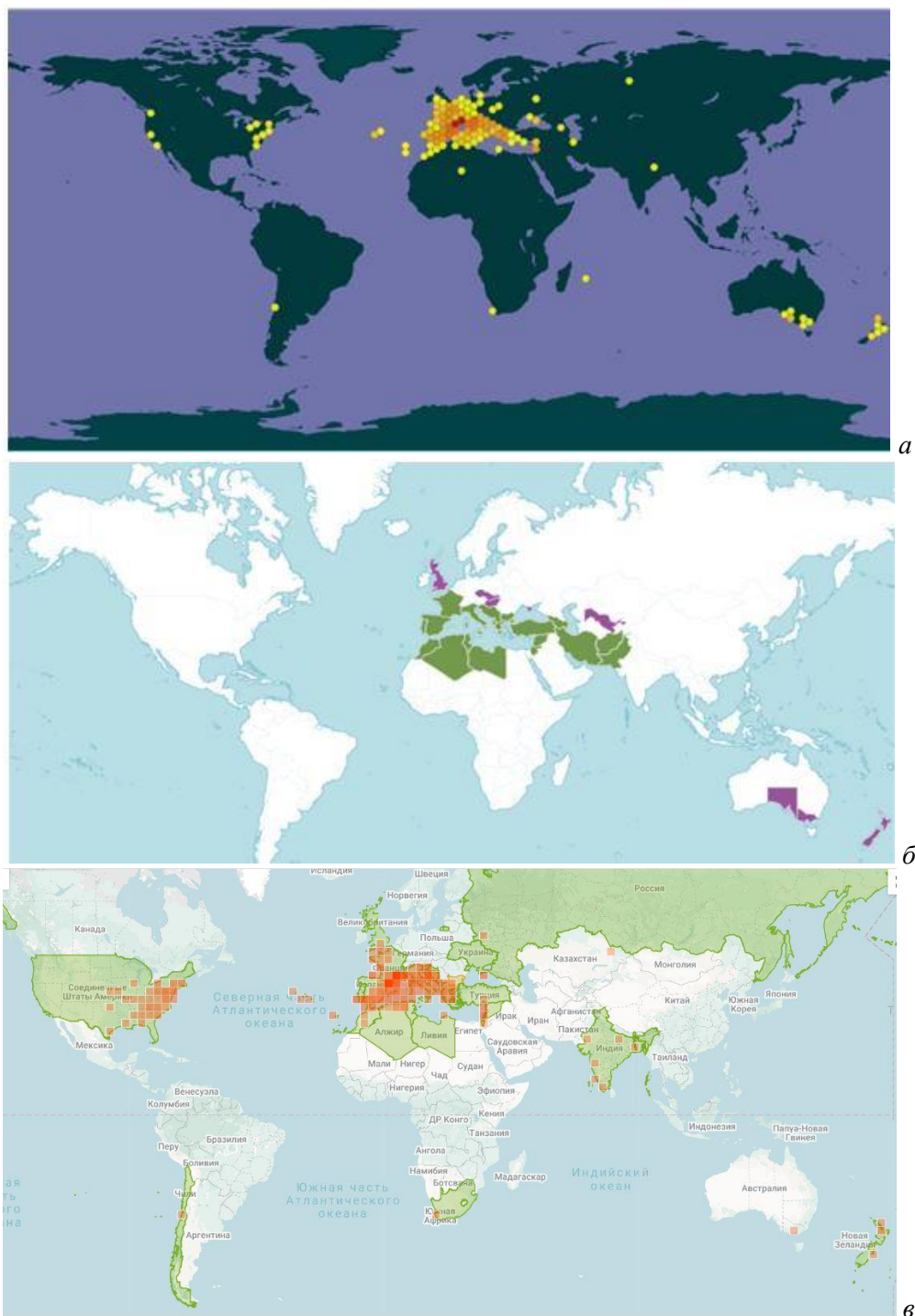


Рис. 1. Распространение *Clematis flammula* по данным информационных баз
а – GBIF, б – POWO, в – iNaturalist.

Зеленая заливка на рисунке б – природный ареал; фиолетовая заливка – вторичный ареал.

Экологические амплитуды сообществ приведены по шкалам В.В. Корженевского (Корженевский, 1990, 1999). Расчеты параметров фундаментальной (потенциальной) ниши вида и реализованной ниши фитоценозов выполнены по оригинальной программе «Power», унифицированная информация о размещении видов растений на градиентах факторов среды извлечена из базы данных «Экодата» (Корженевский, 1990, 1999). Рассмотрены 12 факторов,

в том числе эдафические (увлажнение почвы (Hd), переменность увлажнения (fH), кислотность субстрата (Cr), солевой режим (анионный состав) (Tr), содержание карбонатов (Ca), содержание минерального азота (Nt), гранулометрический состав (аэрация) субстрата (Ae) и геоклиматические (освещенность ценозов (Lc), терморегим (Tm), омброрегим, аридность-гумидность (Om), криорегим (Cr), континентальность климата (Kn)). Лимитирующие факторы определялись по положению описанных ценопопуляций на градиентах отдельных факторов.

Ординационный и кластерный анализ выполнены с помощью пакета программы Past 3.26 (Hammer et al., 2001). Названия синтаксонов приводятся по классификационной схеме растительности Европы (EuroVegChecklist) (Mucina et al., 2016), названия видов растений – согласно международной базе данных Plants of the Worlds On-line (POWO, 2025).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Параметры реализованных ниш сообществ выявлены в семи ценопопуляциях (ЦП), пять из которых описаны на ООПТ «Мыс Мартыан», по одной в лесных фитоценозах и в синантропных местообитаниях, в том числе на заброшенных виноградниках в окрестностях пос. Отрадное. В изученных местообитаниях ценопопуляции *Clematis flammula* отличаются по типу, общему числу особей, количеству разновозрастных растений на 100 м². Онтогенетическая структура изученных ЦП представлена согласно классификации А. А. Уранова, О. В. Смирновой двумя типами: левосторонние (ЦП 2, 4, 5 и 6) и бимодальные (ЦП 1, 3 и 7), а по классификации «дельта-омега» тремя типами: молодые (ЦП 4, 5 и 6), переходные (ЦП 2, 3, 7) и стареющая (ЦП 1) (Багрикова и др., 2020).

ЦП 1 (44.5077361 N, 34.2498581 E) на ООПТ «Мыс Мартыан» занимает приморские довольно крутые (до 50°) склоны юго-восточной и южной экспозиции, на высоте 5–30 м н.у.м. Растительность представлена разреженными можжевельново-земляничниково-дубовыми сообществами с сомкнутостью до 0,3, в которых в первом ярусе представлены *Juniperus excelsa*, *Arbutus andrachne* L., *Quercus pubescens*, единично встречается *Pistacia atlantica* Desf. Во втором ярусе присутствует *Juniperus deltoides*, в кустарниковом ярусе преобладает *Cistus tauricus* C.Presl. Общее проективное покрытие (ОПП) травяного и кустарничкового яруса – от 25 до 60 %. Характерна высокая каменистость почвы. Изученный вид распределен неравномерно, количество растений варьирует от 1 до 30, при средней плотности 7 особей, в большинстве случаев отмечается от 2 до 12 растений на 100 м².

ЦП 2 (44.5074754 N, 34.2425566 E) также занимает довольно крутые склоны (25–35°), южной и юго-западной экспозиции, на высоте 20–100 м н.у.м. Древесный ярус отличается большей сомкнутостью (не менее 0,6) и в нем представлены те же виды, что и в ЦП 1, но доминантом в первом ярусе выступает *Quercus pubescens*. Хорошо выражен второй ярус и подлесок, в котором значительный процент участия приходится на *Fraxinus ornus* L., вечнозеленые виды натурализовавшихся интродуцентов – *Quercus ilex* L., *Rhamnus alaternus* L. В кустарниковом ярусе также преобладает *Cistus tauricus*, но с высоким постоянством и проективным покрытием до 30–40 % встречается *Chrysojasminum fruticans* (L.) Banfi, *Ruscus aculeatus* L., а также *Vupleurum fruticosum* L., который на заповедной территории является видом-трансформером. Клематис жгучий распределен по территории относительно равномерно, количество особей варьирует от 2 до 50, но по сравнению с другими описанными ЦП средняя плотность составляет 20 особей / 100 м².

ЦП 3 (44.5094497 N, 34.2385647 E) расположена в самой западной части заповедной территории на высоте 100–120 м н.у. м., на наиболее крутых (45–55°) и очень каменистых склонах в основном юго-западной экспозиции. Растительность очень разреженная (сомкнутость до 0,2), в древесном ярусе представлены *Arbutus andrachne*, *Quercus pubescens*, *Juniperus excelsa*, единично встречаются *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Juniperus deltoides*, но достаточно хорошо выражен кустарниковый ярус из *Cistus tauricus*, ОПП травяного яруса 40–50 %. Плотность клематиса жгучего невысокая, чаще всего на площадках встречается 5–15 растений разных возрастных состояний, при средней плотности 10 особей / 100 м². На открытых, очень

крутых участках клематис жгучий отсутствует, тогда как изредка отмечаются растения аборигенного вида *Clematis vitalba* L.

ЦП 4 (44.5098566 N, 34.2403999 E) расположена в западной части изученной территории, вдоль границы заповедника, за которой расположены научно-производственные площади Никитского ботанического сада и жилой поселок, занимает относительно выровненные участки или некрутые склоны (5–25°) в основном юго-западной экспозиции, на высоте 120–170 м н.у.м. Растительность относится к дубово-можжевельново-сосновым сообществам, со значительным участием *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*, *Carpinus orientalis*, *Fraxinus ornus*. Во втором ярусе и в подлеске отмечены *Arbutus andrachne*, единичные генеративные, а также достаточно часто имматурные и виргинильные растения *Quercus ilex* и *Rhamnus alaternus*. Сомкнутость древостоя – 0,4–0,6. В кустарниковом ярусе преобладает *Ruscus aculeatus* (до 40–60 %), мозаично отмечается *Cistus tauricus*, редко встречаются виргинильные растения *Berberis aquifolium* Pursh., ОПП травяного яруса составляет 30–60 %. Клематис жгучий распределен по территории относительно равномерно, количество растений на площадках варьирует от 2 до 50, плотность в ЦП составляет 19 особей / 100 м². При увеличении сомкнутости древесного и кустарникового ярусов количество растений резко снижается.

ЦП 5 (44.5137892 N, 34.2470747 E) описана на высоте 180–210 м н.у.м., занимает относительно выровненные или не очень крутые участки (10–20°) юго-восточной экспозиции. Растительность представлена достаточно сомкнутыми (0,6–0,8) дубово-можжевельново-грабинниковыми сообществами. В первом ярусе часто встречается *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*, во втором ярусе обычен *Juniperus deltoides*. В подлеске из аборигенных видов изредка отмечаются *Cornus mas* L., из натурализовавшихся интродуцентов – виргинильные растения *Laurus nobilis* L., *Quercus ilex*, *Berberis aquifolium*, единично встречается *Rhamnus alaternus*, в кустарниковом ярусе с покрытием до 40–60 % выделяются *Ruscus aculeatus*, как почвопокровное – *Hedera helix* L., ОПП кустарничкового и травяного яруса составляет 65–75 %. Клематис жгучий распределен неравномерно, количество растений варьирует от 1 до 20, при плотности 7 особей / 100 м². Наибольшее число разновозрастных особей клематиса жгучего отмечено на площадках с более разреженным растительным покровом. В составе сообществ довольно часто встречается аборигенный вид – *Clematis vitalba*.

ЦП 6 расположена в окр. пос. Отрадное на высоте 115–120 м н.у.м., на шиферных склонах крутизной 10–20° юго-западной экспозиции. Растительность представлена пушистодубово-фисташковым редколесьем. В подлеске с незначительным покрытием отмечены *Carpinus orientalis*, *Juniperus deltoides*, в кустарниковом ярусе доминирует *Cistus tauricus*, отмечен также *Ruscus aculeatus*, ОПП кустарничкового и травяного яруса составляет 25–35%. Клематис жгучий распределен по территории относительно равномерно, количество растений на площадках варьирует от 5 до 20, плотность в ЦП составляет 15 особей / 100 м².

ЦП 7 описана западнее пос. Отрадное на высоте 95 м н.у.м. на заброшенных виноградниках, на относительно выровненном участке до 5–10° юго-западной экспозиции. При ОПП 70–80% в составе залежной растительности преобладают травянистые растения, в том числе *Cichorium intybus* L., *Chondrilla juncea* L., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Plantago lanceolata* L., *Bituminaria bituminosa* (L.) C.H. Stirt., среди древесно-кустарниковых видов отмечены молодые особи *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Fraxinus angustifolia*, Vahl., *Rosa canina* L. В составе сообществ довольно часто встречается аборигенный вид – *Clematis vitalba*. Клематис жгучий распределен неравномерно, количество растений варьирует от 1 до 20, при плотности 8 особей / 100 м².

На рисунках 2 и 3 показаны значения параметров фундаментальной ниши *Clematis flammula* (F min, F max) и реализованных ниш описанных сообществ (R min, R opt, R max) по экологическим шкалам В.В. Корженевского (1999). На рисунке 3 на лепестковых диаграммах наглядно отражены объемы фундаментальной и реализованных экологических ниш, а также оптимальные показатели факторов-условий и факторов-ресурсов описанных сообществ.

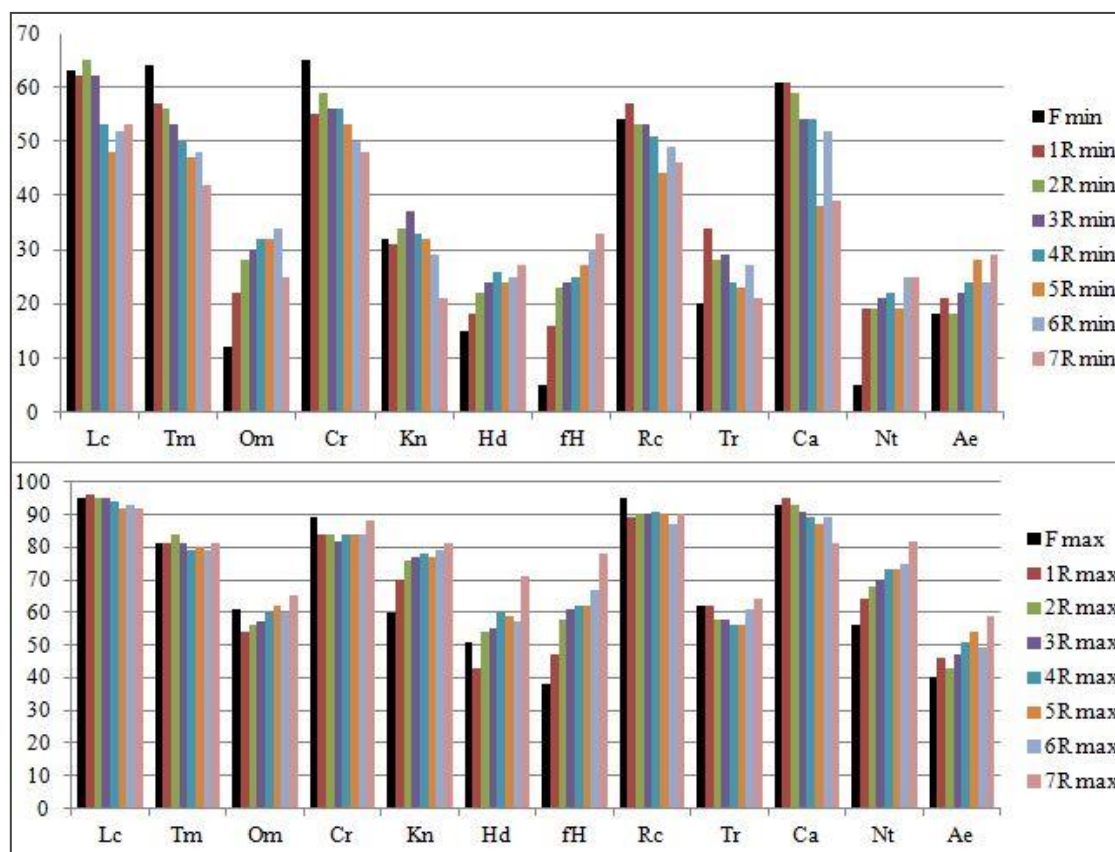


Рис. 2. Минимальные и максимальные значения параметров фундаментальной (F) ниши *Clematis flammula* и реализованных экологических ниш изученных сообществ, в которых описаны ценопопуляции

По оси X – экологические факторы. Климатопа: Lc – освещенность-затенение, Tm – температура воздуха, Om – омбродрежим (аридность-гумидность), Cr – криорежим, Kn – континентальность климата; Эдафотоп: Hd – увлажнение, fH – переменность увлажнения; Rc – кислотность субстрата, Tr – анионный состав (солевой режим), Ca – содержание карбонатов, Nt – содержание азота, Ae – механический (гранулометрический) состав субстрата. По оси Y – значения параметров экологических ниш по 100-балльной шкале.

В наибольшей степени описанные сообщества отличаются друг от друга по таким эдафическим факторам как режим увлажнения (Hd), переменность увлажнения (fH) и содержание азота в почве (Nt). По этим параметрам показатели реализованной ниши описанных сообществ в наименьшей степени соответствуют экологическим требованиям клематиса жгучего. При этом минимальные и максимальные значения этих показателей выявлены для синантропных сообществ, в которых описана ЦП 7 (рис. 2, 3). Нарушенные сообщества близки по этим и другим показателям к описанным в разреженных пушистодубово-фисташковых фитоценозах в окрестностях поселка Отрадное, в которых выделена ЦП 6.

Из рисунка 4, на котором представлены результаты кластерного анализа, видно, что эти сообщества близки по видовому составу и объединены в один кластер. Результаты ординационного анализа (рис. 5) позволили определить ведущие факторы дифференциации на градиентах факторов среды разных по составу и структуре сообществ, в которых описаны ценопопуляции. На ординационной диаграмме (рис. 5) видно, что ЦП 6 и ЦП 7

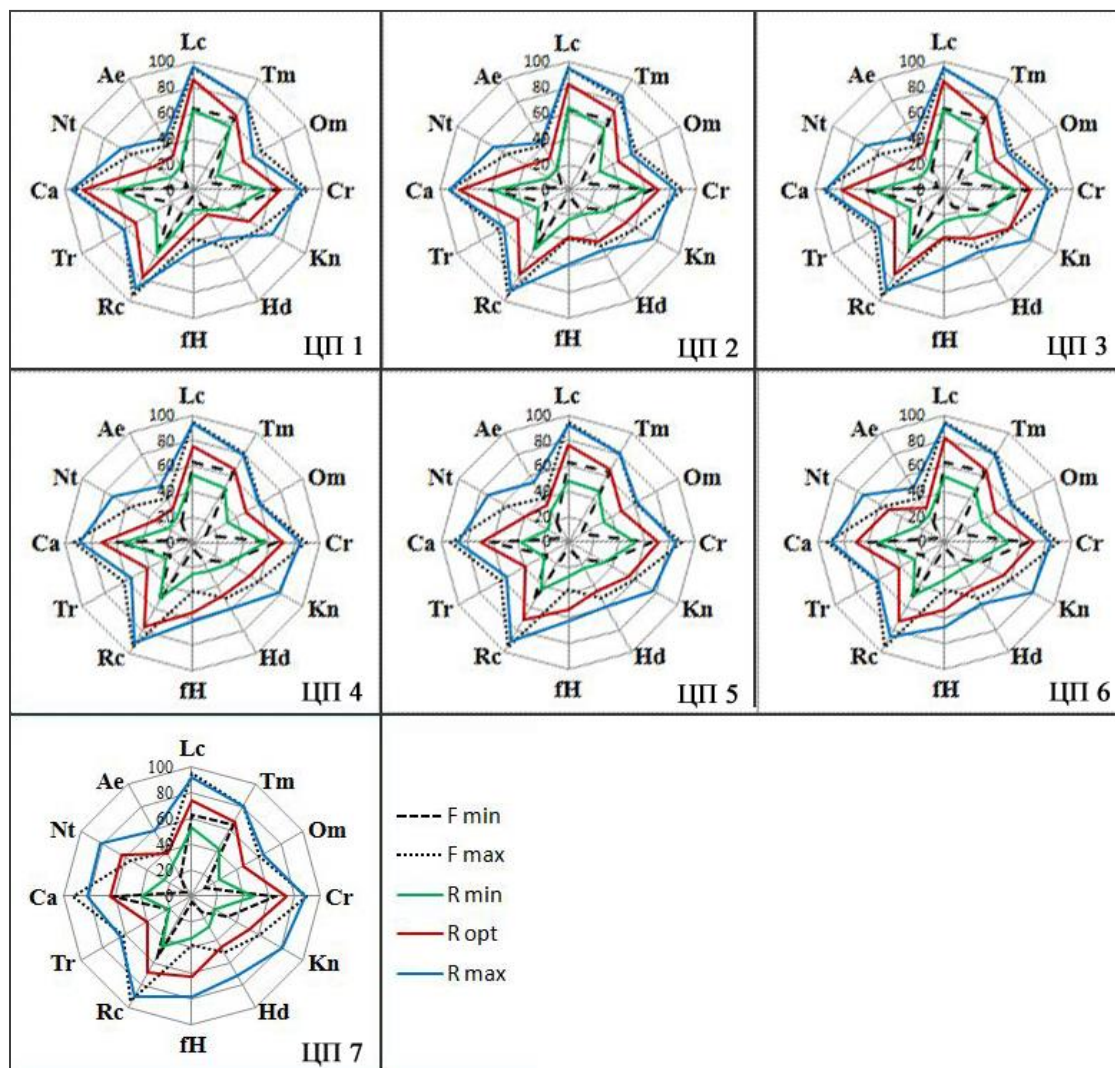


Рис. 3. Соотношение фундаментальной ниши *Clematis flammula* и реализованных ниш описанных фитоценозов
Обозначение климатических и эдафических факторов такие же, как на рисунке 2.

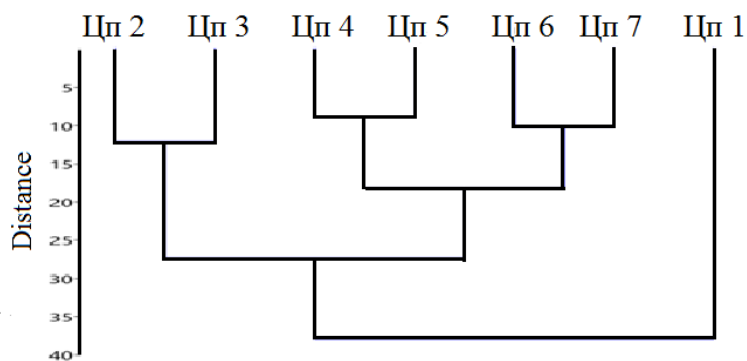


Рис. 4. Дендрограмма дифференциации сообществ с участием *Clematis flammula* (кластерный анализ, Past 3.26)

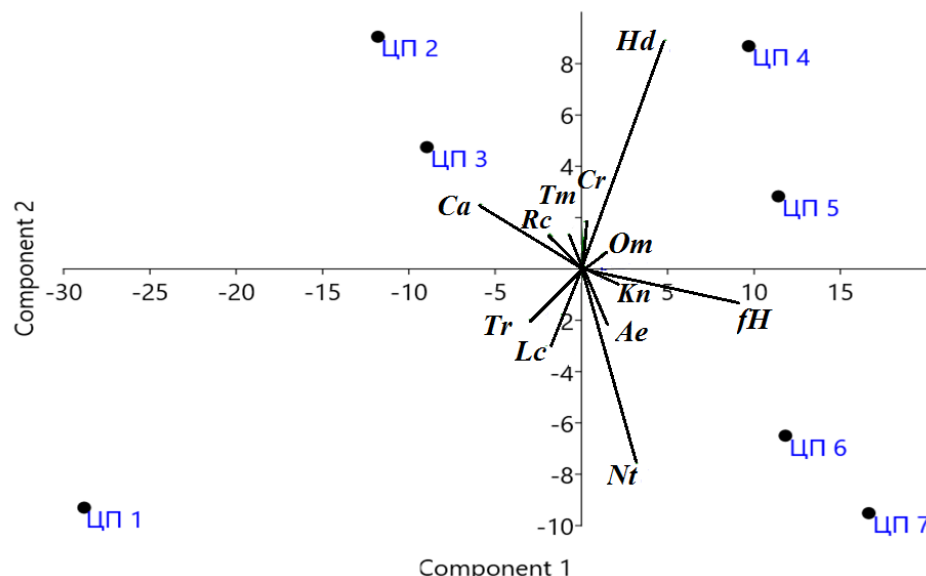


Рис. 5. Распределение ценопопуляций *Clematis flammula* на градиентах факторов среды в разных эколого-ценотических условиях (Past 3.26)

Обозначения осей климатических и эдафических факторов такие же, как на рисунке 2, ЦП 1–ЦП 7 – ценопопуляции. Описание сообществ, в которых они описаны, приведены в тексте.

расположились в правой нижней части и ведущими факторами дифференциации сообществ, в которых они описаны, являются содержание азота в почве (Nt) и переменность увлажнения (fH). Высокая каменистость почвы на шиферных склонах (ЦП 6) и в синантропных местообитаниях (ЦП 7) определяют также достаточно высокие значения такого показателя как аэрация (гранулометрический) состав субстрата (Ae).

Вторую группу сообществ, наиболее близких к ЦП 6 и ЦП 7 по показателям увлажнения почвы и аэрации субстрата (рис. 2, 3), а также по результатам кластерного анализа (рис. 4), составляют фитоценозы, в которых описаны ЦП 4 и ЦП 5. Поэтому сообщества ЦП 4–7 расположились в правой части ординационной диаграммы (рис. 5). Но сообщества ЦП 4 и ЦП 5, выделенные на территории ООПТ «Мыс Мартыян» на относительно выровненных участках или по бортам балок, характеризуются достаточно высокой сомкнутостью древесного яруса (до 0,6–0,8), которая определяет наименьшие минимальные и максимальные значения параметров освещенность-затенение ценозов (Lc) и анионный состав почвы (Tr) по сравнению с другими описанными сообществами (рис. 2, 3). Таким образом, можно говорить о том, что режим увлажнения (Hd) является оптимальным для развития ЦП 4 и ЦП 5. Но как нами установлено ранее (Багрикова и др., 2020) именно в дубово-можжевельново-сосновых сообществах со средней сомкнутостью древостоя (до 0,4–0,6) и невысоком общем проективном покрытии травяно-кустарничкового яруса (до 30–60%) клематис жгучий в ЦП 4 распределен относительно равномерно и имеет наибольшую плотность на 100 м², поэтому фактор освещенность-затенение ценозов (Lc) также можно отнести к ведущему для формирования нормальных по онтогенетическому спектру ценопопуляций. Следует отметить, что клематис жгучий относится к ксерофитным видам, поэтому минимальные и максимальные значения фундаментальной ниши вида по увлажнению почвы и переменности увлажнения намного ниже, чем в большинстве описанных фитоценозов. Но для южнобережных районов Крыма характерно выпадение осадков в основном в зимний период, тогда как летом осадки выпадают редко и чаще всего имеют ливневый характер. Вероятно, это объясняет тот факт, что условия в разреженных сообществах, в которых описана ЦП 4,

при более высоких общих значениях параметра увлажнения по сравнению с показателями фундаментальной ниши изученного вида, в комплексе с другими эдафо-климатическими факторами отвечают требованиям инвазионного вида.

Ведущими факторами отдельного выделения ЦП 1 являются, прежде всего, анионный состав субстрата (Tr) и освещенность ценозов (Lc), эта ценопопуляция описана в прибрежных местообитаниях ООПТ «Мыс Мартыян» в составе разреженных можжевельново-земляничниково-дубовых сообществ, на приморских крутых склонах, в основном на высоте не более 30 м н.у.м. Для этих сообществ выявлены наименьшие минимальные и максимальные значения таких параметров как аридность-гумидность (Om), а также увлажнение почвы (Hd), переменность увлажнения (fH) (рис. 2, 3) и этому в значительной степени способствуют высокая крутизна склонов, имеющих южную или юго-восточную экспозицию. По результатам кластерного (рис. 4) и ординационного (рис. 5) анализа ЦП 1 также занимает обособленное положение и по большинству параметров реализованная ниша описанных сообществ не соответствует требованиям фундаментальной ниши *Clematis flammula*. По онтогенетическому спектру ЦП 1 также отличается от всех остальных описанных ценопопуляций, так как является стареющей при достаточно низкой плотности растений на 100 м² (Багрикова и др., 2020).

Что касается сообществ, в которых описаны ЦП 2 и ЦП 3, то они объединены по сходству флористического состава и это отражено по результатам кластерного анализа на рисунке 3. Несмотря на то, что ценопопуляции описаны в сообществах с разной сомкнутостью древостоя, они характеризуются наибольшими минимальными и максимальными значениями таких параметров как термо- (Tm) и крио- (Cr) режимы, континентальность климата (Kn), освещенность-затенение ценоза (Lc), кислотность субстрата (Rc), содержание карбонатов в почве (Ca) (рис. 2, 3). Ведущими факторами дифференциации этих сообществ являются в наибольшей степени содержание карбонатов (Ca) и терморегим (Tm), так как для данных ценопопуляций характерны хорошо прогреваемые достаточно крутые склоны южной или юго-западной экспозиции со скальными выходами и высокой каменистостью почв. При этом оптимальные условия для развития клематиса жгучего имеются в более сомкнутых сообществах, в которых описана ЦП 2. В них условия климатопы в наибольшей степени соответствуют требованиям инвазионного вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ показал, что наиболее подходящими для внедрения *Clematis flammula* в различные по степени сохранности или нарушенности фитоценозы во вторичном ареале на Южном берегу Крыма являются лесные сообщества с участием *Quercus pubescens*, *Juniperus excelsa*, *J. deltoides*, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*, а также натурализовавшихся вечнозеленых видов *Quercus ilex*, *Rhamnus alaternus*, относящихся к классу Quercetea pubescentis. По большинству климатических факторов описанные сообщества соответствуют экологическим требованиям изученного инвазионного вида. Установленное за последние десятилетия потепление климата может способствовать дальнейшему расселению вида в средиземноморских растительных сообществах, в нижнем лесном поясе пушистодубово-можжевельновых фитоценозов на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор. Результаты ординационного и градиентного анализа методами фитоиндикации показали, что изменяющиеся в разных диапазонах эдафо-климатические условия неоднозначно влияют на дифференциацию сообществ. В большинстве из изученных сообществ эколого-ценотические условия являются благоприятными для распространения вида в естественные лесные сообщества в условиях вторичного ареала. По большинству параметров *Clematis flammula* имеет довольно широкую экологическую амплитуду, что обуславливает его высокую степень адаптации и 2-ой инвазионный статус в изученных сообществах Южного берега Крыма.

Список литературы

- Багрикова Н. А., Плугатарь Ю. В., Бондаренко З. Д., Резников О. Н. Наиболее опасные инвазионные виды растений на особо охраняемых природных территориях Горного Крыма // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2021. – Вып. 12. – С. 114–148. DOI: 10.36305/2413-3019-2021-12-114-148
- Багрикова Н. А., Резников О. Н. Адвентивные растения в природном заповеднике «Мыс Мартыан»: история и перспективы их дальнейшего изучения // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2014. – Вып. 5. – С. 48–87.
- Багрикова Н. А., Резников О. Н., Перминова Я. А. Возрастная структура и современное состояние ценопопуляций *Clematis flammula* (Ranunculaceae), натурализовавшегося на территории Крымского полуострова // Экосистемы. – 2020. – Вып 52 (23). – С. 152–165.
- Корженевский В. В. Новый способ графического выражения зависимости видового богатства и комплексных градиентов среды // Экология. – 1999. Т. 3. – С. 216–219.
- Корженевский В. В. Об одном простом способе интерпретации экологических шкал // Экология. – 1990. – Т. 6 – С. 60–63.
- Корженевский В. В. Современное состояние и уровни фитоиндикации // Журнал общей биологии. – 1992. – Т. 53, № 5. – С. 704–714.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
- Павлов Д. С., Стриганова Б. Р., Букварева Е. Н., Дгебугдзе Ю. Ю. Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития // Вестник РАН. – 2010. – Т. 80, № 2. – 131–140.
- Перминова Я. А., Резников О. Н., Багрикова Н. А. Морфологические и морфометрические параметры *Clematis flammula* на особо охраняемых природных территориях Южного берега Крыма // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2020. – Вып. 11. – С. 116–123. DOI: 10.36305/2413-3019-2020-11-116-123
- Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Фенева И. Ю., Дергунова Н. Н., Хляп Л. А. Моделирование экологических ниш самых опасных инвазионных видов топ-100 России: проверка гипотезы консерватизма экологических ниш // Известия РАН. Сер биол. – 2023. Т. 7. – С. 70–92. DOI: 10.31857/S102634702360022X
- Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В., Абраменков А. А. Шибляк или маквис? О внедрении *Quercus ilex* L. в фитоценозы южного берега Крыма // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2022. – № 3(164). – С. 6–19. DOI: 10.36305/2712-7788-2022-3-164-6-19
- Резников О. Н., Багрикова Н. А., Зубкова Н. В. Натурализация *Clematis flammula* L. в природных сообществах Государственного природного заповедника «Мыс Мартыан» // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. – 2017. – Т. 22, вып. 5. – С. 979–883. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-5-979-983.
- Селедец В. П. Типы экологических ниш видов растений и перспективы фитоиндикации на Дальнем Востоке России // Ботанический журнал. – 2013. Т. 98, № 1. – С. 25–40.
- Bagrikova N. A., Skurlatova M. V. The Materials to the “Black Book” of the Flora of the Crimean Peninsula // Russian Journal of Biological Invasions. – 2021. – Vol. 12, N 3. – P. 244–257. DOI: 10.1134/S2075111721030036
- Bello C., Cintra A. L. P., Barreto E., Vancine M. H., Sobral-Souza Th., Catherine H., Graham C. H., Galetti M. Environmental niche and functional role similarity between invasive and native palms in the Atlantic Forest // Biological Invasions. – 2021. – Vol. 23, N 3. – P. 741–54. DOI: 10.1007/s10530-020-02400-8
- Biondi E., Casavecchia S., Gigante D. Contribution to the syntaxonomic knowledge of the *Quercus ilex* L. woods of the Central European Mediterranean Basin // Fitosociologia. – 2003. – Vol. 40, N 1. – P. 129–156.
- Di Pietro R., Azzella M. M., Facioni L. The forest vegetation of the Tolfa-Ceriti mountains (northern latium – Central Italy) // Hacquetia. – 2010. – Vol. 9/1. – P. 91–150. DOI: 10.2478/v10028-010-0002-2
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. 2025. Available from: <https://www.gbif.org/species/5420853> [accessed Junuary10, 2025]
- 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). – 9 p.
- iNaturalist. 2025. Available from: <https://www.inaturalist.org/search?q=Clematis%20flammula> [accessed Junuary10, 2025]
- Liu C., Wolter C., Xian W., Jeschke J. M. Most invasive species largely conserve their climatic niche // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2020. – Vol. 117(38). – P. 23643–23651. DOI: 10.1073/pnas.2004289117
- Mack R. N. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control // Ecological Applications. – 2000. – N 10. – P. 689–710.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., García R. G., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Ya.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. – 2016. – Vol. 19 (1). – P. 3–264. doi: 10.1111/avsc.12257
- Pearman P. B., Guisan A., Broennimann O., Randin C. F. Niche dynamics in space and time // Trends in Ecology & Evolution. – 2008. – Vol. 23. – P. 149–158.

- Plant of the World On-line (POWO). 2025. Available from: <http://www.plantsoftheworldonline.org> (дата обращения 10.01.2025)
- Randall R. P. A Global Compendium of Weeds. – Perth, Western Australia. – 2017. – 3654 p.
- Rivas-Martínez S., Cantó P., Fernández-González F., Sánchez-Mata D. Revisión de la clase Quercetea ilicis en España y Portugal: 1. subalianza Quercenion ilicis // Folia Botanica Matritensis. – 1995. – Vol. 15. – P. 1–20.
- Santamarina S, Mateo R. G, Alfaro-Saiz E, Acedo C. On the importance of invasive species niche dynamics in plant conservation management at large and local scale // Frontiers in Ecology & Evolution. – 2023. – Vol. 10. – 049142. DOI: 10.3389/fevo.2022.1049142
- Stupar V., Milanović Đ., Brujić J., Čarni A. Formalized classification and nomenclatural revision of thermophilous deciduous forests (*Quercetalia pubescentis*) of Bosnia and Herzegovina // Tuexenia. – 2015. – Vol. 35. – P. 85–130. DOI: 10.14471/2015.35.016
- Tingley R., Vallinoto M., Sequeira F., Kearney M. R. Realized niche shift during a global biological invasion // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2014. – Vol. 111. – P. 10233–10238.
- Tsiourlis G., Konstantinidis P., Xofis P. Syntaxonomy and Synecology of *Quercus coccifera* Mediterranean Shrublands in Greece // Journal of Plant Biology. – 2009. – Vol. 52. – P. 433–447. DOI: 10.1007/s12374-009-9056-4
- Tutin T.G. The genus *Clematis* L. / [In: Tutin T. G. ed.]: Flora Europaea. London: Cambridge Univ. Press. 1964. – Vol. 1. – P. 221–222.
- Wiens J. J., Graham C. H. Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology // Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics. – 2005. – Vol. 36. – P. 519–539.

Bagrikova N. A., Reznikov O. N., Korzhenevsky V. V. Ecological Niche of the *Clematis flammula* in the communities of the Southern Coast of Crimea // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 79–89.

This study presents the results of research on the adaptation of the invasive species *Clematis flammula* in various forest and disturbed communities in the lower belt of the southern macroslope of the Main Ridge of the Crimean Mountains. A geobotanical investigation conducted from 2019 to 2021 using the Braun-Blanquet ecological and floristic approach. Ordination and cluster analyses were performed using the PAST 3.26 software. Twelve factors were examined: light (Lc), thermal regime (Tm), aridity-humidity (Om), cryoregime (Cr), climate continentality (Kn), soil moisture (Hd), humidity fluctuation (fH), substrate acidity (Cr), salt regime (anionic composition) (Tr), carbonate content (Ca), nitrogen content (Nt), and granulometric composition of the substrate (Ae). The parameters of the ecological niches of the *Clematis flammula* and the communities were determined using the phytoindication method. The broad range of the fundamental ecological niche of *Clematis flammula* concerning most edapho-climatic factors facilitates the species to integrate into plant communities with varying degrees of disturbance. The studied communities are similar in terms of climate continentality, thermal regime, cryoregime, aridity-humidity and substrate acidity: however, they differ significantly in soil moisture, humidity fluctuation, and the content of carbonates and mineral nitrogen in the soil. A comparative analysis of the fundamental niche of the *Clematis flammula* and the realized niche of communities indicates that the environmental conditions in sparse downy-oak-juniper communities belonging to the *Quercetea pubescentis* class meet the requirements of the species to the greatest extent. The findings confirm the high degree of adaptation of the species to the natural conditions of the Southern Coast of Crimea.

Key words: alien plants, ordination and cluster analysis, plant communities, environmental factors, ecological scales, protected areas, Crimean Peninsula.

Поступила в редакцию 15.01.25

Принята к печати 17.02.25

К фауне птиц и млекопитающих Баренцева и Карского морей, Южного острова Новой Земли: экспедиция на ледоколе «Илья Муромец», июль – август 2022 года

Лебедева Н. В.

Мурманский морской биологический институт РАН
Мурманск, Россия
lebedeva@mmbi.info

Наблюдения за птицами и млекопитающими выполняли во время экспедиции на ледоколе «Илья Муромец» с 27.07.2022 по 10.08.2022 года в открытой части Баренцева моря, прибрежных акваториях архипелага Новая Земля в Баренцевом и Карском морях, а также в наземных экосистемах во время семи высадок на Южный остров архипелага Новая Земля. Зарегистрированы 46 видов, в том числе 39 видов птиц и 7 видов млекопитающих. По результатам наблюдений фауна в исследованной части Баренцева моря и проливе Маточкин Шар в период проведения экспедиции представлена 22 видами (19 видов птиц и 3 вида морских млекопитающих), в том числе редких и охраняемых таких как орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758), белая чайка *Pagophila eburnea* (Phipps., 1774); белуха *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776); морж *Odobenus rosmarus* (L., 1758). В наземных экосистемах Южного острова зарегистрирован 31 вид наземных позвоночных (27 видов птиц и 4 вида млекопитающих), в том числе редких и охраняемых: пискулька *Anser erythropus* (Linnaeus, 1758); малый лебедь *Cygnus columbianus bewickii* Yarrell, 1830; морянка *Clangula hyemalis* (Linnaeus, 1758); белый медведь *Ursus maritimus* Phipps, 1774. Обнаружены два гнезда зимняка *Buteo lagopus* (Pontoppidan, 1763) с птенцами, гнездо пуночки *Plectrophenax nivalis* (Linnaeus, 1758) и обыкновенной гаги *Somateria mollissima* (Linnaeus, 1758) с кладками. В наземных экосистемах среди птиц доминировали белощекая казарка *Branta leucopsis* (Bechstein, 1803) и белолобый гусь *Anser albifrons* (Scopoli, 1769). Отмечены крупные линные скопления гусей этих видов. Выявлена относительно крупное скопление поморников, в котором доминировал средний поморник *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815), что может быть связано с их инвазией на архипелаг в связи с высокой плотностью лемминга *Dicrostonyx torquatus* Pallas, 1778. Отмечены многочисленные норы лемминга. Зарегистрирован залет лебедя-шипунa за пределы ареала. Белые медведи встречались преимущественно на восточном побережье Южного острова. Отмечены несколько самок с двумя медвежатами. Все медведи визуально были в хорошем состоянии.

Ключевые слова: птицы, млекопитающие, редкие виды, Южный остров Новой Земли, Баренцево море, Карское море

ВВЕДЕНИЕ

Оценка динамики видового разнообразия арктических экосистем остается приоритетной задачей. Это связано с тем, что этот труднодоступный район Земли до сих пор фрагментарно исследован. Современные тенденции климатической динамики и усиливающегося активного освоения ресурсов Арктики, вызывают изменения среды обитания и фаунистического состава животных морей и суши. Пик современного потепления в Баренцевом море пришелся на 2016 год, когда были отмечены рекордно высокие температуры воздуха и воды, а также рекордно низкая ледовитость моря (Матишов и др., 2017; Трофимов, Ившин, 2022), таяние ледников Новой Земли (Алейников, Липка, 2024), зарегистрирован положительный тренд приземной температуры воздуха (Карандашева и др., 2024), что вызывает изменения как в морских экосистемах, так и на суше. Через сложные экосистемные связи (пища, болезни, изменения в районах размножения и другие) эти изменения оказывают воздействие на высшие звенья трофических цепей арктических экосистем морей и суши: птиц и млекопитающих. Экосистемные изменения могут сказаться на флуктуациях видового состава, проникновении видов за пределы ареалов, динамике численности. Орнитофауна Новой Земли, ее особенности изучены неполно (Горбунов, 1929; Портенко, 1931; Антипин, 1938, 1953; Успенский, 1956, 2001; Бутьев, 1959; Калякин, 1993, 1995, 1996, 1999; Покровская, Тertiцкий, 1993; Prins, 1994 и другие). В последние годы активность исследований на архипелаге и прилегающих морях

значительно выросла (Тертицкий, Покровская, 2011; Гаврило, 2013; Спицын и др., 2016; Самоцкая, Бушуев, 2017; Розенфельд, Спицын, 2017; Спицын и др., 2018; Глазов, 2020; Краснов, Ежов, 2020; Мизин, 2020; Spitsyn et al., 2020, 2021; Футоран, Мизин, 2021; Третьяков и др., 2023 и др.). Тем не менее любые новые исследования в удаленных районах является актуальными для современной науки. Кроме того, новые данные о фауне, распределении видов, их численности и экологии могут быть востребованы при оценке состояния экосистем различных проектов по разведке и освоению ресурсов Арктики.

Целью данного исследования было получение новых сведений об особенностях распространения и численности птиц и млекопитающих, а также выявление редких и особо охраняемых видов Новой Земли и омывающих ее морей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Наблюдения выполняли во время экспедиции на ледоколе «Илья Муромец» с 27.07.2022 по 10.08.2022 года в открытой части Баренцева моря, прибрежных акваториях архипелага Новая Земля в Баренцевом и Карском морях, а также на суше во время высадок на остров Южный архипелага Новая Земля (Моисеев и др., 2023). Маршрут экспедиции проходил от порта Мурманск с заходом в пос. Белушья Губа и дальнейшим движением вокруг острова Южный с заходом в заливы Басова и Медвежий на остров Северный, через пролив Маточкин Шар, затем вдоль западного берега острова Южный с возвращением в пос. Белушья Губа.

Судовые наблюдения в пределах исследуемой акватории Баренцева и Карского морей, а также в проливе Маточкин Шар проводили в светлое время суток в условиях достаточной видимости и отсутствия сильного волнения моря с мостика или борта судна с достаточным обзором (преимущественно с носа судна) в полосе шириной 600 м (300 м вправо и 300 м влево и 300 м вперёд по ходу движения судна). Координаты обнаружения животных регистрировали с помощью iPhone 8. По возможности регистрация встреч сопровождалась фотосъемкой. Маршруты наблюдения в акватории Баренцева моря и проливе Маточкин Шар показаны на рисунке 1а. Учёт птиц вели невооружённым глазом. Бинокль использовали в случае необходимости уточнения видовой принадлежности особей. Учитывали всех сидящих на воде и летящих особей. Видовую идентификацию морских млекопитающих проводили, руководствуясь определителем (Folkens, Reeves, 2002).

Выполнено 7 высадок на берег Южного острова Новой Земли, во время которых проводили точечные учеты и регистрацию всех встреченных птиц и млекопитающих. Обследованы побережья в губах Валькова и Макарова, устье реки Нехватовой в проливе Костин Шар, лагуны Обманный шар, между мысом Меньшикова и Перовского, Фактория Литке, бухта Шуберта и Лагерная в проливе Маточкин Шар (рис. 1б).

Проведение стандартных маршрутных учетов на суше было невозможно в связи с комплексными задачами во время высадок и опасности встреч с белым медведем *Ursus maritimus* Phipps, 1774. По возможности были обследованы прибрежные акватории, скалы в зоне видимости, часть из которых была детально рассмотрена на снимках, сделанных с дронов, скальные берега, внутренние водоемы, прибрежная арктическая тундра в районах высадки. Регистрировали гнезда птиц, норы леммингов, песцов, осматривали останки животных и их следы. Для фотосъемки использовали камеру Sony DSC-YX400 с оптическим объективом ZeiZZ BionzX x50. Часть снимков ландшафтов, элементов экосистем выполнены камерой iPhone 8. Фотографии автора приведены в тексте без упоминания авторства. Кроме того, фотографическая информация от других участников экспедиции, высаживавшихся в других точках архипелага, позволила дополнить видовой список наземных позвоночных.

Природоохранный статус определен по Красному списку видов Международного Союза Охраны Природы (МСОП) (IUCN..., 2025), Красной книге РФ (2021) (КК РФ) и Красной книге Архангельской области (2020) (КК АрхО). Карты распределения численности построены в программе MS Excel.

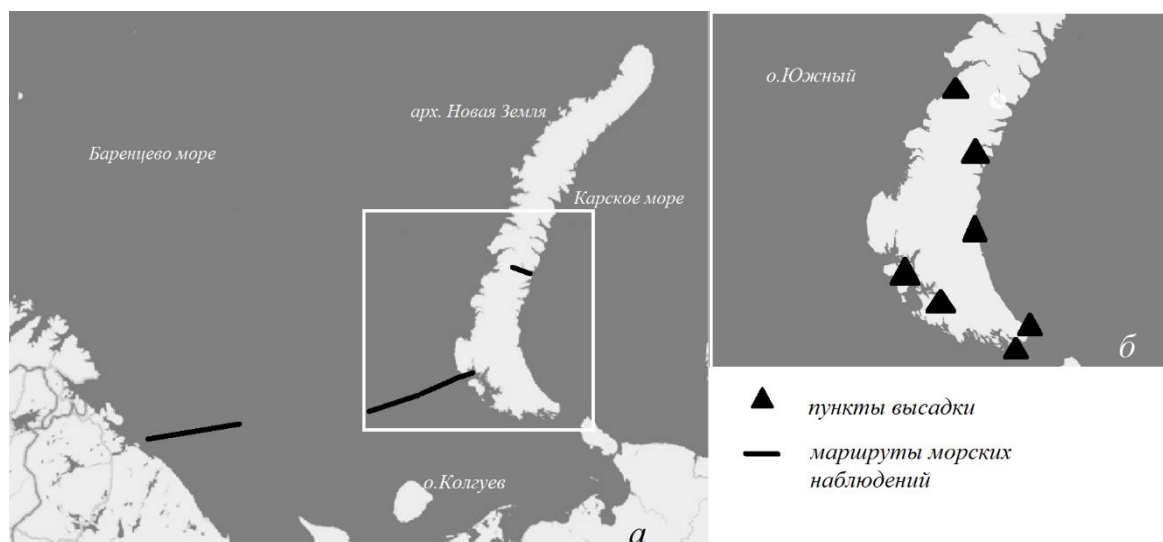


Рис. 1. Карта-схема районов и маршруты наблюдений в акватории Баренцева моря и проливе Маточкин Шар (а), точки высадки на побережье на архипелаге Новая Земля (б)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение морских птиц в акватории Баренцева моря и проливе Маточкин Шар. Во время морских наблюдений отмечены 19 видов птиц: глупыш *Fulmarus glacialis* (Linnaeus, 1761); большой баклан *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758); орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758); большой поморник *Catharacta skua* Brünnich, 1764; средний поморник *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815); короткохвостый поморник *S. parasiticus* (Linnaeus, 1758); длиннохвостый поморник *S. longicaudus* Vieillot, 1819; клуша *Larus fuscus* (Linnaeus, 1758); серебристая чайка *L. argentatus* Pontoppidan, 1763; сизая чайка *L. canus* (Linnaeus, 1758); бургомистр *L. hyperboreus* (Gunnerus, 1767); морская чайка *L. marinus* (Linnaeus, 1758); моевка *Rissa tridactyla* (Linnaeus, 1758); белая чайка *Pagophila eburnea* (Phipps., 1774); полярная крачка *Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763; люрик *Alle alle* (Linnaeus, 1758); тонкоклювая кайра *Uria aalge* (Pontoppidan, 1763); толстоклювая кайра *U. lomvia* (Linnaeus, 1758); чистик *Cephus grylle* (Linnaeus, 1758).

Плотность морских птиц снижалась в открытой части Баренцева моря и увеличивалась в прибрежной части Новой Земли (рис. 2).

В открытой части моря преобладали следующие виды: моевка (50 % от общей численности зарегистрированных птиц), глупыш (19 %) и бургомистр (15 %) (рис. 3а); в проливе Маточкин Шар – толстоклювая кайра (86 %) и бургомистр (12 %) (рис. 3б).

Глупыш встречался преимущественно в морской акватории Баренцева моря, доминируя в южной части исследуемой акватории, преимущественно вдали от побережий (рис. 4а). Моевка доминировала практически на всей обследованной акватории, но ее численность существенно возрастала у берегов Новой Земли (рис. 4б).

Бургомистр отмечен на всех обследованных морских акваториях, но его численность возрастала у берегов Новой Земли и в проливе Маточкин Шар (рис. 4в). Серебристая, сизая, морская чайки, клуша были зарегистрированы единичными встречами над акваторией ближе к выходу из Кольского залива. Одну белую чайку отметили над проливом Маточкин Шар (рис. 4е). Белая чайка – редкий вид, внесен в КК АрхО (2020) (категория 2 – сокращающийся в численности вид), КК РФ (2021) (категория 3 – редкий, уязвимый вид; III – приоритет охранных мер) и МСОП (IUCN, 2025) (NT). Орлан-белохвост (КК АрхО (2020): категория 3; КК РФ (2021) – категория 5 (восстанавливаемый и восстанавливающийся вид), вызывающий наименьшие опасения, III приоритет природоохранных мер); Красный список МСОП – LC (IUCN, 2025)) встречен на выходе из Кольского залива.

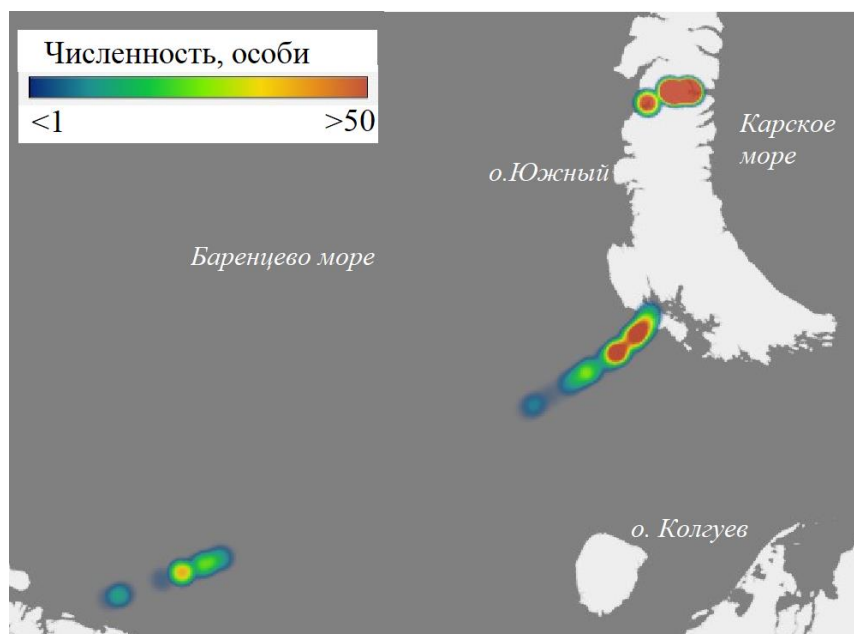


Рис. 2. Карта-схема распределения численности всех встреченных морских птиц на учетных маршрутах

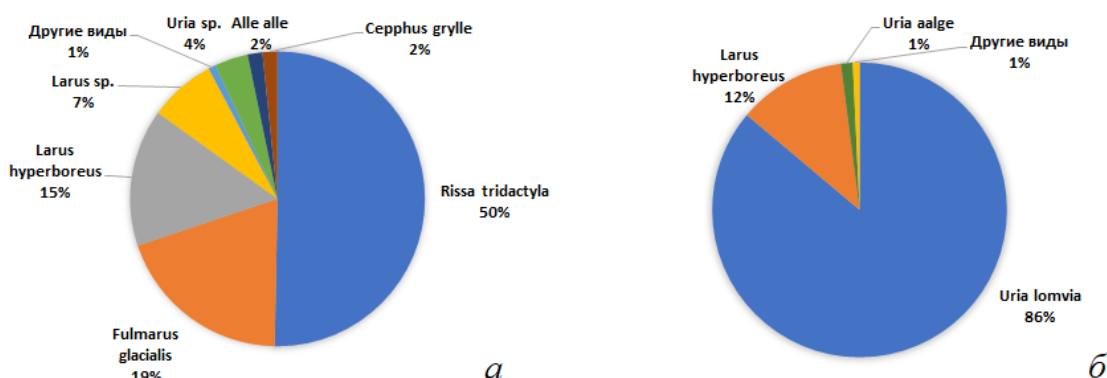


Рис. 3. Соотношение морских птиц по численности (%) на наблюдаемой акватории Баренцева моря (а) и в проливе Маточкин Шар (б)

Толстоклювая кайра была обычным видом в наблюдаемых акваториях вблизи архипелага Новая Земля и доминировала среди птиц в проливе Маточкин Шар (рис. 3б). Тонкоклювая кайра также встречена в проливе Маточкин Шар, однако плотный туман во время прохода судна через пролив не позволил оценить ее реальную численность и зарегистрировать колонии. Выявленное распределение численности кайр представлено на рисунке 5а. Можно предположить, что на побережье пролива Маточкин шар имеются колонии кайр: толстоклювой (преобладала) и тонкоклювой, которые активно кормились в акватории пролива. Среди морских птиц меньшей численностью в сравнении с кайрами отличались люрик и обыкновенный чистик, которые были отмечены у берегов Новой Земли (рис. 5б).

Морские млекопитающие в исследованной части Баренцева моря и пролива Маточкин Шар в период наблюдений были представлены тремя видами: кольчатая нерпа *Phoca hispida* Schreber, 1775; морж атлантический *Odobenus rosmarus rosmarus* (L., 1758) (VU: IUCN, 2025); белуха *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776) (VU в Европе: IUCN, 2025). Карта встреч

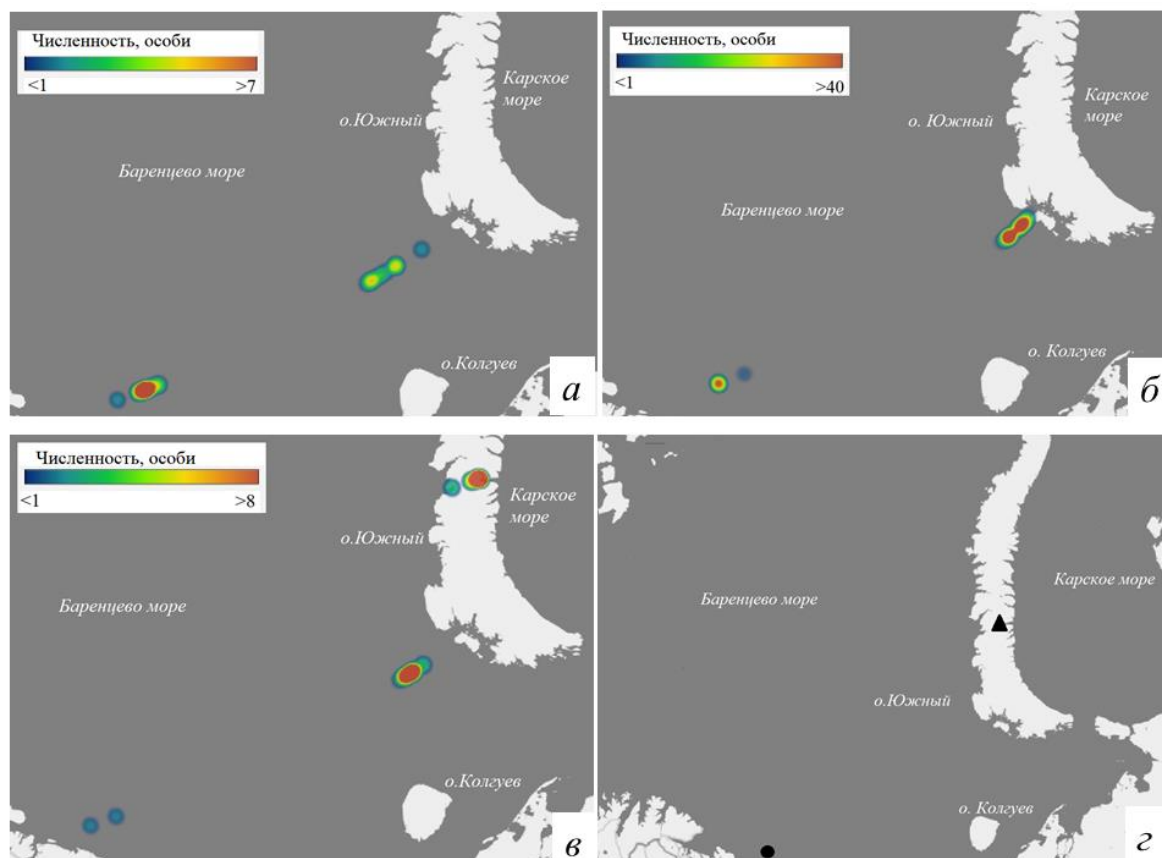


Рис.4. Карты-схемы распределения численности глубыша (а), моевки (б), бургомистра (в), точки регистрации сизой, морской и серебристой чаек (круг) и белой чайки (треугольник) (г)

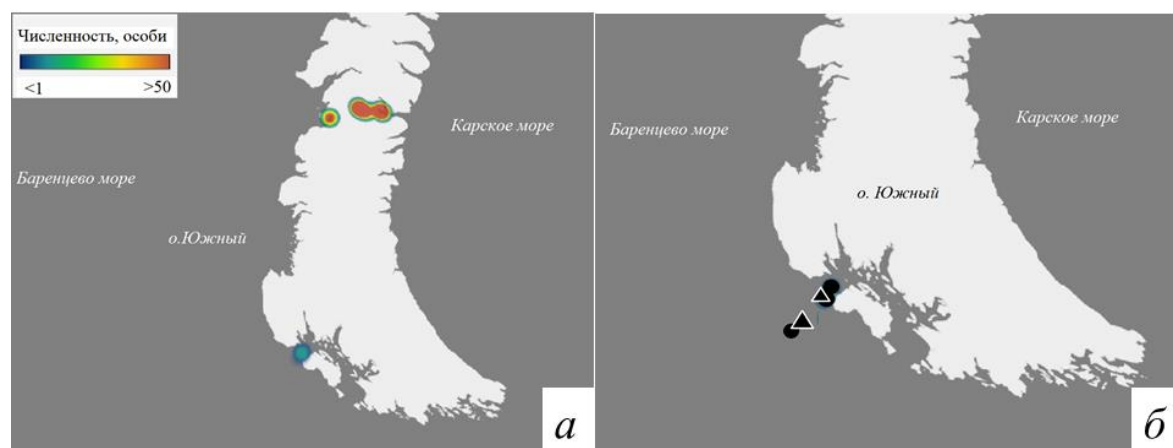


Рис. 5. Карты-схемы распределения численности кайр (а); места регистрации люрика (круг) и обыкновенного чистика (треугольник) (б)

представлена на рисунке 6. Нерпа и морж были отмечены единичными встречами (Карские ворота и пролив Маточкин Шар соответственно), тогда как две группы белух были отмечены в одном районе Баренцева моря (не менее 12 и 20 особей) (рис. 6).

Наземные птицы и млекопитающие. Зарегистрирован 31 вид, в том числе 27 видов птиц и 4 вида млекопитающих: краснозобая гагара *Gavia stellata* (Pontoppidan, 1763);



Рис. 6. Карта схема мест регистрации белухи (круг), моржа (квадрат) и кольчатой нерпы (треугольник)

чернозобая гагара *G. arctica* (Linnaeus, 1758); белощекая казарка *Branta leucopsis* (Bechstein, 1803); белолобый гусь *Anser albifrons* (Scopoli, 1769); пискулька *A. erythropus* (Linnaeus, 1758); гуменник *A. fabalis* (Latham, 1787); лебедь-шипун *Cygnus olor* (J.F. Gmelin, 1789); малый лебедь *C. bewickii* Yarrell, 1830; морянка *Clangula hyemalis* (Linnaeus, 1758); гага обыкновенная *Somateria mollissima* (Linnaeus, 1758); гага-гребенушка *S. spectabilis* (Linnaeus, 1758); зимняк *Buteo lagopus* (Pontoppidan, 1763); галстучник *Charadrius hiaticula* Linnaeus, 1758; турухтан *Philomachus pugnax* (Linnaeus, 1758); морской песочник *Calidris maritima* (Brünnich, 1764); кулик-воробей *Calidris minuta* (Leisler, 1812); большой поморник *Stercorarius skua* (Brünnich, 1764); средний поморник *S. pomarinus* (Temminck, 1815); короткохвостый поморник *S. parasiticus* (Linnaeus, 1758); длиннохвостый поморник *S. longicaudus* Vieillot, 1819; бургомистр *Larus hyperboreus* Gunnerus, 1767; моевка *Rissa tridactyla* (Linnaeus, 1758); полярная крачка *Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763; краснозобый конек *Anthus servinus* (Pallas, 1811); белая трясогузка *Motacilla alba* Linnaeus, 1758; лапландский подорожник *Calcarius lapponicus* (Linnaeus, 1758); пуночка *Plectrophenax nivalis* (Linnaeus, 1758); копытный лемминг *Dicrostonyx torquatus* Pallas, 1778; песец *Vulpes lagopus* (Linnaeus, 1758); белый медведь *Ursus maritimus* Phipps, 1774; северный олень *Rangifer tarandus* (Linnaeus, 1758).

Краснозобая гагара. Встречена пара краснозобых гагар с двумя молодыми особями на небольшом прибрежном озере между м. Меньшикова и м. Перовского (побережье Карского моря) 03.08.2022 (рис. 7а, 7б).

Чернозобая гагара. Отмечена одна особь, взлетевшая с прибрежного озера на побережье пролив Костин Шар к западу от губы Нехватовой, Баренцево море (рис. 7а).

Белощекая казарка. несколько крупных скоплений (от 36 до 200 особей) зарегистрировали преимущественно на баренцевоморском побережье, в том числе линияющих взрослых особей и нелетных молодых птиц (рис. 8а). Удалось точно определить состав стаи на прибрежном озере близ Фактории Литке 03.08.2022 (рис. 8б), в которой было 147 взрослых птицы и 47 нелетных молодых птиц разного возраста. В этой стае определили 15 выводков. Выводки состояли от 1 до 7 птенцов, в среднем $3,1 \pm 0,4$ (ст. ош.) птенца. Также отмечены перелетающие одиночки, пары и небольшие группы гусей этого вида. На берегу залива Костин Шар 30.07.2022 найден мертвый гусёнок этого вида.

Белолобый гусь по данным других исследователей существенно малочисленнее гуменника (Калякин, 1995). Нами отмечен в четырех пунктах в местах высадок на побережье (рис. 8а). Зарегистрировали линные скопления с максимальной численностью около 100

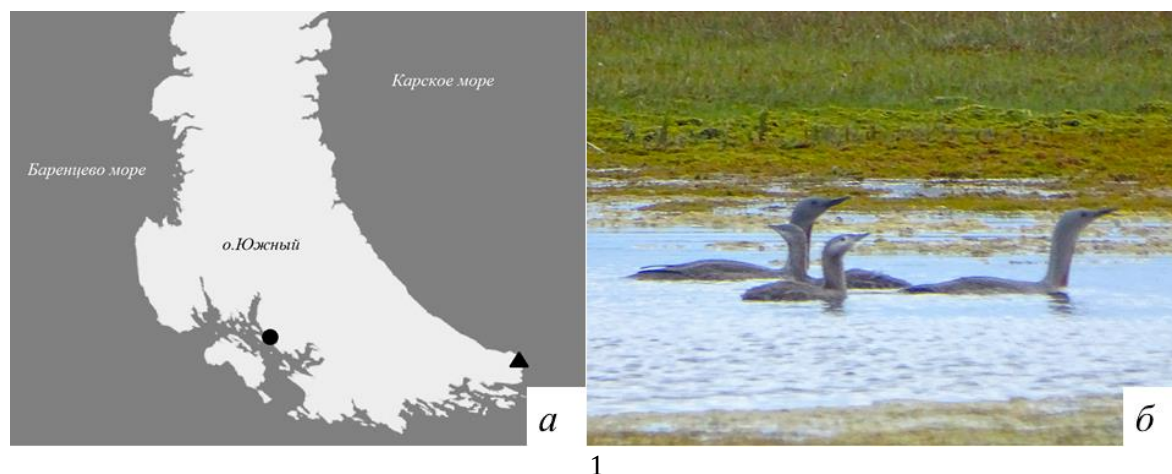


Рис. 7. Карта-схема мест встреч чернозобой (круг) и краснозобой (треугольник) гагар (а); пара краснозобых гагар с двумя молодыми на прибрежном озере (б)

особей, а также небольшие группы белолобых гусей, в том числе непосредственно в пос. Белушья Губа (рис. 8г).

Пискулька внесена в КК АрхО (2020) – категория 2 (сокращающийся в численности вид); в КК РФ (2021) – 2 (сокращающийся в численности и распространении вид), исчезающий; в Красном списке МСОП (IUCN, 2025) – VU; II приоритет природоохранных мер. Нами отмечена однажды 03.08.2022 над побережьем губы Логинова вместе с одиночным белолобым гусем (рис. 8г). Ее статус на Новой Земле не выяснен (Калякин, 1995). Архипелаг находится за пределами ее ареала (КК РФ, 2021). Возможно, нами зарегистрирован залет.

Гуменник. По данным других исследователей обычный, местами многочисленный вид (Калякин, 1995; Тertiцкий, Покровская, 2011). Нами отмечено линное скопление гусей этого вида на побережье губы Логинова 03.08.2022 (около 70 особей) (рис. 8г). В этом же районе была отмечена одна пискулька, а также небольшие группы и одиночки белолобых гусей.

Малый лебедь. Внесен в КК АрхО (2020) – категория 4 (неопределённый по современному состоянию вид); в КК РФ (2021) – категория 3 (редкий вид); в Красном списке МСОП (IUCN, 2025) – EN (для Европы); III приоритет природоохранных мер. Малый лебедь – обычный вид, который обитает по всему западному побережью архипелага до губы Крестовой на севере (Калякин, 1995; Тertiцкий, Покровская, 2011). Нами отмечены 4 взрослых особи 31.07.2022 на прибрежном озере западнее лагуны Обманый шар (рис. 9а, рис. 9б).

Лебедь-шипун. Ранее регистрировались залеты этого вида на арх. Новая Земля, который находится за пределами его ареала (Тertiцкий, Покровская, 2011; Мизин, 2020; Spitsyn et al., 2020). На прибрежном озере в районе губы Логинова 03.08.2022 нами отмечены 4 взрослые особи и один мертвый взрослый лебедь этого вида (рис. 9а, 9б).

Морянка – уязвимый вид, снижающий численность (IUCN, 2025). По данным некоторых исследователей морянка – самая многочисленная утка архипелага (Тertiцкий, Покровская, 2011), однако в отдельные годы ее численность была низкой (Покровская, 2015; Спицын и др., 2016). Нами зарегистрировала лишь две стайки уток этого вида из 8 и 12 особей 30.07.2022 на побережье пролива Костин Шар (Баренцево море), к западу от губы Нехватовой (рис. 10а).

Гага обыкновенная. Обычный вид архипелага (Калякин, 1999; Тertiцкий, Покровская, 2011; Спицын и др., 2016; Самоцкая, Бушуев, 1917). Места регистрации вида показаны на рисунке 10а. Нами отмечены самки с еще пуховыми птенцами 30.07.2022, которые держались на небольших прибрежных озерах в районе залива Валькова (рис. 10б). В выводках было по 3–4 птенца. Найдено гнездо с кладкой из трех яиц 03.08.2022 на о. Логинова (Карское море) (рис. 10в).

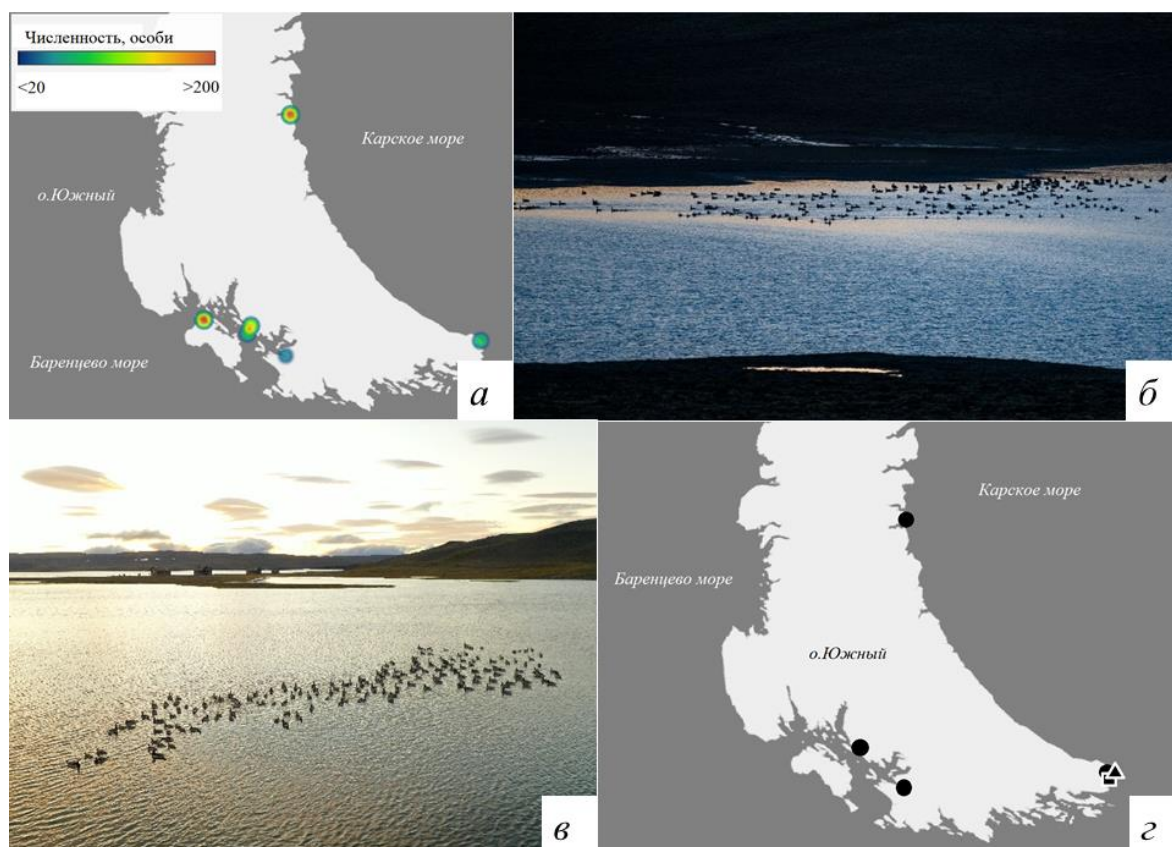


Рис. 8. Карта-схема распределения численности скоплений белошекой казарки (а); линные птицы с выводками (побережье губы Валькова, 30.08.2022, фото В. Новикова) (б); линные птицы (Фактория Литке, 04.08.2022, фото Г. Пурихова с дрона) (в); места регистрации белолобого гуся (круг), пискунки (квадрат) и гуменника (треугольник) (г)

Гага-гребенушка на Новой Земле малочисленней в сравнении с обыкновенной гагой (Тертицкий, Покровская, 2011; Спицын и др., 2016). Нами отмечена одна стайка этого вида, поднявшаяся с небольшого озера на побережье пролива Костин Шар к западу от губы Нехватова 30.07.2022 (рис. 10а). В стае были 3 самца и 8 самок.

Зимняк – гнездящийся вид на Новой Земле (Калякин, 1999). Известны встречи этого вида на архипелаге в последние годы (Тертицкий, Покровская, 2011; Самоцкая, Бушуев, 2015), однако сведений о находках гнезд мало (Розенфельд, Спицын, 2017). Нами 30.07.2022 зарегистрированы два многолетних гнезда зимняка, расположенные в одном районе Южного о-ва (побережье пролива Костин Шар и на о-ве Тимофеева) на расстоянии друг от друга около 6 км. Одно из гнезд с двумя оперенными птенцами расположено близко от морского побережья на уступе скалы (рис. 11а, 11б). Рядом держалась пара взрослых птиц (рис. 11в). Второе гнездо также с двумя оперенными птенцами расположено на земле и закрыто от моря крупным камнем (рис. 11г). Взрослых птиц рядом не было. Оба местообитания с характерным поселением на камнях орнитогенного лишайника *Xantoria* sp., что подтверждает многолетний характер гнездовых участков (рис. 11а, 11б, 11г).

Кулики. Зарегистрированы 4 вида, в том числе галстучник (6 особей на побережье залива Валькова, Баренцево море, 30.07.2022), турухтан (3 особи), морской песочник (1 особь) и кулик-воробей (8 особей) (побережье губы Логинова, Карское море, 03.08.2022). По литературным данным, турухтан периодически гнездится на Южном о-ве архипелага (Калякин, 1999). Остальные – обычные гнездящиеся виды архипелага (Калякин, 1999).

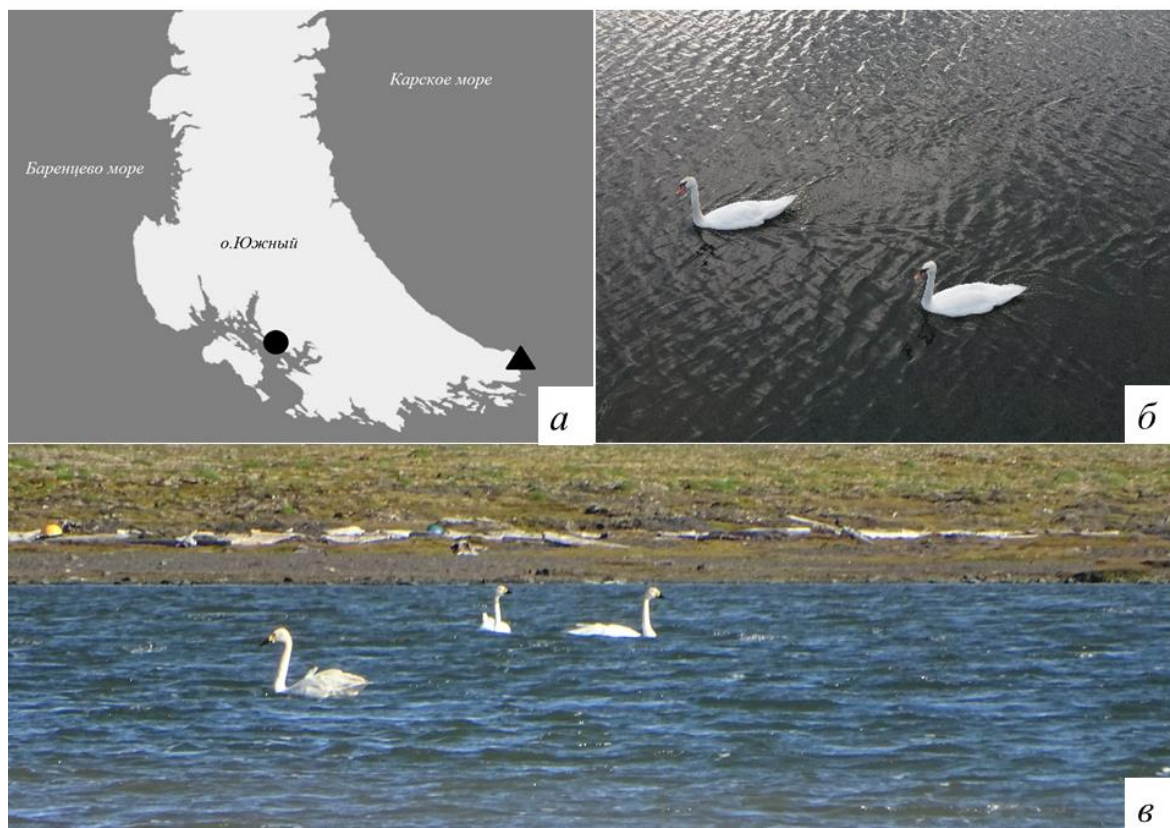


Рис. 9. Карта-схема мест встречи лебедя-шипун (треугольник) и малого лебедя (круг) (а); взрослые лебеди-шипуны на прибрежном озере (побережье губы Логинова, 03.08.2022, фото В. Костамо с использованием дрона) (б); малые лебеди (в)

Поморники. Большой поморник был встречен над лагуной Обманной Шар (Баренцево море) 31.07.2022, здесь же вблизи берега отметили среднего (1 особь), короткохвостого (2 особи) и длиннохвостого (1 особь) поморников. Интересным наблюдением представляется обнаруженное нами скопление поморников, которое отмечено 03.08.2022 на побережье Карского моря между мысами Меньшикова и Перовского ($70,74^{\circ}$ с. ш., $57,53^{\circ}$ в. д.). Здесь держались 4 вида поморников, в том числе большой (1 особь), средний, который доминировал по численности (≈ 90 особей), короткохвостый (≈ 20 особей) и длиннохвостый (10 особей). Часть птиц отдыхала в скоплениях непосредственно на сухих участках прибрежной арктической тундры. При беспокойстве птицы, взлетая не покидали территорию, а кружились над местообитанием, приземляясь в некотором отдалении. Характерным для данного биотопа было наличие множества нор леммингов. Аналогичные скопления среднего поморника были отмечены ранее у м. Желания и м. Моллера, которые объясняются мощными инвазиями среднего поморника в годы с высокой численностью леммингов (Калякин, 1999).

Прибрежные и островные колонии бургомистра. Относительно крупные колонии бургомистров были отмечены на скальных островах в заливе Литке (Карское море) (рис. 12а). Определить численность птиц с лодки не представлялось возможным из-за наступивших сумерек. Еще одна колония бургомистров (≈ 50 пар) обнаружена на береговых скалах в заливе Шуберта 05.08.2022 (рис. 12б). Взрослые бургомистры находились рядом с птенцами. Было отмечено 1–2 птенца на пару, преимущественно по 2. Кроме крупных колоний бургомистров были отмечены отдельные гнезда на невысоких скальных берегах, как например на побережье бухты Русанова. Здесь отмечены пары взрослых птиц и птенцы (рис. 12в, 12г).

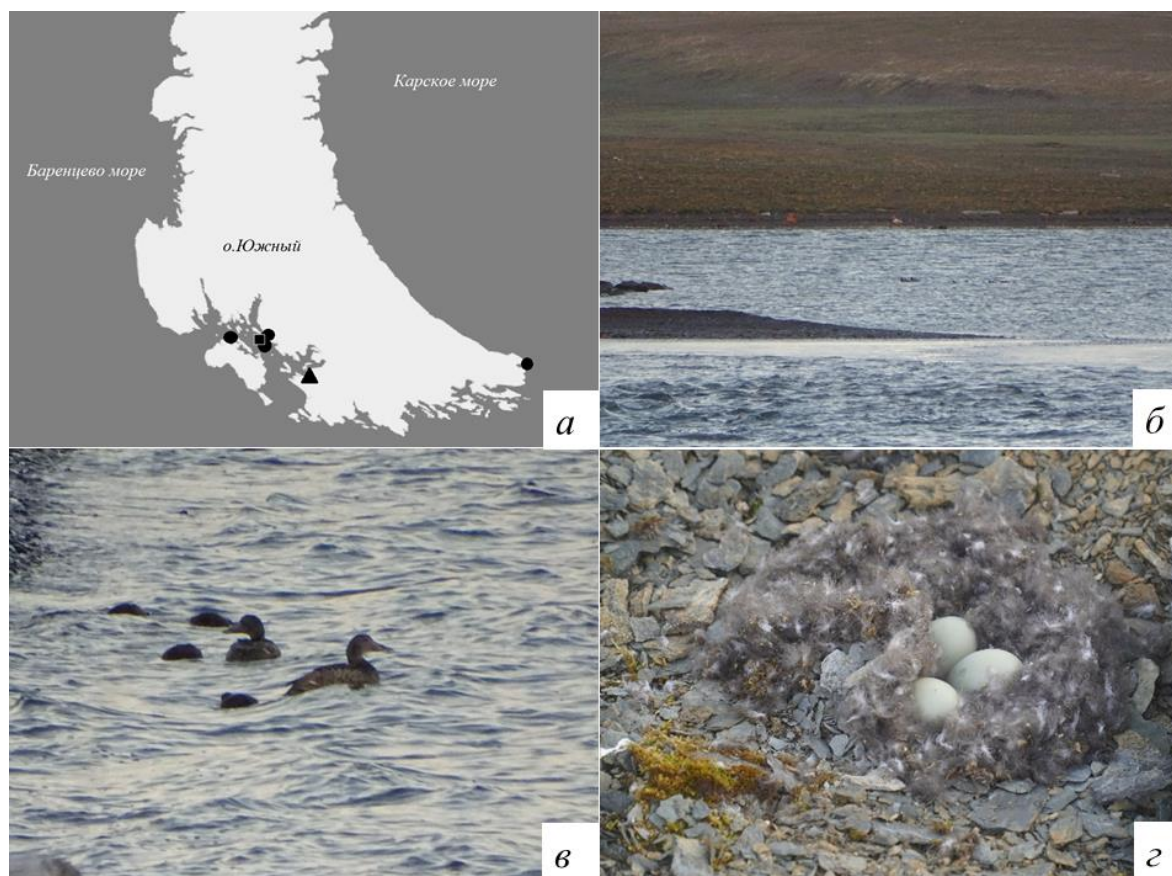


Рис. 10. Карта-схема мест встреч морянки (квадрат), обыкновенной гаги (круг) и гагигребенушки (треугольник) (а); озеро на побережье залива Валькова, на котором держались обыкновенные гаги (б); самки обыкновенной гаги с птенцами (озеро) (в); гнездо обыкновенной гаги с кладкой (о. Логинова, фото М. Басова) (г)

Полярная крачка – обычный гнездящийся вид архипелага. Нами отмечена 31.07.2022 на побережье залива Утиный (4 особи) и 05.08.22 в заливе Басова (10 особей).

Краснозобый конек отмечен ранее на Южном острове архипелага (Калякин, 1993). Нами однажды (одна особь) в устье реки Нехватовой 30.07.2022.

Белая трясогузка. Отмечены 4 особи: одна птица кормилась на литорали в устье реки Нехватовой 30.07.2022; одну особь этого вида отметили на побережье залива Утиный (Баренцево море) 31.07.2022 в тундровом местобитании; двух птиц наблюдали в заброшенном пос. Лагерный (побережье пролива Маточкин Шар).

Лапландский подорожник периодически гнездящийся на архипелаге вид (Калякин, 1999). Нами отмечен на побережье в устье реки Нехватовой 30.07.2022 и залива Утиный 31.07.2022 (по одной особи).

Пуночка. Обычный гнездящийся вид архипелага, в гнездовой период тяготеет к скалам, каменистым осыпям, постройкам, захлавленным участкам и другим укрытиям от дождя и ветра (Калякин, 1999). Пуночка – вид воробьиных птиц, который чаще всего встречался нами на Южном острове. Так, 30.07.2022 в устье реки Нехватовой в заброшенной избе обнаружено гнездо пуночки с кладкой из 6 яиц (рис. 13а). Здесь же держались две пары взрослых птиц. Пуночки были отмечены в заброшенном пос. Лагерный пролив Маточкин Шар (2 пары) 07.08.2022. Наибольшая плотность пуночки отмечена на пляже залива Утиный, где сформированы завалы выброшенного морем плавника (рис. 13б). Здесь 31.07.2022 отмечено около 40 пуночек, в том числе 8 пар взрослых птиц и слётки разного возраста, которые активно выпрашивали корм, периодически скрываясь под плавником (рис. 13в).



Рис. 11. Скала – место гнездования зимняка (а); птенец в гнезде на скальном выступе (б); взрослый зимняк в районе гнезда (фото В. Новикова) (в); многолетнее гнездо зимняка с двумя птенцами на приморской тундре (о. Тимофеева, фото Н.В.Андреевой) (г)

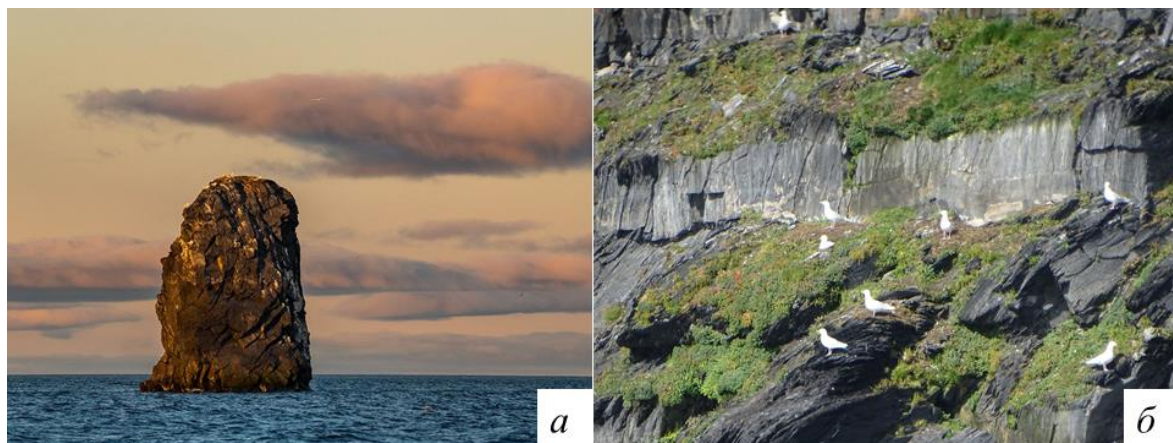


Рис. 12. Бургомистры: колония на скальном острове (фото В. Новикова) (а); колония на скальном побережье (б)

Копытный лемминг встречен практически повсеместно в сухих местообитаниях арктической прибрежной тундры. Отмечали отдельных особей, многочисленные норы, старый гнездовой материал.

Песец. Найдены норы, зарегистрированы молодые щенки (3 особи) 29.07.2022 у норы на побережье залива Валькова, а также одиночные особи 05.08.2022 в районе фактории Литке.



Рис. 13. Гнездо пуночки с кладкой из 6 яиц в заброшенной избе (а); пляж с плавником, где держалась стайка пуночек (б), молодая пуночка (в)

Белый медведь (карско-баренцевоморская популяция) – редкий, охраняемый вид. Внесен в КК АрхО (2020) – категория 3 (редкий вид); в КК РФ (2021) – категория 4, (неопределённый по статусу для карско-баренцевоморской популяции), уязвимый; в Красном списке МСОП (IUCN, 2025) – VU; I приоритет природоохранных мер. Распределение встреченных медведей показано в таблице 1. Всего отмечены 10 медведей и два случая регистрации следов (суммарно 4 особи) в местах высадки, где визуально медведей не наблюдали (рис. 14а). Медведи встречались преимущественно на побережье Карского моря. Отмечен одиночный медведь, пересекающий пролив по ходу движения судна (рис. 13б). Наблюдали как одиночных медведей, так и взрослых с одним и двумя медвежатами. Все медведи были упитанные, визуально здоровые. Наблюдали, как самка при появлении лодки в заливе, до этого бродившая с двумя медвежатами на прибрежной горной террасе, стала их уводить в сторону пологого спуска к воде. Затем медведи вошли в воду и поплыли на другой берег пролива. Льды в местах встреч медведей отсутствовали. Вероятно, медведи кормились рыбой в устьях рек, еще нелетными молодыми и линными птицами, падалью, как это показано другими авторами (Платонов и др., 2015). Координаты встреч приведены в таблице.

Северный олень. Новоземельский подвид *Rangifer tarandus pearsoni* – эндемичный островной подвид, который внесен в КК АрхО (2020) (категория 2 – сокращающийся в численности вид), КК РФ (2021) (категория 5, восстанавливающийся подвид, находящаяся в состоянии, близком к угрожаемому), Красный список МСОП (IUCN, 2025) – VU; III приоритет природоохранных мер. Экскременты и сброшенные рога оленя встречали на южном острове на многих пунктах высадки. Отмечен крупный самец на побережье Карского моря, восточнее мыса Перовского 03.08.2022. Однако не ясно, действительно ли встреченная

особь относится к редкому подвиду, а не является представителем одичавшей домашней группировки, распространенной на южном острове. Последнее – более вероятно.

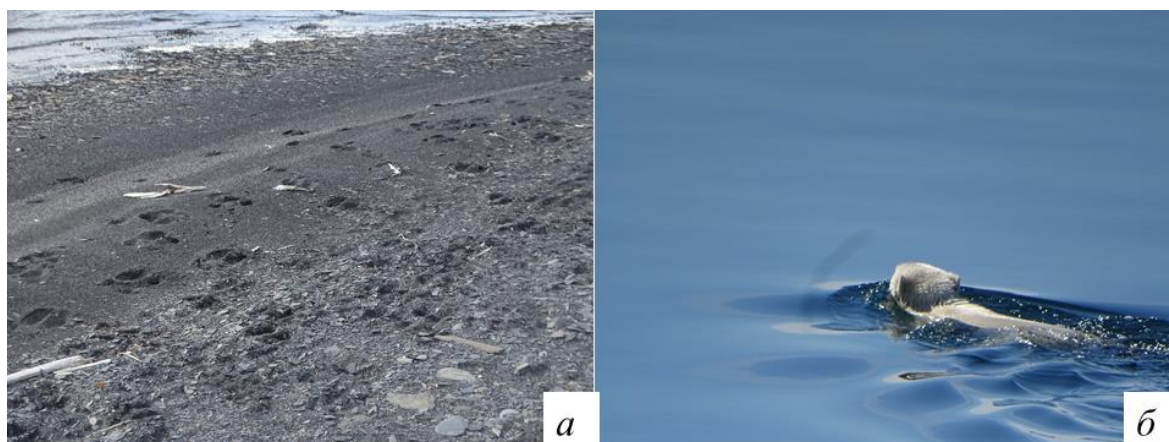


Рис. 14. Следы взрослого белого медведя и двух медвежат (побережье бухты Шуберта, Карское море, 05.08.2022) (а); белый медведь (губа Макарова, Баренцево море, 30.08.2022) (б)

Таблица

Наблюдения за белым медведем на Южном острове Новой Земли в июле-августе 2022 года

Дата	Географические координаты		Количество особей	Детали наблюдений
	Широта	Долгота		
30.07.2022	71,27372°	53,12816°	1	Одиночный взрослый медведь плыл мимо судна через залив губа Макарова
30.07.2022	71,25758°	53,39212°	2	Две взрослые особи на острове
03.08.2022	70,73787°	57,53259°	1	Взрослая особь
04.08.2022	71,61211°	55,68626°	2	Карское море, устье реки Савина, на берегу наблюдали 2 особи: крупный самец и медвежонок 2-3 года.
04.08.2022	72,47620°	55,60779°	1	Взрослый медведь держался у избы на берегу
05.08.2022	72,75874°	55,77885°	3	Взрослая особь и два медвежонка, спустились с горы к берегу, поплыли через пролив
05.08.2022	72,76065°	55,60411°	3	Следы взрослого медведя и двух медвежат на берегу бухты Шуберта
05.08.2022	72,76065°	55,60411°	1	Взрослый медведь бежал к берегу с горы, затем поплыл через пролив

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в период экспедиционных исследований на ледоколе «Илья Муромец» с 27.07.2022 по 10.08.2022 в открытой части Баренцева моря, прибрежных акваториях архипелага Новая Земля в Баренцевом и Карском морях, а также в наземных экосистемах во время семи высадок на о. Южный арх. Новая Земля. Зарегистрированы 46 видов, в том числе 39 видов птиц и 7 видов млекопитающих. Морские птицы и млекопитающие в открытой части Баренцева моря и проливе Маточкин Шар были представлены 22 видами (19 видов птиц и 3 вида морских млекопитающих), в том числе редких и охраняемых таких как орлан-белохвост,

белая чайка, белуха и морж. В наземных экосистемах Южного острова зарегистрирован 31 вид: 27 видов птиц и 4 вида млекопитающих, в том числе редких и охраняемых: пискулька; малый лебедь; морянка; белый медведь. Обнаружены два гнезда зимняка с птенцами, гнезда пуночки и обыкновенной с кладками. В наземных экосистемах среди птиц доминировали белошекая казарка и белолобый гусь. Отмечены крупные линные скопления гусей этих видов. Выявлена относительно крупное скопление поморников, в котором доминировал средний поморник, что может быть связано с их инвазией на архипелаг в связи с высокой плотностью лемминга. Отмечены многочисленные норы лемминга. Зарегистрирован залет турухтана, лебедя-шипуна и пискульки за пределы ареала. Белые медведи встречались преимущественно на восточном побережье Южного острова. Отмечены несколько самок с двумя медвежатами. Все медведи визуально были в хорошем состоянии.

Полученные нами новые данные позволяют уточнить статус пребывания, подтвердить присутствие некоторых редко регистрируемых видов на архипелаге Новая Земля, выявить залеты видов, распространенных южнее архипелага, получить новые представления о растянутости сроков размножения у обыкновенной гаги и пуночки, эффективности размножения отдельных видов.

Благодарности. Автор выражает признательность за содействие в полевых исследованиях и предоставленные фотоматериалы коллегам по экспедиции: Д. В. Моисееву, В. Новикову, Г. Пурихову, В. Костамо, М. Басову, Н.В. Андреевой и другим.

Работа выполнена в рамках госзадания ММБИ РАН, экспедиционные исследования выполнены в рамках проекта Комплексной экспедиции Минобороны России и Русского географического общества.

Список литературы

- Алейников А. А., Липка О. Н. Изменение оледенения Новой Земли по данным дистанционного зондирования // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2024. – Т. 10, № 4. – С. 464–491.
- Антипин В.М. Птичьи базары на северо-востоке Новой Земли // *Природа*. – 1953. – Т. 3. – С. 115–116.
- Антипин В.М. Фауна позвоночных Северо-Востока Новой Земли // *Проблемы Арктики*. – 1938. – Т. 2. – С. 153–171.
- Беликов С. Е., Болтунов А. Н. Белый медведь в районе архипелага Земля Франца-Иосифа: история и результаты исследований, проблемы охраны и пути их решения // *Труды Кольского научного центра РАН*. – 2014. – № 4 (23). – С. 263–288.
- Беликов С. Е. Белый медведь Российской Арктики. Наземные и морские экосистемы. – Москва–Санкт-Петербург: ООО «Паулсен», 2011. – С. 263–291.
- Бельчанский Г. И., Петросян В. Г., Гарнер Г. У., Дуглас Д. К. Изучение пространственно-временной динамики параметров местообитания белых медведей (*Ursus maritimus*) и характера использования ресурсов по данным космического мониторинга // *Успехи современной биологии*. – 1998. – Т. – 118. – № 2. – С. 227–240.
- Болдырев С. Л. Результаты судовых наблюдений птиц в западном секторе Российской Арктики в 2020–2021 годах // *Русский орнитологический журнал*. – 2022. – Т. 31, № 2244. – С. 4833–4842.
- Бутев В. Т. Зимовка птиц на севере Новой Земли // *Орнитология*. – 1959. – № 2. – С. 99–101.
- Гаврило М. В. Современный статус большого поморника *Catharacta skua* на северо-востоке Баренцева моря // *Русский орнитологический журнал*. – 2013. – Т. 22. – № 894. – С. 1779–1784.
- Глазов П. Д. Птицы // *Архипелаг Новая Земля. Острова и архипелаги Российской Арктики*. 2-е изд. М.: Паулсен, 2020. – С. 471–487.
- Горбунов Г. П. Материалы по фауне млекопитающих и птиц Новой Земли // *Труды Института по изучению Севера*. – 1929. – Т. 40, № 225. – С. 169–239.
- Калякин В. Н. Птицы Новоземельского региона и Земли Франца-Иосифа // *Фауна Урала и Сибири*. – 1999. – № 4. – С. 109–137.
- Калякин В. Н. Фауна птиц и млекопитающих Новоземельского региона // *Труды Морской арктической комплексной экспедиции под общей редакцией П.В. Боярского*. Выпуск III. Новая Земля. Том 2. Экспедиция под начальством П.В. БОЯРСКОГО на гидрографическом судне «ИВАН КИРПЕЕВ» 12 июля – 2 сентября 1992 г., М.: [б.и.]. – 1993. – С. 23–90.
- Калякин В. Н. К уточнению распространения некоторых видов гусеобразных в пределах Баренцевоморья и севера Западной Сибири // *Бюллетень рабочей группы по гусям Восточной Европы и Северной Азии*. – 1995. – Т. 1. – С. 150–157.

- Калякин В. Н. О пiskuльке (*Anser erythropus*) на Новой Земле // Казарка. – 1996. – № 2. – С. 135–136.
- Карандашева Т. К., Иванов Б. В., Демин В. И., Ревина А. Д., Ильюшенкова И. А., Анциферова А. Р. Современные тенденции изменения приземной температуры воздуха в регионе Баренцева и Карского морей // Российская Арктика. – 2024. – Т. 6, № 3. – С. 55–64.
- Красная книга Архангельской области. – Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – 2020. – 490 с.
- Красная книга Российской Федерации. Животные. 2-ое издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». – 2021. – 1128 с.
- Краснов Ю. В., Ежов А. В. Состояние популяций морских птиц и факторы, определяющие их развитие в Баренцевом море // Труды Кольского научного центра РАН. – 2020. – Т. 11, № 4-7. – С. 225–245.
- Матишов Г. Г., Дженюк С. Л., Моисеев Д. В. Климат и большие морские экосистемы Арктики // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87, № 2. – С. 110–120.
- Мизин И. А. Необычные залёты птиц на мыс Желания (Северный остров архипелага Новая Земля) // Русский орнитологический журнал. – 2020. – Т. 29, № 2003. – С. 5592–5595.
- Моисеев Д. В., Лебедева Н. В., Румянцева З. Ю., Водопьянова В. В., Павлова Л. В. Научный отчет комплексной экспедиции на ледоколе «Илья Муромец» в Баренцево и Карское моря 27 июля – 10 августа 2022 г. – Мурманск: Мурманский морской биологический институт РАН, 2023. – 60 с.
- Платонов Н. Г., Рожнов В. В., Ершов Р. В., Иванов Е. А., Кирилов А. Г., Котрехов И. А., Крюков Д. Р., Мизин И. А., Молодцов И. Ю., Молодцова Т. А., Мордвинцев И. Н., Найденко С. В., Перхуров Р. А., Покровская И. В., Пухова М. А. Встречаемость белого медведя на мысе Желания (архипелаг Новая Земля) в летний период 2011–2014 гг. // Морские млекопитающие Голарктики. – 2015. – Вып. 2. – С. 93–100.
- Покровская И. В. Орнитофауна полярных пустынь и её изменения на примере севера Новой Земли // Русский орнитологический журнал. – 2019. – Т. 28, № 1834. – С. 4830–4831.
- Покровская И. В., Тертицкий Г. М. Современное состояние промысловой авифауны Новой Земли // Труды Морской арктической комплексной экспедиции под общей редакцией П. В. Боярского. Выпуск III. Новая Земля. Том 2. Экспедиция под начальством П. В. БОЯРСКОГО на гидрографическом судне «ИВАН КИРЕЕВ» 12 июля – 2 сентября 1992 г. – М.: [б. и.], 1993. С. 91–97.
- Портенко Л. А. Производительные силы орнитофауны Новой Земли // Труды биогеохимической лаборатории АН СССР. – 1931. – Т. 2. – С. 3–52.
- Розенфельд С. Б., Спицын В. М. Результаты рекогносцировочных орнитологических наблюдений в рамках экспедиции «Арктический плавучий университет 2015» на НИС «Профессор Молчанов» // Русский орнитологический журнал. – 2017. – Т. 26, № 1443. – С. 1901–1909.
- Самоцкая В. В., Бушуев А. В. Орнитологические наблюдения на мысе Саханина острова Южный (архипелаг Новая Земля) в июле 2016 года // Русский орнитологический журнал. – 2017. – Т. 26. – № 1432. – С. 1537–1545.
- Спицын В. М., Андреев В. А., Потапов Г. С., Розенфельд С. Б. Современная экспансия и залёты южных видов на север Архангельской области // Второй Всероссийский орнитологический конгресс (г. Санкт-Петербург, Россия, 30 января – 4 февраля 2023 г.). Тезисы докладов. – 2023. – С. 314–315.
- Спицын В. М., Розенфельд С. Б., Когут Я. Е. Численность и распределение гусеобразных в окрестностях полярной станции Малые Кармакулы (Южный остров Новой Земли) летом 2015 г. // Казарка. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 28–43.
- Тертицкий Г. М., Покровская И. В. О фауне и населении птиц Новой Земли // Русский орнитологический журнал. – 2011. – Т. 20, № 688. – С. 1827–1836.
- Третьяков А. В., Глазов Д. М., Филипенко Г. Ю., Мизин И. А. Результаты регистрации морских млекопитающих в водах Баренцева моря и у архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа в августе-сентябре 2019 г. // Морские млекопитающие Голарктики: сборник научных трудов по материалам XI Международной конференции, онлайн, 01–05 марта 2021 г. – 2023. – С. 307–321.
- Трофимов А. Г., Ившин В. А. Климат Баренцева моря: рекордное потепление и современные тенденции // Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022. – 2022. – С. 110–113.
- Успенский С. М. Первая гнездовая встреча большого поморника на Новой Земле // Орнитология. – 2001. – Т. 29. – С. 309–310.
- Успенский С. М. Птичьи базары Новой Земли. – М.: Изд. АН СССР, 1956. – 179 с.
- Футоран П. А., Мизин И. А. Сведения о редких видах птиц северной оконечности Северного острова архипелага Новая Земля // Русский орнитологический журнал. – 2021. – Т. 30, № 2137. – С. 5372–5375.
- IUCN 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iucnredlist.org> (просмотрено: 05.01.2025).
- Prins T. C., First record of Redwing *Turdus iliacus* from Novaya Zemlya // *Ardea*. – 1994. – Vol. 82, N 2. – P. 271.
- Reeves R. R., Folkens P. A. Sea mammals of the world. – London: A. & C. Black, 2002. – 527 p.
- Spitsyn V. M., Kogut Y. E., Bolotov I. N. Life in the extreme environment: structure and species richness of bird assemblages on Yuzhny Island of Novaya Zemlya, Russia // *Ecologica Montenegrina*. – 2021. – Vol. 39. – P. 46–58.
- Spitsyn V. M., Glazov P. M., Anufriev V. V., Rozenfeld S. B. An updated annotated list of birds of the Novaya Zemlya archipelago // *Biharean Biologist*. – 2020. – Vol. 14, N 2. – P. 98–104.

Lebedeva N. V. The Fauna of Birds and Mammals of the Barents and Kara Seas, the South Island of Novaya Zemlya: An Expedition on the Icebreaker “Ilya Muromets” in July-August 2022 // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 90–105.

Observations of birds and mammals were conducted during an expedition on the icebreaker “Ilya Muromets” from July 27 to August 10, 2022 in the open waters of the Barents Sea, the coastal waters of the Novaya Zemlya archipelago in the Barents and Kara Seas, as well as in terrestrial ecosystems during seven landings on the South Island of the Novaya Zemlya archipelago. A total of 46 species were recorded, including 39 species of birds and 7 species of mammals. Based on these observations, the fauna in the studied part of the Barents Sea and the Matochkin Shar Strait during the expedition was represented by 22 species (19 species of birds and 3 species of marine mammals), including rare and protected species such as the ivory gull *Pagophila eburnea* (Phipps., 1774); beluga whale *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776); walrus *Odobenus rosmarus rosmarus* (L., 1758). In the terrestrial ecosystems of the South Island, 31 species of terrestrial vertebrates (27 bird species and 4 mammal species) were recorded, including rare and protected species such as lesser white-fronted goose *Anser erythropus* (Linnaeus, 1758); Bewick's swan *Cygnus bewickii* Yarrell, 1830; long-tailed duck *Clangula hyemalis* (Linnaeus, 1758); polar bear *Ursus maritimus* Phipps, 1774. Two nests of the rough-legged buzzard *Buteo lagopus* (Pontoppidan, 1763) with chicks, , as well as nests of the snow bunting *Plectrophenax nivalis* (Linnaeus, 1758) and the common eider *Somateria mollissima* (Linnaeus, 1758) with clutches were found. The barnacle goose *Branta leucopsis* (Bechstein, 1803) and the greater white-fronted goose *Anser albifrons* (Scopoli, 1769) were dominant among the birds in the terrestrial ecosystems. Large moulting aggregations of geese from these species were recorded. A relatively large aggregation of skuas was observed, predominantly consisting of the pomarine skua *Stercorarius pomarinus* (Temminck, 1815). This phenomenon may be attributed to the species' invasion into the archipelago due to the high density of the lemming *Dicrostonyx torquatus* Pallas, 1778. Numerous lemming burrows were recorded. Additionally, the migration of a mute swan *Cygnus olor* (J.F. Gmelin, 1789) outside its typical range was documented. Polar bears were encountered mainly along the east coast of the South Island. Several females with two cubs have been observed. All bears appeared to be visually in good condition.

Key words: birds, mammals, rare species, South Island of Novaya Zemlya, Barents Sea, Kara Sea.

Поступила в редакцию 08.01.25
Принята к печати 17.02.25

Распределение членистоногих в норе и гнезде береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) (Aves: Passeriformes) на Севере Нижнего Поволжья

Кондратьев Е. Н.¹, Сажнев А. С.^{2,3}, Аникин В. В.¹

¹ Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского
Саратов, Россия

eugene.n.kondratyev@gmail.com, anikinvasiliiv@mail.ru

² Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН
Борок, Россия

sazh@list.ru

³ Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича
Саранск, Россия

Исследования проводили на территории Саратовской области в Хвалынском районе с 2020 по 2023 год. В 2020–2022 применяли ручной сбор членистоногих в норе, помимо которого в 2023 году использовали метод ловчих цилиндров. Последним методом было обследовано три колонии береговой ласточки (*Riparia riparia*) в селах Демкино и Апалиха, и в деревне Кулатка. Гнездовой материал извлекали из нор при их раскапывании, помещали в индивидуальный zip-пакет с этикеткой для транспортировки и установки на термофотоэксектор. В результате проведенных исследований в трех колониях береговой ласточки было выявлено 4873 экз. членистоногих, относящихся к 21 отряду. Из гнезд было собрано 3799 экз., из нор (ловчие цилиндры) – 1074 экз. В разные года в гнездах и в норе доминировали различные отряды членистоногих. Так в гнездах в 2020 и 2021 годах преобладал отряд Coleoptera, в 2022 и 2023 – отряд Mesostigmata, в то время как в норе доминирующей группой были представители Diptera, а отряды Coleoptera и Mesostigmata выступали в роли субдоминанта и рецедента соответственно. Расчет индекса биотопической приуроченности показал, что гнездо и нора имеют свой характерный комплекс членистоногих, в гнезде это Mesostigmata, Sarcophagiformes, Poduromorpha, Entomobryomorpha, Thysanoptera, Coleoptera, Siphonaptera в норе – Opiliones, Trombidiformes, Araneae, Hemiptera, Hymenoptera, Diptera. Было установлено, что в норе доминируют свободноживущие виды (представители семейств Phoridae, Muscidae и Drosophilidae), которые не связаны ни с гнездом, ни с хозяином гнезда, доля таких видов по численности составляет 80 %. Состав доминантных группировок в гнезде на исследуемых участках состоит из трех видов (*Androlaelaps casalis*, *Tetramorium* sp. и *Haploglossa nidicola*), которые преобладают в большинстве колоний. Группы, доминирующие в норе, входили в состав рецедентов и/или субрецедентов в гнезде или вообще отсутствовали, что может указывать на буферную роль норы, которая служит преградой для передвижения летающих насекомых. За счет обособленности нидикольных сообществ с наличием эудоминантов общее обилие видов и альфа-разнообразие членистоногих в гнездах и норах ласточек имеет весьма низкие показатели.

Ключевые слова: нидиколы, береговая ласточка, птицы, консорция, Саратовская область.

ВВЕДЕНИЕ

Гнезда птиц представляют собой микробиоценозы, в которых складываются условия, отличающиеся от внешней среды (Deeming, Reynolds, 2015) и пригодных для обитания представителей Acariformes, Parasitiformes, Heteroptera, Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Siphonaptera и других (Hicks, 1959, 1962, 1971; Нельзина, 1971, 1977; Сажнев, Кондратьев, 2019, 2020; Кондратьев и др., 2021; Аникин, Кондратьев, 2022). Специфичность гнездовой фауны, ее дифференциация по топическим и трофическим связям с хозяином гнезда позволяют рассматривать гнездо как консорцию (Раменский, 1952; Песенко, 1982), где членистоногие, выступают в качестве консортов, которые концентрируются вокруг гнезда и его хозяина – «ядра консорции», или её детерминанта (источника трофических и топических ресурсов). В отличие от классического определения консорции (Мазинг, 1966; Работнов, 1969) в гнездах нет автотрофного продуцента, поэтому их рассматривают как гетеротрофные консорции (Василевич, 1983; Кривохатский, 1989).

По расположению в пространстве гнездо береговой ласточки *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) представляет собой субтерральный (норы в обрывах) сложный многолетний нидоценоз (Сажнев, Матюхин, 2020), в котором системообразующими типами консортивных связей выступают трофические, топические (субстратно-стациальные) и фензивные (Kondratev et al., 2023), поэтому для норных сообществ характерно наличие как облигатных и/или факультативных нидиколов, так и «случайных» видов, которые используют норы опосредованно, например, для укрытия.

Большинство работ по членистоногим из гнезд ласточек-береговушек (Nordberg, 1936; Hicks, 1959, 1962, 1971; Нельзина, 1971, 1977; Křišťofik et al., 1994; Сажнев, Кондратьев, 2019, 2020; Корнеев и др., 2020; Кондратьев и др., 2021; Аникин, Кондратьев, 2022), посвящены фауне гнезд. Сравнение сообществ членистоногих в норе и в гнезде птиц не проводилось.

Цель данной работы – изучить комплексы членистоногих из гнезд и нор береговой ласточки на территории Саратовской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на территории Саратовской области в Хвалынском районе с 2020 по 2023 год. В 2020–2022 годах проводили ручной сбор членистоногих в норе (рис. 1., табл. 1). Помимо ручного сбора применяли метод ловчих цилиндров (Голуб и др., 2021). Данным методом было обследовано 24 норы в трех колониях (села Демкино и Апалиха, деревня Кулатка) береговой ласточки. В качестве ловчих цилиндров использовали пластиковые емкости объемом 50 мл. Фиксатором был раствор 70 % этилового спирта. Цилиндры устанавливали в норы на расстоянии 5 см от входа. Верхний срез цилиндра размещали наравне с поверхностью почвы в норе. Экспонирование ловушек длилось с 28 июня по 7 июля 2023 года.

Гнездовой материал извлекали из нор при их раскапывании, помещали в индивидуальный zip-пакет с этикеткой, для дальнейшей транспортировки и камеральной обработки. Членистоногих собирали с помощью термофотоэклатора в течении двух-трех часов (Голуб и др., 2021). После обработки в термофотоэклаторе гнездовой материал



Рис. 1. Пункты сбора материала в Хвалынском районе Саратовской области
1 – песчаный карьер в окрестностях села Демкино, 2 – песчаный карьер в окрестностях села Апалиха,
3 – заброшенный песчаный карьер в окрестностях деревни Кулатка.

Таблица 1

Места сбора материала

Дата	Локалитет	Широта	Долгота
25.06.2020; 30.07.2020; 08.07.2021; 04.11.2021; 28.06.2022; 04.11.2022; 07.07.2023	Хвалынский р-н, окрестности села Демкино, песчаный карьер	52.267003	47.796580
08.07.2021; 04.11.2021; 28.06.2022; 04.11.2022; 29.06.2023	Хвалынский р-н, окрестности села Апалиха, песчаный карьер	52.317167	47.678037
28.06.2023; 07.07.2023	Хвалынский р-н, окрестности деревни Кулатка, заброшенный песчаный карьер	52.618220	47.787902

дополнительно разбирали вручную на наличие членистоногих, не прошедших через сито. Затем содержимое пробы переносили в чашку Петри и предварительно дифференцировали на отряды и таксоны высокого ранга под стереоскопическим микроскопом МБС-10.

Индекс биотопической приуроченности рассчитывали по формуле (Песенко, 1982):

$$\text{ИБП} = \frac{n_{ij} \times N - n_i \times N_j}{n_{ij} \times N + n_i \times N_j - 2n_{ij} \times N_j}$$

где ИБП – индекс биотопической приуроченности; n_{ij} – число особей i -го вида в j -ой выборке объемом N_j ; n_i – число особей этого вида во всех сборах общим объемом N .

Индекс видового разнообразия Шеннона рассчитывался по формуле (Southwood, Henderson, 2000):

$$H_N = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln p_i$$

где H_N – индекс Шеннона (по численности); S – видовое богатство; p_i – доля i -го вида в сообществе.

Индекс Реньи ($\exp(H_\alpha)$) рассчитывался по формуле (Tothmeresz, 1995):

$$\exp(H_\alpha) = \exp\left(\frac{1}{1-\alpha} \ln \sum_{i=1}^S p_i^\alpha\right)$$

где $\exp(H_\alpha)$ – индекс Реньи; S – видовое богатство; p_i – доля i -го вида в сообществе.

Статистическая обработка проводилась с помощью MS Office Excel и PAST 4.17.

При идентификации материала использовали следующие источники: определение клещей (Брегетова, 1956; Гиляров, 1975, 1977, 1978; Krantz, Walter, 2009; Mařán et al., 2016), трипсов (Бей-Биенко, 1964), двукрылых (Бей-Биенко, 1969, 1970; Нарчук, 2003) и блох (Бей-Биенко, 1970) было проведено первым автором по стандартным методикам; определение жуков проводили преимущественно по Die Käfer Europas (Lompe, 2023), оно выполнено А.С. Сажневым (Борок), определение чешуекрылых проведено В.В. Аникиным (Саратов) по современным ключам (Slamka, 2013, 2019; Gaedike, 2015, 2019; Аникин и др., 2016; Anikin et al., 2017) с изготовлением препаратов гениталий для микрочешуекрылых по стандартной методике (Robinson, 1976).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований в трех колониях береговой ласточки было выявлено 4873 экз. членистоногих, относящихся к 21 отрядам (табл. 2).

Из гнезд было собрано 3799 экз., из ловчих цилиндров 1074 экз. Из них в гнездах в заброшенной колонии деревни Кулатка членистоногих не обнаружено, в селе Апалиха собрано 28 таксонов (1730 экз.), в селе Демкино 47 таксонов (2176 экз.).

Из нор в цилиндры в деревни Кулатка собрано 18 таксонов (37 экз.), в селе Апалиха 47 таксонов (335 экз.), а в селе Демкино 28 таксонов (700 экз.).

Количество собранных экземпляров и таксонов из гнезд по годам представлено на рисунке 1.

Таблица 2

Состав членистоногих в гнезде и норе береговой ласточки *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)

Таксон	ЖС	Н	Гн	Σ	%
1	2	3	4	5	6
Arachnida					
Opiliones					
Opiliones	imago	5	-	5	0,10
Pseudoscorpiones					
Dactylochelifera	imago	1	-	1	0,02
Ixodida					
<i>Ixodes lividus</i> Koch, 1844	imago/ larvae	1	21	22	0,45
Mesostigmata					
<i>Nenteria</i> sp.	imago	-	1	1	0,02
<i>Pergamasellus delicatus</i> Evans, 1957	imago	-	3	3	0,06
<i>Rhodacarellus</i> sp.	imago	-	1	1	0,02
<i>Ameroseius delicatus</i> Berlese, 1918	imago	-	5	5	0,10
<i>Melichares</i> sp.	imago	-	12	12	0,25
<i>Eulaelaps stabularis</i> (C.L.Koch, 1836)	imago	-	4	4	0,08
<i>Androlaelaps casalis</i> (Berlese, 1887)	imago	29	1483	1512	31,03
<i>Hypoaspis heselhausi</i> Oudemans, 1912	imago	-	2	2	0,04
<i>Gaeolaelaps aculeifer</i> (Canestrini, 1884)	imago	-	4	4	0,08
<i>G. expolitus</i> (Berlese, 1904)	imago	-	1	1	0,02
<i>Euandrolaelaps karawaiewi</i> (Berlese, 1904)	imago	-	1	1	0,02
<i>Stratiolaelaps miles</i> (Berlese, 1892)	imago	-	31	31	0,64
Laelaptidae sp.	larvae	-	9	9	0,18
Laelaptidae sp.	protonymphs	1	35	36	0,74
Laelaptidae sp.	deutonymphs	1	158	159	3,26
Trombidiformes					
<i>Anystis</i> sp.	imago	1	-	1	0,02
<i>Sphaerolichus</i> sp.	imago	-	2	2	0,04
Parasitengona	imago	-	1	1	0,02
Caeculidae	imago	-	1	1	0,02
Sarcoptiformes					
Oribatida	imago	-	3	3	0,06
<i>Acarus siro</i> Linnaeus, 1758	imago	-	21	21	0,43
Araneae					
Araneae	imago	8	6	14	0,29

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
Chilopoda					
Lithobiomorpha					
<i>Lithobius crassipes</i> L.Koch, 1862	imago	-	1	1	0,02
Diplopoda					
Julida					
<i>Julus terrestris</i> Linnaeus, 1758	imago	1	1	2	0,04
Collembola					
Poduromorpha					
<i>Mesaphorura yosii</i> (Rusek, 1967)	imago	-	27	27	0,55
<i>Hemisotoma thermophila</i> (Axelson, 1900)	imago	1	22	23	0,47
<i>Proisotoma minuta</i> (Tullberg, 1871)	imago	-	186	186	3,82
Entomobryomorpha					
<i>Tomocerus vulgaris</i> (Tullberg, 1871)	imago	-	1	1	0,02
<i>Entomobrya</i> sp.	imago	3	-	3	0,06
<i>Pseudosinella sexoculata</i> Schött, 1902	imago	-	87	87	1,79
Insecta					
Orthoptera					
<i>Melanogryllus desertus</i> (Pallas, 1771)	imago	1	-	1	0,02
Psocoptera					
<i>Liposcelis divinatorius</i> (Müller, 1776)	imago	-	2	2	0,04
Thysanoptera					
Thysanoptera	second instar larvae	-	1	1	0,02
<i>Haplothrips tritici</i> (Kurdjumov, 1912)	imago	-	4	4	0,08
Hemiptera					
Hemiptera	larvae	-	3	3	0,06
Cicadellidae	imago	31	-	31	0,65
<i>Aphis</i> sp.	imago	14	-	14	0,31
<i>Emblethis</i> sp.	imago	1	-	1	0,02
<i>Oeciacus hirundinis</i> Lamarck, 1816	imago	-	6	6	0,12
<i>Brachycarenum tigrinus</i> (Schilling, 1829)	imago	2	-	2	0,04
<i>Heterogaster artemisiae</i> Schilling, 1829	imago	2	-	2	0,04
<i>Stictopleurus crassicornis</i> (Linnaeus, 1758)	imago	1	-	1	0,02
<i>Corizus hyoscyami</i> (Linnaeus, 1758)	imago	3	-	3	0,06
Hymenoptera					
Platygastroidea	imago	1	-	1	0,02
Braconidae	imago	5	-	5	0,10
Sapygidae	imago	4	-	4	0,08
Proctotrupidae	imago	5	-	5	0,10
Megaspilidae	imago	3	-	3	0,06
Vespidae	imago	18	-	18	0,37
Ichneumonidae	imago	3	-	3	0,06
<i>Tetramorium</i> sp.	imago	113	37	150	3,08
<i>Formica</i> cf. <i>rufa</i> Linnaeus, 1761	imago	5	-	5	0,10
Coleoptera					
Carabidae	larvae	-	6	6	0,12
<i>Haploglossa nidicola</i> (Fairmaire, 1852)	imago / larvae	164	1397	1561	31,86
<i>Lordithon lunulatus</i> (Linnaeus, 1761)	imago	1	-	1	0,02
<i>Amischa analis</i> (Gravenhorst, 1802)	imago	1	-	1	0,02

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
<i>Saprinus rugifer</i> (Paykull, 1809)	imago	2	14	16	0,35
<i>Euspilotus perrisi</i> (Marseul, 1872)	imago	12	-	12	0,25
<i>Pleurophorus caesus</i> (Creutzer, 1796)	imago	-	1	1	0,02
Scarabaeidae	imago	-	4	4	0,08
<i>Cetonia aurata</i> (Linnaeus, 1761)	imago	2	-	2	0,04
<i>Agrilus hyperici</i> (Creutzer, 1799)	imago	-	1	1	0,02
<i>Anthrenus flavidus</i> Solsky, 1876	imago	1	-	1	0,02
<i>Attagenus</i> sp.	larvae	-	2	2	0,04
Elateridae	larvae	-	2	2	0,04
<i>Agriotes ustulatus</i> (Schaller, 1783)	imago	1	-	1	0,02
<i>Lampyrus noctiluca</i> (Linnaeus, 1767)	imago	-	1	1	0,02
<i>Xyleborinus saxeseni</i> (Ratzeburg, 1837)	imago	1	1	1	0,04
<i>Anthicus flavipes</i> (Panzer, 1797)	imago	-	1	1	0,02
<i>Corticaria</i> sp.	imago	-	1	1	0,02
<i>Lagria</i> sp.	larvae	-	1	1	0,02
Chrysomelidae	larvae	-	5	5	0,10
<i>Chaetocnema hortensis</i> (Geoffroy, 1785)	imago	-	1	1	0,02
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	imago	1	-	1	0,02
<i>Spermophagus sericeus</i> (Geoffroy, 1785)	imago	1	-	1	0,02
<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	imago	1	-	1	0,02
<i>Blaps lethifera</i> Marsham, 1802	imago	1	-	1	0,02
<i>Ceutorhynchus gallorhenanus</i> F.Solari, 1949	imago	1	-	1	0,02
<i>Anaspis</i> sp.	imago	1	-	1	0,02
Lepidoptera					
<i>Infurcitinea rumelicella</i> (Rebel, 1903)	larvae	1	33	34	0,70
<i>Niditinea fuscella</i> (Linnaeus, 1758)	imago	1	-	1	0,02
<i>Wegneria panchalcella</i> (Staudinger, 1871)	imago	1	-	1	0,02
<i>Monopis spilotella</i> (Tengstrom, 1848)	imago	1	-	1	0,02
<i>Caloptilia fidella</i> (Reutti, 1853)	imago	-	1	1	0,02
<i>Loxostege sticticalis</i> [Hubner, 1825]	imago	-	2	2	0,04
<i>Polypogon tentacularia</i> (Linnaeus, 1758)	imago	1	-	1	0,02
<i>Rhyacia simulans</i> (Hufnagel, 1766)	imago	-	1	1	0,02
<i>Spaelotis ravida</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	imago	2	-	2	0,04
<i>Caradrina kadenii</i> (Freyer, 1836)	imago	1	-	1	0,02
<i>Casignetella eltonica</i> Anikin, 2005	imago	-	2	2	0,04
Diptera					
Bombyliidae	imago	7	-	7	0,14
Phoridae	imago	158	-	158	3,24
Tachinidae	imago	9	-	9	0,17
Sciaridae	imago	19	-	19	0,39
Drosophilidae	imago	101	-	101	2,06
Lonchopteridae	imago	1	-	1	0,02
Sarcophagidae	larvae	3	-	3	0,06
Muscidae	imago	193	-	293	6,02
Scenopinidae	imago	3	-	3	0,06
Syrphidae	imago	3	-	3	0,06
Stratiomyidae	imago	1	-	1	0,02

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6
Chironomidae	imago	2	-	2	0,04
Culicidae	imago	1	-	1	0,02
Platypalpus	imago	1	-	1	0,02
Dolichopodidae	imago	6	-	6	0,12
<i>Ceratopogon</i> sp.	larvae	-	39	39	0,80
Empididae	larvae	-	1	1	0,02
<i>Crossopalpus</i> sp.	imago	-	2	2	0,04
Siphonaptera					
<i>Ceratophyllus styx</i> Rothschild, 1900	imago	3	107	110	2,25
Всего:		1074	3799	4873	100

Примечание к таблице. ЖС – стадия жизненного цикла, Н – число экз. собранных в норе, Гн – число экз. обнаруженных в гнезде.

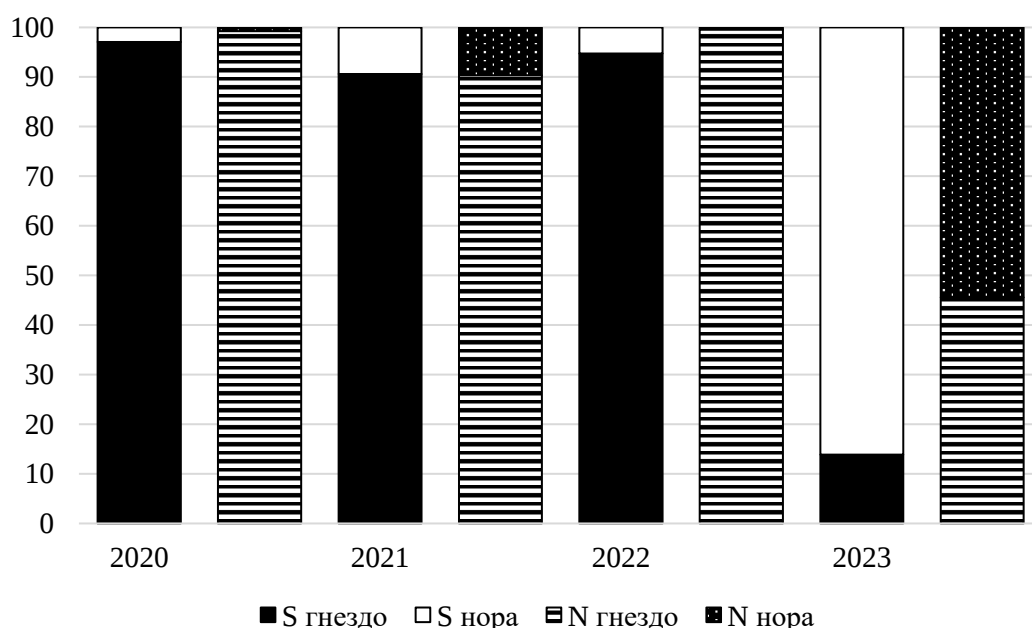


Рис. 1. Количество таксонов и экземпляров, собранных в гнездах по годам (в %):
S – число таксонов, N – число экземпляров

В разные годы различные отряды доминировали в гнездах и в норе (рис. 2а). Так в гнездах в 2020 и 2021 годах доминировали представители отряда Coleoptera (в 2020 – 49,63 %, в 2021 – 48,86 %). В 2022 и 2023 это были клещи из отряда Mesostigmata (в 2022 – 60,6 %, в 2023 – 86,4 %), в то время как в норе доминирующей группой были представители Diptera (47,95 %), Coleoptera (16,88 %) являлись субдоминантами, а Mesostigmata (2,89 %) рецедентами (рис. 2б).

В колонии, расположенной в селе Апалиха доминировали гамазовые клещи (69,41 %), на втором месте были жуки (20,43 %). В селе Демкино доминирующей группой были жуки (52,31 %), в то время как на втором месте были гамазиды (26,69 %) (рис. 3а). В значительной мере были представлены в Апалихе – клопы (1,97 %), в Демкино – блохи (5,1 %) и коллемболы (10,74 %). В гнездах, собранных в колонии в деревне Кулатка членистоногих найдено не было.

В норе в колониях в селе Демкино и деревне Кулатка доминировали двукрылые (в Демкино 73,51 %, в Кулатке 43,24 %) (рис. 3б), в Кулатке также доминировали перепончатокрылые (24,32 %). В Апалихе, наоборот, доминировали жуки (37,91 %).

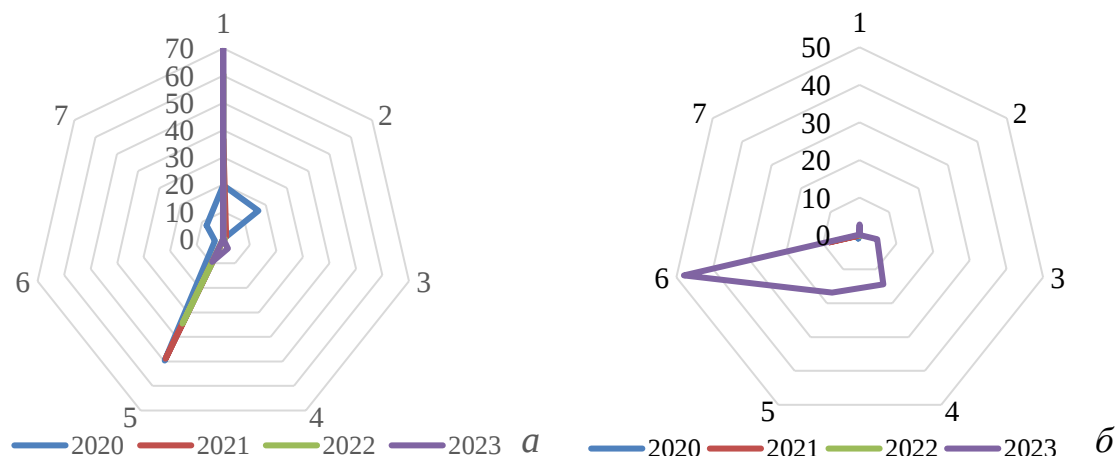


Рис. 2. Распределение доминирующих групп членистоногих по годам: в гнезде (а) и норе (б)
1 – Mesostigmata, 2 – Poduromorpha, 3 – Hemiptera, 4 – Hymenoptera, 5 – Coleoptera, 6 – Diptera, 7 – Siphonaptera.

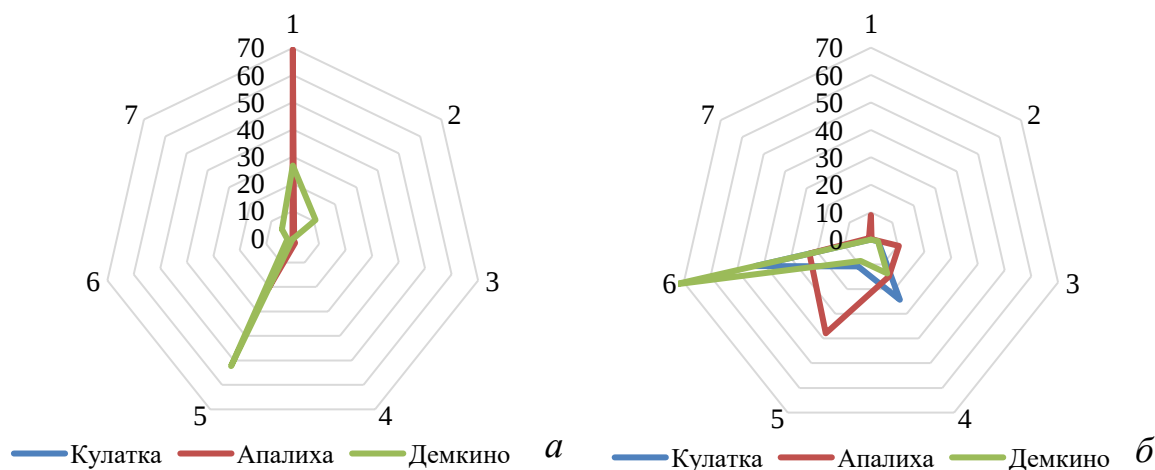


Рис. 3. Распределение доминирующих групп членистоногих по колониям в гнезде (а) и норе (б)
1 – Mesostigmata, 2 – Poduromorpha, 3 – Hemiptera, 4 – Hymenoptera, 5 – Coleoptera, 6 – Diptera, 7 – Siphonaptera.

Расчет индекса биотопической приуроченности (для которого выраженную степень приуроченности считали $> \pm 0,5$) показал (исключены отряды, представленные менее 5 экз.), что гнездо и нора имеют свой характерный комплекс доминантных групп, в гнезде это Mesostigmata, Sarcophagidae, Poduromorpha, Entomobryomorpha, Thysanoptera, Coleoptera и Siphonaptera; в норе – Opiliones, Trombidiformes, Araneae, Hemiptera, Hymenoptera и Diptera (рис. 4). В первом случае комплекс состоит из нидикольной и почвенной фауны, во втором это свободноживущая фауна, которая активно передвигается.

Было установлено, что в норе доминируют свободноживущие виды, которые не связаны ни с гнездом, ни с хозяином гнезда, доля таких видов по численности составляет 80 % в норе. Состав доминантных группировок в гнезде на исследуемых участках состоит из трех видов (*Androlaelaps casalis* (Berlese, 1887), *Tetramorium* sp. и *Haploglossa nidicola* (Fairmaire, 1852)), которые преобладают в большинстве колоний. Представители семейств Phoridae, Muscidae и Drosophilidae доминируют в норе. Группы, доминирующие в норе, входили в состав рецедентов и/или субрецедентов в гнезде или вообще отсутствовали, что указывает на то, что

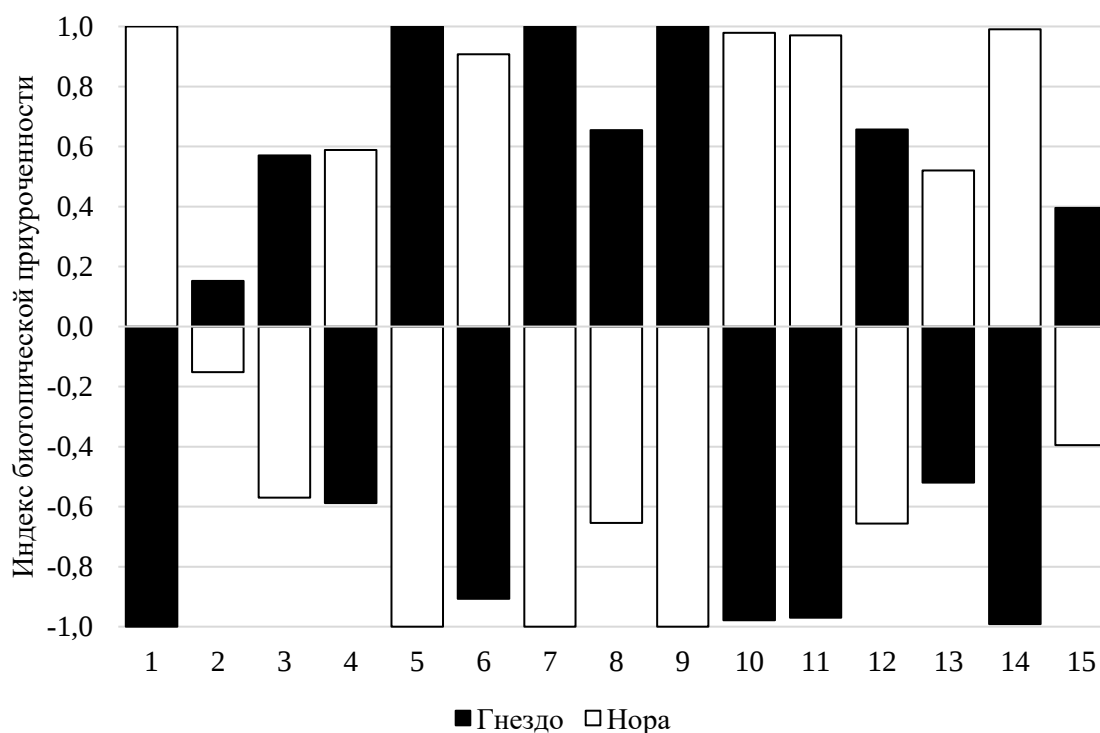


Рис. 4. Соотношение таксонов в гнезде и в норе по индексу биотопической приуроченности 1 – Opiliones, 2 – Ixodida, 3 – Mesostigmata, 4 – Trombidiformes, 5 – Sarcoptiformes, 6 – Araneae, 7 – Poduromorpha, 8 – Entomobryomorpha, 9 – Thysanoptera, 10 – Hemiptera, 11 – Hymenoptera, 12 – Coleoptera, 13 – Lepidoptera, 14 – Diptera, 15 – Siphonaptera.

наличие расстояния между входом норы и гнездом отрицательно влияет на возможность перемещения насекомых, что подтверждается и экспериментальными данными (Tomás et al., 2020).

Несмотря на существенную разницу в количестве экземпляров ($N = 974$ и 3809 экз. в норах и гнездах соответственно) в генерализованных выборках из нор и гнезд ласточек, статистически значимых различий между ними не обнаружено (t -критерий Стьюдента = $1,374$; $p = 0,1706$) в виду довольно высокой степени участия в исследуемых сообществах единично отмеченных и случайных видов членистоногих лабильного комплекса и слабой выравненности сообществ.

Индексы разнообразия по численности также не высоки, например, индекс Шеннона для сообществ членистоногих нор равен $H_N = 2,639$ экз./бит против $H_N = 1,770$ экз./бит – для гнезд. Низкое значение индекса Шеннона в гнезде связано с высоким доминированием двух видов: *Haploglossa nidicola* – в целом $31,86\%$ и *Androlaelaps casalis* – $31,03\%$, в отличие от норы где доли видов распределены равномернее.

Оценку согласованной встречаемости видов в изученных сообществах жесткокрылых проводили по индексу Брея-Кёртиса и визуализировали методом сетевой диаграммы (круговой тип) ассоциированности видов (рис. 5), где точками (узлы) обозначены виды сообществ, а гранями – связи между ними (порог сходства 90%). Величина узлов пропорциональна количеству связей, а толщина линий – величине сходства.

В результате внутри сообществ было выделено 2 кластера: первый образовали виды приуроченные к гнездово-норовым комплексам, это хищный нидикол *Haploglossa nidicola*, а также паразитирующие на ключевом виде (береговой ласточке) *Ixodes lividus* и *Androlaelaps casalis*; вторую пару ассоциированных видов составили факультативный клептобионт

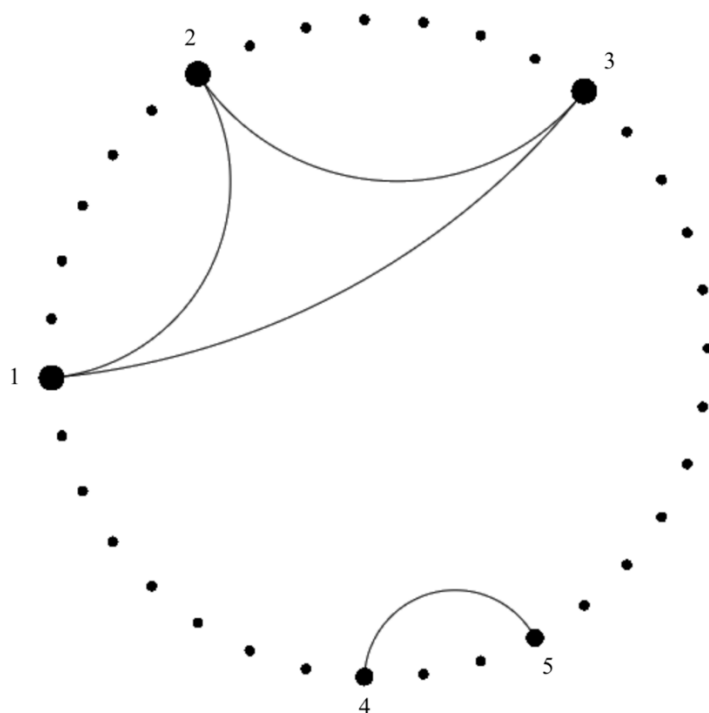


Рис. 5. Сетевая диаграмма ассоциированности видов исследованных сообществ жесткокрылых нор и гнезд береговой ласточки

Точками обозначены виды сообществ, наиболее связанные из них (порог сходства 90 %) обозначены цифрами: 1 – *Haploglossa nidicola*; 2 – *Androlaelaps casalis*; 3 – *Ixodes lividus*; 4 – *Solenopsis fugax*; 5 – *Pseudosinella sexoculata*.

Solenopsis fugax и детритофаг *Pseudosinella sexoculata*, который, вероятно, связан с норами в виду их микроклиматических условий и наличия разлагающихся органических веществ.

За счет наличия эудоминантов и в целом обособленности нидикольных сообществ общее обилие видов и альфа-разнообразие членистоногих в гнездах и норах ласточек имеет весьма низкие показатели, что отражено на графиках доминирования-разнообразия (рис. 6), на которых степень крутизны падения кривых сопоставима с уменьшением общего разнообразия и усилением доминирования одного или нескольких видов.

Чтобы избежать произвольного выбора индекса разнообразия при сравнении сообществ членистоногих нор и гнезд для каждого мы использовали профили разнообразия (рис. 6), позволяющие сравнить одновременно несколько индексов единой группы, зависящие от одного непрерывного параметра (Tothmeresz, 1995). Для этого применили экспоненциальную функцию индекса Реньи – $\exp(H_\alpha)$, которая зависит от параметра α (при $\alpha=0$ функция дает общее число видов в сообществах, при $\alpha=1$ – индекс, пропорциональный индексу Шеннона, а при $\alpha=2$ – индекс, аналогичный индексу Симпсона). Если профили двух сообществ пересекаются, то диверсификации несопоставимы. Используя анализ разрежения (кривая накопления видов) оценили выявленное и потенциально возможное разнообразие сообществ беспозвоночных сравниваемых участков норово-гнездовых комплексов (рис. 7). Стоит отметить, что генерализованные данные показывают, что выборочные усилия при сборе материала были недостаточны (в первую очередь за счет неравноценного применения ловчих цилиндров при сборе материала в норах). Изученность сообществ гнезд выше – график приближается к асимпте, что говорит о том, что выявленное видовое богатство может быть увеличено, однако, близко к прогнозируемому. Потенциальное число видов, полученное путем случайных перестановок выборок (bootstrapping), находится в пределах $111,0 \pm 49,5$ – $173,7 \pm 111,4$ видов.

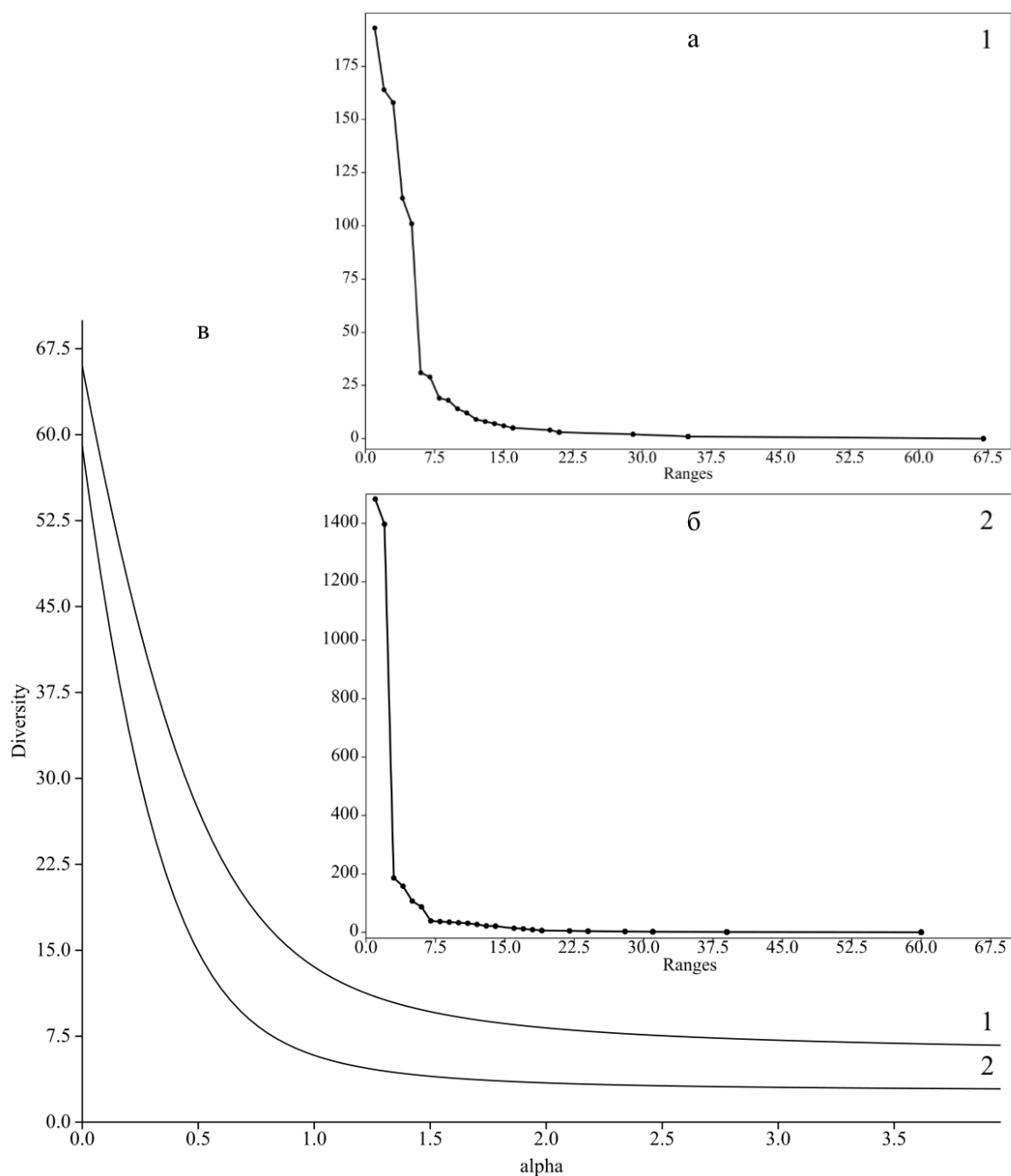


Рис. 6. Кривые значимости видов (доминирования-разнообразия) (а, б) сообществ членистоногих нор (1) и гнезд (2) береговой ласточки, а также профили разнообразия (в), построенные по параметрам экспоненты индекса Реньи – $\exp(H_\alpha)$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые на данной территории проведено комплексное экологическое обследование с изучением элементов комплекса членистоногих из гнезда и из норы. В результате проведенных исследований в гнездах и норе было выявлено 4873 экз. членистоногих, относящихся к 109 таксонам, 21 отрядам (Opiliones – 1, Pseudoscorpionida – 1, Ixodida – 1, Mesostigmata – 12, Araneae – 1, Trombidiformes – 4, Sarcoptiformes – 2, Diplopoda – 1, Chilopoda – 1, Poduromorpha – 3, Entomobryomorpha – 3, Orthoptera – 1, Psocoptera – 1,

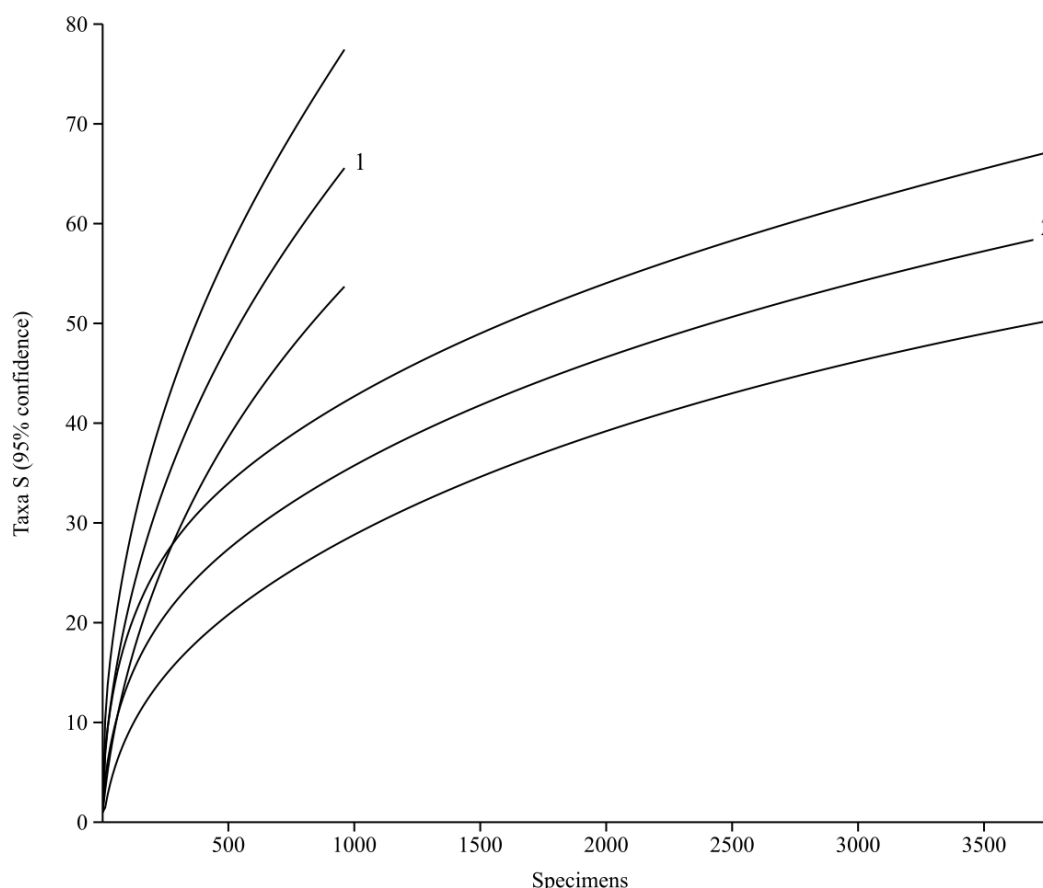


Рис. 7. Кривые разрежения сообществ членистоногих нор (1) и гнезд (2) береговой ласточки (доверительный интервал 95 %)

По оси ординат – число таксонов (Taxa S); по оси абсцисс – число экземпляров (Specimens).

Thysanoptera – 1, Hemiptera – 9, Hymenoptera – 9, Coleoptera – 28, Lepidoptera – 11, Diptera – 20, Siphonaptera – 1). Доминантную группировку составляют 6 таксонов: *A. casalis*, *Tetramorium* sp., *H. nidicola*, представители семейств Phoridae, Muscidae, Drosophilidae.

Наблюдается различие в составе доминирующих групп между гнездами и норами. Так в гнездах преобладают нидикольные и почвенные виды, тогда как в норах — свободноживущие виды. Индекс Шеннона для сообществ нор выше, чем для гнезд, что связано с высоким доминированием в гнезде двух видов нидиколов – *A. casalis* и *H. nidicola*. В выборках из нор и гнезд береговой ласточки, статистически значимых различий между выборками не обнаружено в виду довольно высокой степени участия в исследуемых сообществах единично отмеченных и случайных видов членистоногих и слабой выравненности сообществ.

Благодарности. Авторы выражают признательность к.б.н. К. А. Гребеникову (ВНИИКР), д.б.н. А. А. Хаустову (ТюмГУ), д.б.н. А. Б. Бабенко (ИПЭЭ РАН), к.б.н. Р. А. Сайфутдинову (ИПЭЭ РАН), Ю. С. Волковой (УлГПУ) за помощь в определении материала.

Список литературы

Аникин В. В., Золотухин В. В., Кириченко Н. И. Минирующие моли-пестрянки Lepidoptera: Gracillariidae Среднего и Нижнего Поволжья. – Ульяновск: Издательство «Корпорация технологий продвижения», 2016. – 152 с.

- Аникин В. В., Кондратьев Е. Н. Распределение экологических групп чешуекрылых (Lepidoptera, Insecta) в гнездах береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области // Поволжский экологический журнал. – 2022. – Вып. 2. – С. 232–241. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-2-232-241>
- Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 1. Низшие, древнекрылые, с неполным превращением / [Ред. Г. Я. Бей-Биенко]. – М-Л: Наука, 1964. – 936 с.
- Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 5. Ч. 1. Двукрылые, Блохи / [Ред. Г. Я. Бей-Биенко]. – Л: Наука, 1969. – 806 с.
- Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 5. Ч. 2. Двукрылые, Блохи / [Ред. Г. Я. Бей-Биенко]. – Л: Наука, 1970. – 943 с.
- Брегетова Н. Г. Гамазовые клещи (Gamasoidea): краткий определитель. – М, Л: Издательство АН СССР, 1956. – 247 с.
- Василевич В. И. Очерки теоретической фитоценологии. – Л: Наука. Ленинградское отделение, 1983. – 248 с.
- Определитель обитающих в почве клещей. Sarcoptiformes / [Ред. М. С. Гиляров]. – М: Наука, 1975. – 491 с.
- Определитель обитающих в почве клещей. Mesostigmata / [Ред. М. С. Гиляров]. – М: Наука, 1977. – 718 с.
- Определитель обитающих в почве клещей. Trombidiformes / [Ред. М. С. Гиляров]. – М: Наука, 1978. – 271 с.
- Голуб В. Б., Цуриков М. Н., Прокин А. А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала (2^е изд.). – М: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 358 с.
- Кондратьев Е. Н., Корнеев М. Г., Поршаков А. М., Матросов А. Н. Гамазовые клещи гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области // Паразитология. – 2021. – Т. 55, № 4. – С. 346–352.
- Корнеев М. Г., Поршаков А. М., Яковлев С. А., Матросов А. Н., Сажнев А. С. Членистоногие – обитатели нор береговой ласточки *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (Aves: Hirundinidae) на территории Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 189–199. <https://doi.org/10.18500/1816-97752020-20-2-189-199>
- Кривохатский В. А. Исследования обитателей нор млекопитающих СССР // Вестник Ленинградского Университета. Серия 3. – 1989. – Вып. 4. – С. 13–18.
- Мазинг В. В. Консорции как элементы функциональной структуры биогеоценозов // Труды Московского общества испытателей природы. – 1966. – Т. 27, № 2. – С. 117–126.
- Нарчук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России. – Санкт-Петербург: Наука, 2003. – 250 с.
- Нельзина Е. Н. Структура норových микробиоценозов на примере малого суслика и некоторых видов песчанок // Паразитология. – 1971. – Т. 5, № 3. – С. 266–273.
- Нельзина Е. Н. Основные таксономические группировки организмов, участвующие в формировании гнездово-норových микробиоценозов // Паразитология. – 1977. – Т. 11, № 4. – С. 326–332.
- Песенко Ю. Н. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М: Наука, 1982. – 287 с.
- Работнов Т. А. Некоторые вопросы изучения ценологических популяций // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. – 1969. – Т. 74, № 1. – С. 147–149.
- Раменский Л. Г. О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники // Ботанический журнал. – 1952. – Т. 37, № 2. – С. 181–201.
- Сажнев А. С., Кондратьев Е. Н. Материалы по фауне жесткокрылых-нидиолов (Insecta: Coleoptera) из нор ласточек-береговушек *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (Aves: Hirundinidae) Саратовской области // Полевой журнал биолога. – 2019. – Т. 1, № 4. – С. 193–197. <https://doi.org/10.18413/26583453-2019-1-4-193-197>
- Сажнев А. С., Кондратьев Е. Н. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) из нор ласточек-береговушек *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (Aves: Hirundinidae) Саратовской области // Полевой журнал биолога. – 2020. – Т. 2, № 4. – С. 276–281. <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-4-276-281>
- Сажнев А. С., Матюхин А. В. Материалы к фауне жесткокрылых (Insecta: Coleoptera) нидоценозов птиц // Полевой журнал биолога. – 2020. – Т. 2, №1. – С. 14–23. <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-1-14-23>
- A manual of acarology / [Eds. G. W. Krantz, D. E. Walter] – Texas: Texas Tech University, 2009. – 816 p.
- Anikin V. V., Sachkov S. A., Zolotuhin V. V. «Fauna Lepidopterologica Volgo-Uralensis»: from P. Pallas to presentdays. – Munich, Vilnius: Museum Witt Munich & Nature Research Center Vilnius, 2017. – 696 p.
- Gaedike R. Microlepidoptera of Europe. Tineidae I (Dryadaulinae, Hapsiferinae, Euplocaminae, Scardiinae, Nemapogoninae and Meessiinae). – Leiden, Boston: Brill, 2015. – 308 p.
- Gaedike R. Microlepidoptera of Europe. Tineidae II (Myrmecozelinae, Perissomasticinae, Tineinae, Hieroxestinae, Teichobiinae and Stathmopolitinae). – Leiden, Boston: Brill, 2019. – 248 p.
- Hicks E. A. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in bird's nests. – Iowa: The Iowa State College Press, 1959. – 681 p.
- Hicks E. A. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in bird's nests. Supplement I // Iowa State College Journal of Science. – 1962. – Vol. 36. – P. 233–347.
- Hicks E. A. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in bird's nests. Supplement II // Iowa State College Journal of Science. – 1971. – Vol. 46. – P. 123–338.
- Kondratev E. N., Sazhnev A. S., Anikin V. V., Mironova A. A. Using the heterocentric model in population-consortium analysis of the nest-dwelling arthropods of the sand martin (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) in Saratov

region // Russian journal of ecosystem ecology. – 2023. – Vol. 8, N 2. – P. 22–31. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2023-2-2>

Krištofik J., Šustek S., Gajdoš P. Arthropods in nests of the Sand Martin (*Riparia riparia* Linnaeus, 1758) in South Slovakia // Biologia, Bratislava. – 1994. – Vol. 49, N 5. – P. 683–690.

Lompe A. Die Käfer Europas [Electronic resource]. – 2023. – Available at: <http://coleonet.de> (viewed by 22.10.2024)

Mašan P., Özbek H. H., Fend'a P. Two new species of *Pachylaelaps* Berlese, 1888 from the Iberian Peninsula, with a key to European species (Acari, Gamasida, Pachylaelapidae) // ZooKeys. – 2016. – Vol. 603. – P. 71–95. <https://doi.org/10.3897/zookeys.603.9038>

Nests, eggs, and incubation: new ideas about avian reproduction / [Eds. D. C. Deeming, S. J. Reynolds]. – Oxford: Oxford University Press, 2015. – 296 p.

Nordberg S. Biologisch-ökologische Untersuchungen über die Vogelnidicolen // Acta zoologica Fennica. – 1936. – Vol. 21. – P. 1–168.

Robinson G. The preparation of slides of Lepidoptera genitalia with special reference to the Microlepidoptera // Entomologist's Gazette. – 1976. – Vol. 27. – P. 127–132.

Slamka F. Pyraloidea of Europe (Lepidoptera). Pyraustinae, Spilomelinae. Identification. Distribution. Habitat. Biology. – Bratislava: Coronet Books Inc. 2013. – Vol. 3. – 357 p.

Slamka F. Pyraloidea of Europe (Lepidoptera). Phycitinae. Identification. Distribution. Habitat. Biology. – Bratislava: Coronet Books Inc. 2019. – Vol. 4, Part 1. – 432 p.

Southwood T. R. E., Henderson P. A. Ecological Methods (3rd ed.). – Oxford: Blackwell Science Ltd, 2000. – 592 p.

Tomás G., Ruiz-Castellano C., Ruiz-Rodríguez M., Soler J. J. Smaller distance between nest contents and cavity entrance increases risk of ectoparasitism in cavity-nesting birds // Journal of Avian Biology. – 2020. – Vol. 51, N 7. – P. 1–9.

Tothmeresz B. Comparison of different methods for diversity ordering // Journal of Vegetation Science. – 1995. – Vol. 6. – P. 283–290.

Kondratev E. N., Sazhnev A. S., Anikin V. V. Distribution of Arthropods in the Burrow and Nest of Sand Martin (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) (Aves: Passeriformes) in the northern part of the Lower Volga region // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 106–119.

The research conducted on the territory of Saratov oblast in the Khvalynsky district, from 2020 to 2023. Between 2020 and 2022, arthropods were manually collected from burrows, while in 2023, the method of trap-cylinders was used. The latter method was utilized to study three colonies of sand martins (*Riparia riparia*) located in the villages of Demkino, Apaliha and Kulatka. Nest material was extracted from burrows during excavation, placed in individual zip-lock bags labeled for transportation, and placed on a Tullgren funnel. The results revealed a total of 4873 arthropod specimens belonging to 21 orders were collected. Specifically, 3,799 specimens were collected from nests and 1,074 specimens were obtained from burrows (using trap-cylinders). Different years exhibited varying dominant orders of arthropods in nests and burrows. Thus, the order Coleoptera were dominant in nests in 2020 and 2021, and Mesostigmata predominated in 2022 and 2023. Conversely, Diptera was the dominant group in burrows, with Coleoptera and Mesostigmata serving as subdominant and recedent groups, respectively. Calculation of the biotope confinement index showed that nest and burrow had their own characteristic complex of arthropods, in nest the dominant groups included Mesostigmata, Sarcophagidae, Poduromorpha, Entomobryomorpha, Thysanoptera, Coleoptera, and Siphonaptera, while in burrows, the predominant groups comprised Opiliones, Trombidiformes, Araneae, Hemiptera, Hymenoptera, and Diptera. It was determined that free-living species (representatives of the families Phoridae, Muscidae, and Drosophilidae) dominated in burrows, with no association to either the nest or the nest owner, accounting for 80% of the total abundance. The dominant assemblages in nests consisted of three species (*Androlaelaps casalis*, *Tetramorium* sp., and *Haploglossa nidicola*), which were prevalent across most colonies. Groups that dominated in burrows were either recedents and/or subrecedents in nests or entirely absent, suggesting a buffering role of the burrow that acts as a barrier to the movement of flying insects. Due to the isolation of nest-dwelling communities containing eudominants, the overall species abundance and alpha diversity of arthropods in the nests and burrows in sand martin nests were found to be notably low.

Kew words: nest-dwellings species, sand martin, birds, consortium, Saratov oblast.

Поступила в редакцию 17.02.25

Принята к печати 03.03.25

Результаты использования световых ловушек для мониторинга популяций жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лиманно-плавневой зоне Северо-Западного Кавказа

Сердюк В. Ю.¹, Замотайлов А. С.²

¹ Кубанский научно-исследовательский центр «Дикая природа Кавказа»

Краснодар, Россия

vladislav-serdyuk@yandex.ru

² Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина

Краснодар, Россия

a_zamotajlov@mail.ru

Жужелицы (Coleoptera, Carabidae), представляющие собой одну из наиболее многочисленных и разнообразно представленных групп жесткокрылых насекомых, являются объектом многолетних исследований в агроэкосистемах. Эти насекомые занимают важное место среди активных компонентов мезофауны и выполняют ключевую функцию в процессах естественного контроля численности различных видов почвенных беспозвоночных. Некоторые представители данного семейства характеризуются способностью к активному перемещению посредством полета и привлекаются источниками света. В рамках энтомологического мониторинга, проведенного в агроландшафтах лиманно-плавневой зоны Северо-Западного Кавказа в период с 2015 по 2024 годы, были выявлены 28 видов жужелиц из 12 триб, проявляющих активность при освещении, в четырех основных типах биоценозов: эуценных сообществах, защитных лесных полосах, агроценозах, а также среди сорной и рудеральной растительности. Наибольшее количество жуков-фотоксенов отмечено в трибе *Napalini* (10 видов). Определен характер лета жесткокрылых, делящийся на 2 группы: виды с высокой активностью лета на свет, виды с умеренной активностью лета на свет. Наибольшее количество отловленных жуков отмечено в природных, практически не измененных сообществах (окрестности Петушиного лимана и урочища «Дубовый рынок») и агроценозах. В ходе исследования были обнаружены два охраняемых вида жужелиц, занесенных в Красную книгу Краснодарского края: *Carterus gilvipes* Piochard de la Brulerie, 1873 и *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758. Оба вида представляют собой экологически значимые элементы местной фауны, играющие существенную роль в поддержании экологического баланса. Охрана таких видов имеет важное значение для сохранения биологического разнообразия региона.

Ключевые слова: жужелицы (Coleoptera, Carabidae), лиманно-плавневый комплекс, биотоп, летные перемещения, светоловушки, Краснодарский край.

ВВЕДЕНИЕ

Жужелицы (Coleoptera, Carabidae), являющиеся одним из крупнейших и наиболее разнообразных семейств жесткокрылых, привлекают внимание исследователей уже многие годы (Сердюк и др., 2018, 2024). Будучи важными компонентами мезофауны, эти насекомые играют значимую роль в природных механизмах регулирования популяций почвенных беспозвоночных (Замотайлов и др., 2015, 2017; Девяткин и др., 2021). Они также вносят существенный вклад в процессы трансформации органического вещества в почве и могут выступать маркерами уровня загрязнения окружающей среды (Романкина, 2020; Максимович, Ходакова, 2024). Отдельные представители семейства Carabidae обладают способностью активно реагировать на источники света, проявляя значительную подвижность и миграционную активность, что позволяет им эффективно перемещаться между различными биотическими зонами в поисках пищи и мест для размножения.

Карабидофауна агроландшафта в условиях лиманно-плавневого природного комплекса Северо-Западного Кавказа изучается длительное время (Замотайлов и др., 2009; Хомицкий и др., 2019; Сердюк и др., 2018, 2019), тем не менее сведений о жужелицах, активно летящих на свет, практически нет. Совершенно не раскрыты с научной точки зрения, вопросы, связанные с размещением видов-фотоксенов в различных типах сообществ в исследуемом районе.

Выявление особенностей этологических аспектов представляет практический интерес в плане уточнения современного природоохранного статуса редких и заслуживающих внимания видов в Краснодарском крае.

История исследования насекомых, привлекаемых светом, может быть условно разделена на несколько ключевых этапов: древний период (VI век до нашей эры), конец XIX – начало XX веков, середина XX века и конец XX – начало XXI веков (Горностаев, 1984). Начальный этап (несмотря на практические достижения ввиду отсутствия технологий для создания эффективных ловушек) наблюдения за поведением насекомых вблизи источников света стал первым шагом в изучении этой особенности их поведения. Второй этап характеризуется использованием преимущественно керосиновых и масляных ламп, что ограничивало возможности проведения систематических исследований. Третий этап связан с внедрением электрических ламп накаливания и ртутно-кварцевых ламп, позволивших значительно повысить эффективность сбора данных (Андреев, 1966). Наконец, современный этап отличается широким применением различных типов светоловушек, используемых для оценки динамики численности основных групп вредителей, что делает их важным инструментом в прикладной энтомологии.

Среди исследователей, занимавшихся изучением насекомых-фотоксенов, стоит отметить ряд фамилий, сделавших значительный вклад в эту область энтомологии. В частности, важными фигурами являются: Андреев С. В., Арутюнян Х. М., Богуш П. П., Бреев К. А., Горностаев Г. Н., Дергачева Т. И., Жантиев Р. Д., Чернышев В. Б., Жигальцева М. И., Чернобровина С. М., Жоголев Д. Т., Земкова Р. И., Ключко З. Ф., Коломиец Н. Г., Ковров Б. Г., Мазохин-Поршняков Г. А., Миляновский Е. С., Терсков И. А., Allen A. A., Baker R. R., Brown E. S., Cantelo W. W., Collins D. L., Frost S. W., Provost M. W.

Ввиду частого повторения в тексте словосочетаний «жужелицы, летящие на свет», «отлавливаемые на свет» и «привлекаемые светом», для обозначения данной группы авторами используется термин «фотоксен», предложенный Г. Н. Горностаевым в 1984 году.

Цель работы – выявить виды-фотоксены агроландшафта в условиях лиманно-плавневого природного комплекса Северо-Западного Кавказа в 4 типах сообществ: эуценные, защитных лесополос, агроценозы, сорная и рудеральная растительность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования осуществлялись на территории Краснодарского края, преимущественно в Славянском и частично в Темрюкском районах, с начала апреля по конец октября (рис. 1).

Для выявления видов, привлекаемых источником света, были использованы модернизированные светоловушки. Конструкция ловушки представляет из себя прозрачную пятилитровую бутылку, с 4-х сторон которой сделаны «входные коридоры», шириной по 10 сантиметров каждый. К нижней части прикрепляли 1,5 литровую пластиковую бутылку, крепящуюся изолентой, либо скотчем. В нее наливается фиксирующая жидкость (4 % раствор формальдегида). Общая длина светоловушки составляла 70 сантиметров, ширина верхней части – 14 сантиметров, нижней – 7 сантиметров. Размещалась ловушки над поверхностью почвы около 2-х метров.

В верхней части конструкции имеется небольшая прорезь для размещения одной лампы мощностью 0,006 ватт, которая питается от солнечных батарей и оснащена системой, обеспечивающей аккумуляцию и хранение электроэнергии, генерируемой в течение дня (рис. 2). На участках, где нет деревьев (например, на полях сельскохозяйственных культур), устанавливали металлический пруд, имитирующий дерево и на нем размещали светоловушку.

Преимущество использования ламп, работающих на солнечных батареях, заключается в том, что их не нужно постоянно подзаряжать, а также легко переносить по различным биотопам. Выборка полевого материала происходила один раз в неделю. Идентификация жужелиц осуществлялась с помощью современных определителей (Плавильщиков, 1994 и др.). Ловушки размещались в 2015–2024 годы в 4-х типах сообществ: в естественных

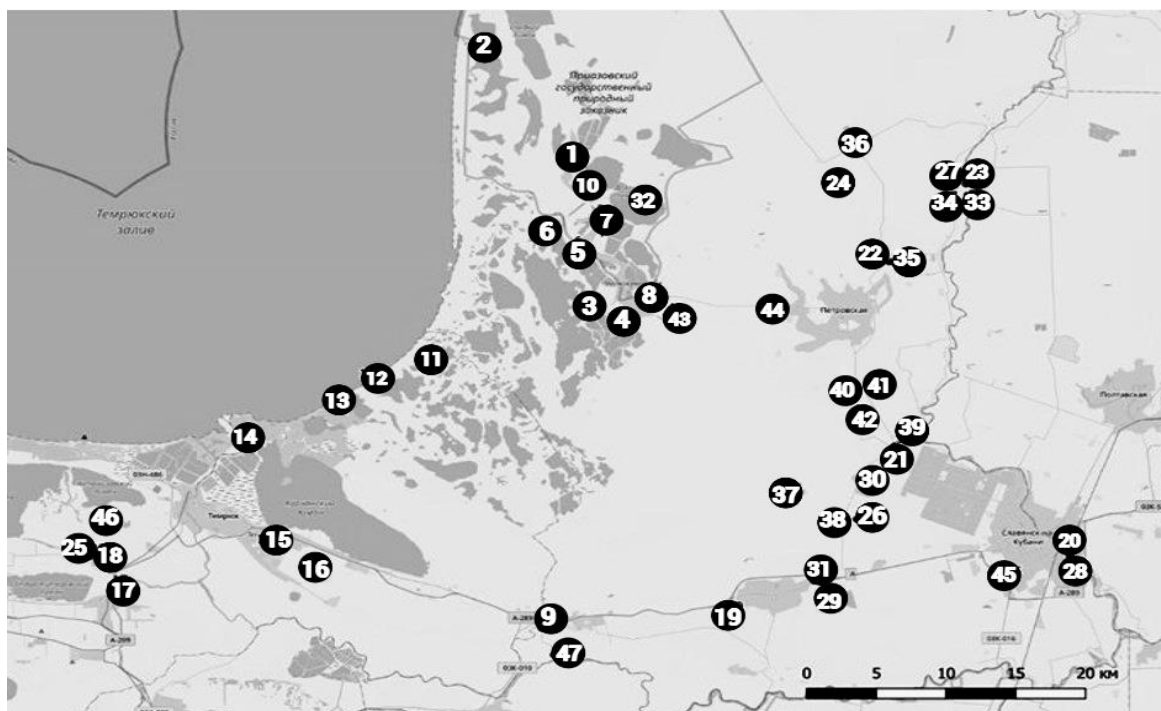


Рис. 1. Пространственное размещение исследуемых биотопов

1 – Петушиный лиман, 2 – Горький лиман, 3–5 – окрестности Восточного лимана, 6 – Песчаный лиман, 7 – хутор Верхний, 8 – станция Черноерковская, 9 – хутор Шапарской, 10 – Долгий лиман, 11 – гирло Куликовское, 12 – коса Вербяная, 13 – гирло Новокуликовское, 14 – Курчанский лиман, 15 – вулкан Гефест, 16 – берег горы Гнилой, 17 – Старотиторковский лиман, 18 – склон Дубового рынка, 19 – станция Анастасиевская, 20 – берег реки Протока города Славянска-на-Кубани, 21 – хутор Бараниковский, 22 – село Погорелово, 23 – хутор Красноармейский городок, 24 – поселок Целинный, 25 – урочище Дубовый рынок, 26 – поселок Рисовый, 27 – окрестности хутора Красноармейский городок, 28 – берег реки Протока южной части города Славянска-на-Кубани, 29 – окрестности станции Анастасиевская, 30 – хутор Семисводный, 31 – южная часть станции Анастасиевская, 32 – хутор Верхний, 33 – восточная часть хутора Красноармейский городок, 34 – южная часть хутора Красноармейский городок, 35 – окрестности села Погорелово, 36 – окрестности поселка Целинный, 37 – южная часть поселка Рисовый, 38 – восточная часть поселка Рисовый, 39–42 – окрестности хутора Бараниковский, 43 – южная часть станции Черноерковская, 44 – восточная часть станции Черноерковская, 45 – окрестности города Славянска-на-Кубани, 46 – окрестности урочища Дубовый рынок, 47 – окрестности хутора Шапарской.

(эуценных), защитных лесополосах, агроценозах, а также в зонах с сорной и рудеральной растительностью.

Из 47 изученных биотопов, особенно интересны территории, практически не тронутые человеком. Среди них можно выделить урочище «Дубовый рынок» и окрестности ряда лиманов: Петушиного, Горького, Песчаного.

Дубовый рынок расположен на Таманском полуострове представляет собой уникальный уголок природы, где до наших дней сохранились древние леса, ранее занимавшие значительно большие пространства. Холм выделяется своим необычным дубовым лесом, состоящим в основном из низкорастущих и плотно расположенных деревьев, среди которых преобладает дуб курчавый и черешчатый. Подлесок представлен разнообразием кустарников, таких как боярышник, бересклет европейский и бирючина. Травянистый покров составляют аронник восточный, вейник наземный, гравилат, бельвалия сарматская, белоцветник летний, ятрышник пурпурный. На территории «Дубового рынка», встречаются редкие и заслуживающие к себе особого внимания жужелицы. Среди которых *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758 и *Carabus clathratus* Linnaeus, 1758.



Рис. 2. Работа световой ловушки днем (a) и ночью (b) (фото В. Ю. Сердюк)

Экосистемы окрестностей лиманов Петушиного, Горького и Песчаного представлены приморскими, водно-болотными, галофильными, луговыми и степными сообществами. В числе основной растительности преобладает тростник южный, осока береговая, шалфей лекарственный, вика посевная, подорожник большой. Из редких видов жужелиц, здесь также отмечена жужелица золотистоямчатая *Carabus clathratus* L., 1758.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках нашего исследования была проведена тщательная сборка данных с 47 модельных участков, что обеспечило возможность проведения всестороннего и детального анализа биоразнообразия. Обработка обширного массива данных позволила выявить и зафиксировать более 37 000 экземпляров жуков, что дало уникальную возможность глубоко изучить состав и структуру биоценозов в исследуемых территориях. Из общего количества выявленных видов, 28 представителей семейства Carabidae, проявляли фототаксис в агроландшафтах лиманно-плавневого природного комплекса Северо-Западного Кавказа (табл. 1). Среди них отмечено 2 вида входящие в региональную Красную книгу. Ниже представлена информация об этих видах с указанием их краткой характеристики (рис. 3).



Рис. 3. Картерус желтоногий (приусадебный участок города Славянска-на-Кубани, 22.06.2018) (a) и красотел пахучий (приусадебный участок города Славянска-на-Кубани, 11.08.2016) (b) (фото В. Ю. Сердюк)

Картерус желтоногий *Carterus gilvipes* (Piochard de la Brûlerie, 1873) (рис. 3a). В издании Красной книги Краснодарского края от 2017 года этому виду была присвоена категория 1КС «Находящиеся в критическом состоянии». В новой редакции Красной книги Российской Федерации рассматривается возможность включения вида в список животных, состояние которых требует особого контроля и охраны их популяции (Замотайлов и др., 2019). Оценка угрозы исчезновения региональной популяции по критериям МСОП – CR B2ab(ii,iii). Как и другие представители рода, обитает в открытых ксерофитных стациях. Живет в норках под камнями. Как личинки, так и имаго растительноядные, питаются семенами зонтичных и подорожников, за которыми залезают на растения. Имаго в норках запасают семена, которыми питаются личинки. Летит на свет.

Красотел пахучий *Calosoma sycophanta* (Linnaeus, 1758) (рис. 3b). Вид имеет статус «Специально контролируемый» (4 СК). В Красной книге РФ вид отнесен к категории «2 – Сокращающиеся в численности», а в Красной книге СССР – к категории «II. Редкие виды». Также вид включен в Красные книги Республики Адыгея (категория «3, РД – редкие») и Республики Крым (категория «2 – Вид, сокращающийся в численности») (Красная книга..., 2022). Обитает в широколиственных и сосновых лесах, парках, садах и лесополосах. В крае наиболее обычен в низкогорных и среднегорных лесах, часто с преобладанием дуба, встречался в степных лесополосах. Питается гусеницами и куколками бабочек массовых видов. Является важнейшим хищником непарного шелкопряда. Прекрасные летуны, тем не менее, вопрос привлечения данного вида на свет остается открытым. В наших исследованиях одна особь была отловлена с помощью светоловушки. Вполне вероятно, случайная поимка.

Наибольшее количество видов отмечено в трибе Harpalini (10 видов). Поскольку радиус действия источника света ограничен, а большинство жесткокрылых редко удаляются далеко от места своего появления, размещение ловушки на местности существенно влияет на количество собранного материала. Для ряда видов насекомых реакция на свет является постоянным явлением, связанным с их активностью в сумерках и ночью на протяжении всего онтогенеза или отдельных его этапов. Однако для жуков такая реакция случается лишь периодически и обусловлена непродолжительными и, скорее всего, случайными всплесками

Таблица 1

Жужелицы-фотоксены лиманно-плавневого комплекса

№	Триба / вид	Характер лета	Тип сообщества
	CICINDELINI		
1	<i>Cicindela germanica</i> Linnaeus, 1758	В	Аг, Эц
2	<i>Cicindela contorta</i> Fischer von Waldheim, 1828	У	Аг
	CARABINI		
3	<i>Calosoma sycophanta</i> Linnaeus, 1758	У	Аг
4	<i>Calosoma auropunctatum</i> Herbst, 1784	У	Аг, Эц
5	<i>Carabus clathratus</i> Linnaeus, 1760	У	Эц, Лс
	TRECHINI		
6	<i>Trechus quadristriatus</i> Schrank, 1781	В	Аг, Эц
	BEMBIDIINI		
7	<i>Bembidion ephippium</i> Marsham, 1802	У	Эц
	PTEROSTICHINI		
8	<i>Poecilus cupreus</i> Linnaeus, 1758	У	Аг, Эц, Лс, Ср
9	<i>Pterostichus cursor</i> Dejean, 1828	У	Аг, Эц
10	<i>Pterostichus gracilis</i> Dejean, 1828	У	Аг, Эц
	AMARINI		
11	<i>Curtonotus convexiusculus</i> Marsham, 1802	У	Аг
	HARPALINI		
12	<i>Anisodactylus signatus</i> Panzer, 1796	У	Аг, Эц, Лс, Ср
13	<i>Stenolophus discophorus</i> Fischer von Waldheim, 1823	В	Аг, Эц
14	<i>Stenolophus skrimshirani</i> Stephens, 1828	У	Аг, Эц
15	<i>Stenolophus mixtus</i> Herbst, 1784	В	Аг, Эц
16	<i>Parophonus laeviceps</i> Menetries, 1832	У	Аг, Эц, Лс, Ср
17	<i>Parophonus planicollis</i> Dejean, 1829	У	Аг, Эц, Лс, Ср
18	<i>Harpalus rufipes</i> DeGeer, 1774	В	Аг, Эц, Лс, Ср
19	<i>Harpalus affinis</i> Schrank, 1781	У	Аг, Эц, Лс, Ср
20	<i>Ophonus azureus</i> Fabricius, 1775	У	Аг
21	<i>Ophonus sabulicola</i> Panzer, 1796	У	Аг
	PANAGAEINI		
22	<i>Panagaeus cruxmajor</i> Linnaeus, 1758	У	Эц
	CALLISTINI		
23	<i>Chlaenius spoliatus</i> Rossi, 1792	У	Аг, Эц
24	<i>Chlaenius festivus</i> Panzer, 1796	У	Аг, Эц
	OODINI		
25	<i>Oodes gracilis</i> A. Villa et G. Villa, 1833	У	Аг, Эц
	LICININI		
26	<i>Badister sodalis</i> Duftschmid, 1812	У	Эц
	LEBIINI		
27	<i>Demetrias imperialis</i> Germar, 1824	У	Эц
28	<i>Lionychus quadrillum</i> Duftschmid, 1812	У	Аг, Эц

Примечание к таблице. В – высокая активность лета на свет; У – умеренная активность лета на свет; Аг – агроценозы; Эц – эуценные сообщества; Лс – лесополосы и лесонасаждения; Ср – сорная и рудеральная растительность.

активности в ночное время. Полет жужелиц определяется в первую очередь физиологическими процессами, действующие в различные периоды их жизненного цикла (Маталин, 1993). Высокая и стабильная интенсивность реакции на свет – отличительная черта облигатных фотоксенов. В результате чего, лет жужелиц-фотоксенов в изученных биотопах мы разделили не по дневной и сумеречной активности, а по их интенсивности (В – виды с высокой активностью лета на свет и У – виды с умеренной активностью лета на свет).

Доминирование в уловах на световой источник одной из групп фотоксенов при одинаковых остальных условиях может варьироваться в зависимости от метеорологических параметров. Это объясняется различиями в чувствительности отдельных таксонов насекомых к таким ингибирующим факторам, как порывистый ветер, пониженная температура воздуха, осадки. Данный аспект следует учитывать при интерпретации результатов наблюдений за лётной активностью насекомых.

Максимальное количество видов, выявленных с помощью световых ловушек отмечено в эуценных сообществах и агроценозах (по 23 вида). В лесополосах и лесонасаждениях – 7 видов, в сорной и рудеральной растительности – 6 видов (рис. 4).

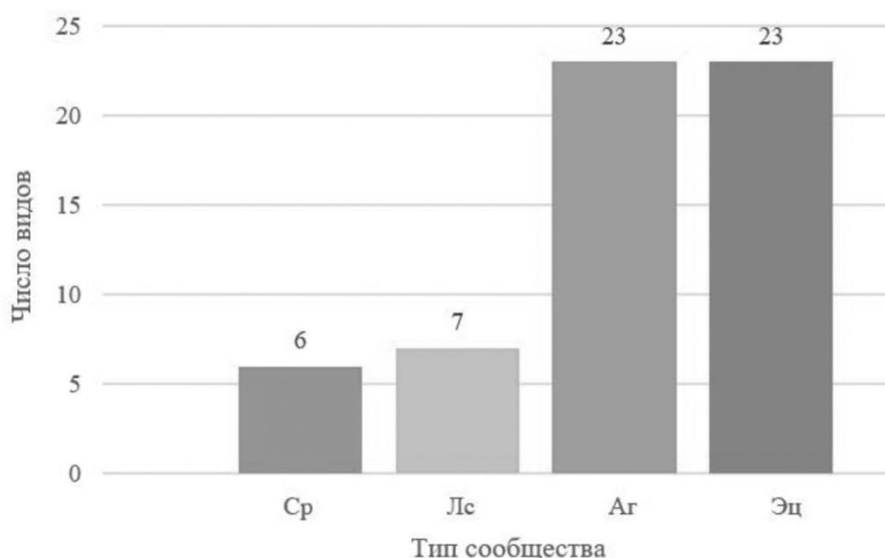


Рис. 4. Число видов, выявленное в различных сообществах

Ср – сорная и рудеральная растительность; Лс – лесополосы и лесонасаждения; Аг – агроценозы; Эц – эуценные сообщества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе энтомологических исследований, проводимых в Славянском и Темрюкском районах Краснодарского края в период с 2015 по 2024 годы, был собран ценный материал о жужелицах-фотоксенах, обитающих в условиях лиманно-плавневого комплекса Северо-Западного Кавказа. Из 125 видов жужелиц, выявленных в исследуемых сообществах (Сердюк и др., 2019), 28 представителей из 12 разных триб продемонстрировали положительный фототаксис. Особое внимание заслуживает обнаружение двух видов карабид, внесенных в региональную Красную книгу: *Carterus gilvipes* и *Calosoma sycophanta*. Анализ фототаксической реакции жесткокрылых позволил дифференцировать их на две группы по степени активности прилёта на свет: виды с высокой и умеренной фотоаттрактивностью. Наиболее богатым разнообразием видов, привлеченных светом, отличились природные сообщества (окрестности Петушиного лимана и урочища «Дубовый рынок») и агроценозы. Полученные результаты оказывают значительное влияние на познание экологических и

биогеографических особенностей жужелиц в лиманно-плавневом комплексе Северо-Западного Кавказа, а новые находки видов, такие как *Carterus gilvipes* и *Calosoma sycophanta*, расширяют их ареалы и могут быть использованы при разработке стратегий сохранения и устойчивого управления агроэкосистемами региона.

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность к. б. н., доценту А. А. Гожко (филиал ФГБОУ ВО «КубГУ» в городе Славянске-на-Кубани) за его постоянную поддержку и помощь в полевых исследованиях на протяжении многих лет.

Настоящая публикация подготовлена отчасти в рамках тематического плана НИОКР КубГАУ, тема № 121032300137-1 «Разработка биоэкологических основ и рациональных приемов оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем и мониторинга вредных и полезных организмов в агроландшафте».

Список литературы

- Андреев С. В., Мартенс Б. К., Молчанова В. А. Световые ловушки и их применение для практических и исследовательских целей // Зоологический журнал. – 1966. – Т. 45, № 6. – С. 850–857.
- Горностаев Г. Н. Введение в этологию насекомых-фотоксенов (лет насекомых на искусственные источники света). Этология насекомых // Труды Всесоюзного Энтомологического Общества – 1984. – Т. 66. – С. 101–167.
- Девяткин А. М., Белый А. И., Левыченкова А. А. Энтомофаги-хищники вредителей люцерновых агроценозов Кубани // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 88. – С. 67–73. DOI: 10.21515/1999-1703-88-67-73.
- Замотайлов А. С., Возжанникова А. Ю., Макаов А. К. Некоторые закономерности формирования фауны жужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроландшафтов Краснодарского края и Республики Адыгея // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 20. – С. 206–213.
- Замотайлов А. С., Хомицкий Е. Е., Белый А. И. Характеристика комплекса жужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроландшафта центральной зоны Краснодарского края в начале XXI века. Сообщение 2. Многолетняя трансформация структуры и биоэкологических параметров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 1 (52). – С. 103–118.
- Замотайлов А. С., Хомицкий Е. Е., Белый А. И. Пути активизации комплекса хищных жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как энтомофагов вредителей в агроландшафтах Северо-Западного Кавказа // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящающей 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар (19–23 июня 2017 года). – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2017. – С. 161–167.
- Замотайлов А. С., Сердюк В. Ю., Хомицкий Е. Е., Белый А. И. Новые данные о распространении и биологии некоторых редких видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) на юге России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 81–90. DOI: 10.24189/ncr.2019.066.
- Красная книга Республики Адыгея. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: в 2-х частях. Ч. 2. Животные. Издание третье / [Ред. А. С. Замотайлов]. – Воронеж: ООО «Славянская», 2022. – 404 с.
- Максимович К. Ю., Ходакова А. В. Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) как биологические индикаторы экологической устойчивости агроценозов // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность : Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея, профессора Б. Х. Фиапшева (Нальчик, 22 марта 2024 года). – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова, 2024. – С. 45–49.
- Маталин А. В. Экологические особенности летных миграций жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в условиях степной зоны: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 Экология. – Москва: МПГУ, 1993. – 19 с.
- Плавильщиков Н. Н. Определитель насекомых: краткий определитель наиболее распространенных насекомых европейской части России / [Ред. Т. И. Серебрякова]. – Москва: Изд-во Топикал 1994. – 544 с.
- Романкина М. Ю. Использование жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как индикаторов экологической устойчивости антропогенно-трансформированных территорий // Тенденции развития науки и образования – 2020. – № 67–1. – С. 75–78. DOI: 10.18411/lj-11-2020-20.
- Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С., Бондаренко А. С. Сезонная динамика активности и жизненные циклы хищных жужелиц *Carabus exaratus* Quensel, 1806 и *C. cumanus* Fischer von Waldheim, 1823 (Coleoptera, Carabidae) в условиях агроландшафта лиманно-плавневого природного комплекса Северо-Западного Кавказа // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 70. – С. 104–113. DOI: 10.21515/1999-1703-70-104-113.

Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С., Бондаренко А. С. Агробиологические особенности и хозяйственное значение некоторых видов полевых жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 75. – С. 90–96. DOI: 10.21515/1999-1703-75-90-96.

Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С., Бондаренко А. С. Жизненные формы, экологическая приуроченность и ареалогическая характеристика жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроландшафта в условиях лиманно-плавневого природного комплекса северо-Западного Кавказа // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 76. – С. 147–154. DOI: 10.21515/1999-1703-76-147-154.

Сердюк В. Ю., Замотайлов А. С., Белый А. И. Трофические связи доминантных видов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в агроценозах лиманно-плавневой зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 110. – С. 176–182. DOI: 10.21515/1999-1703-110-176-182.

Хомицкий Е. Е., Замотайлов А. С., Белый А. И., Бондаренко А. С. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) в агробиоценозах Кубани: ретроспективный обзор исследований // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 79. – С. 80–89. DOI: 10.21515/1999-1703-79-80-89.

Serdyuk V. Yu., Zamotajlov A. S. Results of Using Light Traps to Monitor Ground Beetle (Coleoptera, Carabidae) Populations in the Estuary Overflow Zone of the North-West Caucasus // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 120–128.

Ground beetles (Coleoptera, Carabidae), representing one of the most numerous and diversely represented groups of coleopterous insects, the subject of extensive research in agroecosystems. These insects play a crucial role among the active components of the mesofauna and are essential for the natural regulation of the abundance of various species of soil invertebrates. Some representatives of this family are characterized by the ability to actively move by flight, attracted by light sources. As part of an entomological monitoring conducted in the agrolandscapes of the estuary-flooded zone of the North-West Caucasus in the period from 2015 to 2024, 28 species of ground beetles from 12 tribes that are active under light were identified across four main types of biocenoses: eucene communities, protective forest strips, agrocnoses, as well as among weed and ruderal vegetation. The largest number of photoxenic beetles was recorded in the tribe Hapalini (10 species). Two distinct groups of flight behavior were identified: species exhibiting high flight activity towards light sources and species displaying moderate flight activity towards light sources. The greatest number of captured species was observed in natural, practically unaltered communities (the vicinity of the Petushinyi estuary and the Dubovyi Rynok tract) and agrocnoses. During the study, two protected species of beetles, listed in the Red Book of Krasnodar Krai, were found: *Carterus gilvipes* Piochard de la Brulerie, 1873 and *Calosoma sycophanta* Linnaeus, 1758. Both species are ecologically significant components of the local fauna, playing an essential role in maintaining the ecological balance. The protection of such species is vital for the conservation of biodiversity in the region.

Key words: ground beetles (Coleoptera, Carabidae), estuary overflow natural complex, biotope, flight movements, light traps, Krasnodar Krai.

Поступила в редакцию 20.02.25

Принята к печати 03.03.25

Цветометрические и спектральные характеристики листьев *Caragana arborescens* и *Elaeagnus angustifolia* как потенциальных индикаторов антропогенного воздействия

Кулик К. Н.^{1,2}, Исаков А. С.¹, Новочадов В. В.²

¹ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН
Волгоград, Россия

² Волгоградский государственный университет
Волгоград, Россия
kulikk@vfanc.ru, isakov-a@vfanc.ru, novochadov.valeriy@volsu.ru

Актуальность обусловлена появлением новых систем получения и компьютерного анализа цифровых изображений и спектрограмм биологических объектов, что значительно повысило возможности фитоиндикации и расширило число видов-биоиндикаторов на засушливых территориях. В качестве объектов выбраны кустарники *Caragana arborescens* и *Elaeagnus angustifolia*, широко используемые на юго-востоке Европейской России для рекультивации антропогенных ландшафтов и широко применяемые в защитном лесоразведении. Материал был получен с участков с низким и высоким уровнем антропогенного загрязнения, которое выражалось в повышенном содержании токсичных микроэлементов в почве и загрязнении воздуха. При анализе цветометрических показателей наибольшие различия зарегистрированы для продольного и поперечного градиентов интенсивности зеленого в формате RGB в листьях исследованных видов. При спектрометрии интенсивность светопоглощения на длине волны λ_{664} оказалась чувствительной в отношении уровня антропогенной нагрузки для выбранных растений. Определение концентрации суммарного хлорофилла, флавоноидов, антоцианов и индекса азотного баланса в листовых пластинках спектрометром «Dualox Scientific+» отчетливо выявляло различия величин показателей между выбранными биологическими видами и их произрастанием на территориях с различной степенью антропогенной нагрузки. Сопоставление результатов между видами, а также между участками с различной степенью и характером антропогенной нагрузки позволило заключить, что оба подхода в настоящий момент могут эффективно использоваться в комплексе с классическими методами биоиндикации. Достаточно высокая чувствительность *E. angustifolia* и *C. arborescens* к изменениям загрязнения окружающей среды позволяет рекомендовать этот вид в качестве растения-биоиндикатора в условиях засушливой зоны.

Ключевые слова: листовая пластинка, компьютерная цветометрия, спектральный анализ, *Caragana arborescens*, *Elaeagnus angustifolia*, биоиндикация, антропогенные загрязнения.

ВВЕДЕНИЕ

Современная биология и экология в полной мере оказались вовлеченными в глобальный процесс цифровизации научных исследований, одним из проявлений которой стало принципиальное изменение способов получения, хранения, количественной обработки и воспроизведения цветовых характеристик биологических объектов – от субклеточных структур до растительных сообществ. Все это привело к выделению в биологических науках самостоятельной прикладной дисциплины – компьютерной цветометрии (Черноусова и др., 2019; Ракутько и др., 2022).

Листовые пластинки растений являются весьма динамичными объектами, активно реагирующими на изменения состояния растения. Эти изменения могут фиксироваться для отдельных растений или для их сообществ, являясь высокоинформативным компонентом биоиндикации состояния окружающей среды (Ляшенко, 2019; Протасова и др., 2019). Форма листовой пластинки позволяет использовать техники получения 2D изображений практически без пространственных искажений, что незаменимо в полевых исследованиях и при динамическом анализе больших выборок растений (Широкий, Новочадов, 2022).

Применительно к фитоиндикации, специалисты по биомониторингу получили возможность для бесконтактного количественного анализа с помощью высокочувствительных и малозатратных количественных методов, характеризующих

состояние растительных объектов в динамике и on-line режиме (Турмухаметова, 2019; Zaghoul et al., 2020).

Решение задачи получения подобной информации привело к созданию достаточного количества портативных специализированных приборов, которые выдают пользователю результат в виде «фактического» содержания биологических веществ (прежде всего – пигментов) в объекте, не раскрывая детали определения. Предпринимаемые в настоящее время попытки использовать цветовую информацию формата RGB как источник сведений о содержании пигментов в различных частях растений (Катаев, Дадонова, 2019; Zhang et al., 2022) также требуют отдельных исследований и обсуждений.

На сегодняшний день в России в качестве биоиндикаторов используется большое число видов многолетних древесных растений, преимущественно представителей родов *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Padus*, *Populus*, *Titia*, *Ulmus* (Ляшенко, 2019; Краснаярова и др., 2024). В отношении засушливых территорий этот перечень гораздо уже, использование большинства классических биоиндикаторов ввиду суровых климатических и почвенных условий здесь ограничено или принципиально невозможно. Необходимы растения с высокой степенью адаптации к засушливым условиям, но исследования в этом направлении немногочисленны (Протасова и др., 2019; Zhou et al., 2024).

Цель работы – оценить возможности компьютерной цветометрии и спектрального анализа листовых пластинок *Elaeagnus angustifolia* L. и *Caragana arborescens* Lam. в комплексе исследования адаптации растений к условиям существования и биоиндикации неблагоприятного антропогенного воздействия на экосистемы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта выбраны листовые пластинки лоха узколистного, *E. angustifolia*, типичного аборигенного представителя дендрофлоры Волгоградской области, и караганы древовидной, *C. arborescens*, интродуцированной на эту территорию из Сибири и успешно адаптировавшейся к новым условиям существования (рис. 1).

Оба вида ранее уже описывались как претенденты на роль биоиндикаторов в засушливой зоне (Кулик и др., 2021; Трещевская и др., 2021).

Первая локация выбрана, исходя из большого количества *E. angustifolia*, естественно произрастающих по склонам овражно-балочной системы и в составе защитной лесной полосы

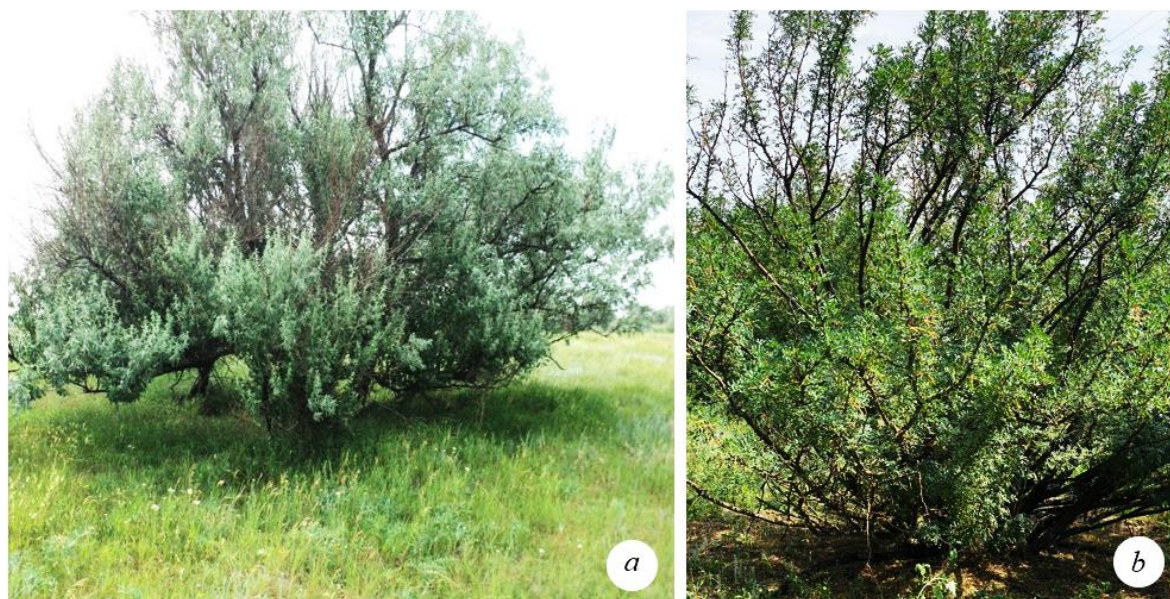


Рис. 1. Объекты исследования: *Elaeagnus angustifolia* (a) и *Caragana arborescens* (b)

в 2 км южнее поселка Оленье Дубовского района Волгоградской области (координаты 49,157950° N, 44,867218° E). Ближайшая автотрасса расположена в 1,5 км к западу, промышленные предприятия в радиусе 20 км отсутствуют, сельскохозяйственная деятельность на прилегающей территории не ведется (рис. 2a).

Вторая локация, на которой изучали *E. angustifolia*, расположена по обе стороны федеральной автомобильной дороги Р228 Сызрань – Волгоград вблизи 676 км непосредственно у въезда в город (координаты 48,869650° N, 44,618308° E). Интенсивное движение по дороге, несанкционированные стоянки большегрузного автотранспорта, близость Волгоградского алюминиевого завода компании «Русал», который за 50 лет работы существенно загрязнил почву в радиусе нескольких километров и после возобновления производства периодически производит токсические выбросы в атмосферу, формируют на этой территории высокий уровень антропогенной нагрузки (рис. 2b).

Третий участок расположен на территории Кировского района города Волгограда в пятистах метрах югу от поселка Горная Поляна и является частью Кировского селекционно-семеноводческого комплекса – питомника ФНЦ агроэкологии РАН (координаты 48,617218° N, 44,374706° E). На этом участке выбрали две группы деревьев, расположенных на его северной и южной границах, для которых по результатам многолетнего мониторинга установлен высокий уровень антропогенного воздействия, которое заключается в замусоренности строительными материалами и пищевыми отходами, эпизодическом выпасе коз, разжигании костров, а также высокой запыленности участка в месте прилегания к проселочной дороге. В составе травянистых растительных сообществ на этой территории выявлено множество рудеральных видов травянистых растений (рис. 2d).



Рис. 2. Карта-схема расположения изучаемых локаций *Elaeagnus angustifolia* (a, b) и *Caragana arborescens* (d, e) на территории Волгоградской области (c)

1 – участок федеральной защитной лесной полосы и балки вблизи поселка Оленье, 2 – участок федеральной автомобильной дороги Р228 Сызрань – Волгоград, 3 – Ольховское лесничество, 4 – Кировский селекционно-семеноводческий комплекс.

В качестве четвертого участка выбрано место широкомасштабной интродукции *C. arborescens* на территории Ольховского лесничества (координаты 49,792305° N, 44,683398° E), которое находится в двух километрах к северо-востоку от поселка Ольховка и характеризуется низким уровнем антропогенной нагрузки, не используется для хозяйственной деятельности человека и не является местом отдыха для местного населения. Ближайшая дорога с твердым покрытием и малоинтенсивным движением автотранспорта находится в 300 м от обследованного массива (рис. 2е).

Сбор листовых пластинок проводили во второй декаде июня, выбирая для анализа фенотипически здоровые и нормально развитые растения, расположенные на 20–30 м вглубь от границы участка, что обеспечивало, с учетом их равномерной посадки в составе массива, одинаковую освещенность и не препятствовало запылению от прилегающих грунтовых дорог, в случае их наличия. Листья забирали азимутальным способом (с 8 одного вегетационного возраста побегов по кругу от севера по часовой стрелке) на высоте 150–180 см от почвы. От сложного листа отбирали вторые-третьи листочки от верхушки, ориентируясь на их свободное, нестесненное и незатененное расположение на листе и отсутствие видимых повреждений – всего по 16 листочков от одного кустарника.

До анализа листья помещали в промаркированные пластиковые конверты и хранили в переносном холодильнике при +4 °C не более 8 часов.

Компьютерную цветометрию проводили после сканирования адаксиальной (лицевой) поверхности листовых пластинок в RGB-формате на аппарате Canon MF-4410. Оцифрованные изображения обрабатывали программой открытого доступа ImageJ (Wayne Rasband, США), в результате чего получали основные цветовые характеристики: среднюю интенсивность отражения раздельно по R, G и B каналам (усл. ед.), продольный (апикальный) и поперечный градиенты средней интенсивности зеленого (%) (Широкий, Новочадов, 2022). Для цифровой спектрометрии листовых пластинок использовали портативный спектрометр SpectraPen SP-110 (Photon Systems Instruments, Чехия), позволяющий измерять диффузное отражение и пропускание в диапазон длин волн от 340 нм до 790 нм и преобразовывать спектры в необходимые форматы. Данные экспортировали в Excel и рассчитывали для каждой длины волны величину светопоглощения по формуле (Zhang et al., 2022):

$$A = \log(1 - I_0)/(1 - I_s),$$

где: I_0 - интенсивность отражения света сравнения (от стандарта белого цвета); I_s – измеренная интенсивность отражения света исследуемого образца.

В рамках настоящего исследования обращали внимание на A_{430} , A_{647} , A_{460} , и A_{664} , поскольку поглощение на соответствующих длинах волн является специфичным для отдельных пигментов.

Содержание основных пигментов в адаксиальном эпидерме листовых пластинок определяли с помощью спектрографического анализатора «Dualect Scientific+» («Force-A», Франция). Измеряли содержание суммарного хлорофилла (a + b), флавоноидов и антоцианов. Эти данные представляли в мкг/см² сырой массы. Дополнительно рассчитывали индекс азотного баланса (NBI) как соотношение количества хлорофиллов и флавоноидов (азот/углерод) в условных единицах (усл. ед.) (Haworth et al., 2023).

Для статистических расчетов и графической визуализации результатов исследования использовали возможности программного пакета Statistica 12.0 (StatSoftInc, США). Использовали непараметрические показатели для характеристики выборок, статистическую характеристику выборки представляли в форме медианы и межквартильный интервал – Me ($Q1 \div Q3$). Во всех случаях уровень статистической значимости различий по критерию Манна-Уитни принимали равным $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При измерении удельной интенсивности в формате RGB было выявлено, что величины по всем каналам цветопередачи различаются для двух исследуемых видов. В противовес этому, на различия в состоянии окружающей среды реагировали только показатели продольного (апикального) и поперечного градиента интенсивности по G. Минимальная интенсивность зеленого приходилась на центральную область листовой пластинки, по краям и к верхушке листа величина показателя увеличивалась, косвенно свидетельствуя о большей концентрации ключевого пигмента. Продольный и поперечный градиенты интенсивности зеленого были выше в листовых пластинках, взятых на участках с высокой степенью антропогенные загрязнения, в 1,27–1,60 раза (табл. 1).

Таблица 1

Результаты компьютерной цветометрии листовых пластинок *Elaeagnus angustifolia* и *Caragana arborescens*

Показатель	<i>Elaeagnus angustifolia</i>		<i>Caragana arborescens</i>	
	Локация (уровень антропогенного воздействия)			
	1 (низкий)	2 (высокий)	3 (низкий)	4 (высокий)
Удельная интенсивность по R, усл. ед.	2,63 (2,41÷2,87)	3,11 (2,82÷3,48)	3,96 * (3,34÷4,68)	4,26 * (3,69÷4,95)
Удельная интенсивность по G, усл. ед.	6,59 (5,89÷7,16)	6,72 (6,04÷7,35)	8,21 * (7,73÷0,52)	8,55 * (7,79÷9,34)
Удельная интенсивность по B, усл. ед.	4,55 (4,09÷5,11)	4,48 (3,96÷4,92)	3,22 * (2,94÷3,59)	3,18 * (2,77÷3,51)
Продольный градиент интенсивности G, %	6,45 (5,70÷7,08)	10,33 # (9,40÷12,06)	6,75 (6,23÷7,30)	8,54 *# (7,89÷9,19)
Поперечный градиент интенсивности G, %	2,66 (2,39÷2,95)	3,95 # (3,52÷4,33)	3,15 (2,80÷3,48)	4,19 # (3,87÷4,69)

Примечание к таблице. Здесь и далее знаком * отмечены статистически значимые различия между показателями у двух исследованных видов, знаком # – между показателями в двух локациях у одного вида.

По результатам спектрометрии листовых пластинок было выявлено, что спектрограммы листовых пластинок имеют незначительные различия как между видами, так и между группами растений, находящихся в различных условиях окружающей среды, что свидетельствует о невысокой чувствительности измеряемых признаков. Типичные спектрограммы представлены на рисунке 3.

Величины светопоглощения в «зонах интереса» также подтверждают чувствительность данных показателей, в особенности коэффициента светопоглощения A_{664} , в отношении биологической реакции листовых пластинок на неблагоприятные условия окружающей среды (табл. 2).

Определение концентрации хлорофилла в листовых пластинках при микроспектрометрии выявило относительно более высокое содержание хлорофилла в листовых пластинках *C. arborescens* в сравнении с *E. angustifolia*. Содержание в них пигмента различалось на исследованных участках в зависимости от уровня антропогенного воздействия: при высоком уровне его концентрация оказывалась, соответственно, в 1,47 раза и 1,38 раза ниже, чем при высоком.

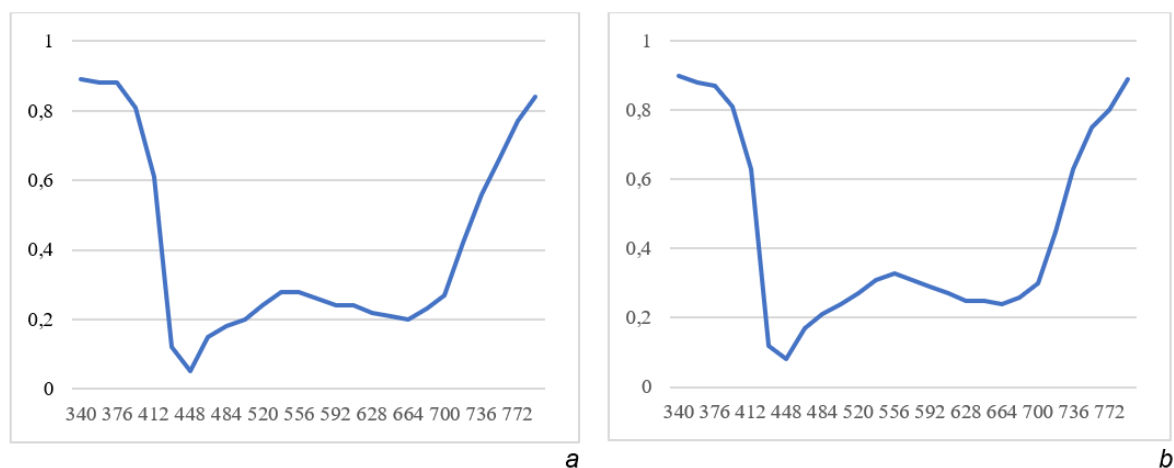


Рис. 3. Спектрограммы листовых пластинок *Caragana arborescens* при низком (а) и высоком (б) уровне антропогенного загрязнения
По оси абсцисс – длина волны (нм), по оси ординат – светопоглощение (%).

Таблица 2
Результаты микроспектрометрии листовых пластинок *Elaeagnus angustifolia* и *Caragana arborescens*

Показатель светопоглощения	<i>Elaeagnus angustifolia</i>		<i>Caragana arborescens</i>	
	Локация (уровень антропогенного воздействия)			
	1 (низкий)	2 (высокий)	3 (низкий)	4 (высокий)
A ₄₃₀	2,64 (2,40÷2,91)	2,75 (2,59÷3,05)	2,88 (2,57÷3,20)	2,93 (2,62÷3,31)
A ₄₆₀	2,46 (2,18÷2,73)	2,87 (2,49÷3,21)	3,20 * (2,88÷3,71)	3,32 (2,96÷3,84)
A ₆₄₇	2,33 (2,04÷2,57)	2,37 (2,11÷2,63)	2,40 (2,17÷2,69)	2,44 (2,21÷2,70)
A ₆₆₄	1,80 (1,55÷2,06)	2,62 # (2,28÷2,97)	2,72 * (2,54÷2,95)	3,48 *# (2,06÷3,84)

Содержание флавоноидов, как и хлорофилла, было относительно выше в листовых пластинках *C. arborescens*, но у обоих видов между участками с различным уровнем антропогенного воздействия практически не различалось. Также не было выявлено различий между группами при анализе концентрации антоцианов. Индекс азотного баланса в листовых пластинках при повышенной антропогенной нагрузке у *E. angustifolia* был ниже в 1,68 раза, у *C. arborescens* – в 1,42 раза (табл. 3).

Проведенная в настоящем исследовании оценка цветометрических и спектрометрических характеристик листовых пластинок *E. angustifolia* и *C. arborescens* является частью планомерной работы ФНЦ агроэкологии РАН по анализу состояния аборигенных и интродуцированных древесно-кустарниковых растений, высаженных на территории региона с целью защитного лесоразведения, их восстановления и формирования новых устойчивых экосистем (Егоров и др., 2023; Кулик и др., 2023).

Полученные в работе данные подтверждают достаточно высокую жизнестойкость выбранных растений в засушливых условиях Волгоградской области. Тем не менее, они в полной мере способны к стрессовой реакции на высокие по интенсивности воздействия факторов окружающей среды, в том числе – к антропогенному воздействию (Крючков, Маттис, 2014).

Таблица 3

Результаты определения основных пигментов в листовых пластинках
Elaeagnus angustifolia и *Caragana arborescens*

Показатель	<i>Elaeagnus angustifolia</i>		<i>Caragana arborescens</i>	
	Локация (уровень антропогенного воздействия)			
	1 (низкий)	2 (высокий)	3 (низкий)	4 (высокий)
Суммарный хлорофилл (мкг/см ² сырой массы)	28,8 (26,6÷30,4)	19,6 # (17,9÷21,4)	34,8 * (32,1÷37,0)	25,2 *# (23,0÷27,8)
Флавоноиды (мкг/см ² сырой массы)	1,06 (0,94÷1,15)	1,22 # (1,14÷1,35)	1,31 * (1,20÷1,44)	1,35 (1,23÷1,48)
Антоцианы, мкг/см ² сырой массы	0,35 (0,31÷0,39)	0,33 (0,29÷0,37)	0,18 * (0,16÷0,21)	0,20 * (0,17÷0,23)
Индекс азотного баланса, усл. ед.	27,2 (25,0÷29,4)	16,1 # (14,8÷17,3)	26,6 (24,2÷29,1)	18,7 # (16,9÷20,2)

Одним из результатов подобной реакции становится увеличение содержания и изменение пространственного распределения хлорофилла и других пигментов, что отражается на цветометрических и спектрографических характеристиках листовых пластинок (Ракутько и др., 2022). Метод анализа оцифрованных изображений в RGB-формате является очень удобным ввиду возможности их использования в любое время и отсутствия необходимости забора и перемещения биологического материала.

Представляется вполне логичным, что в ответ на неблагоприятные воздействия растение, по сути, находясь на грани токсического стресса, интенсифицирует процессы фотосинтеза. Сходные реакции описаны и для других видов реагирования растений на абиотические стрессы (Самусик, Головатый, 2022; Стасова и др., 2023).

Естественным следствием подобных процессов становится активация свободно-радикального окисления в тканях, которое происходит при участии активных форм кислорода и, по некоторым данным, азота. Последующее накопление флавоноидов, антоцианов и полифенольных соединений также может отражаться на цветовых характеристиках листовых пластинок (Karoor et al., 2019; Hasanuzzaman et al., 2020).

Проведенное исследование носило пилотный характер и поставило несколько новых вопросов. В частности, осталось неясным, каковы сезонные ограничения применения данных методик в полевых условиях, необходимо ли во всех случаях использовать их в комплексе с лабораторным определением пигментов или других веществ в листовых пластинках, наконец, необходима обоснованная стандартизация отбора материала для анализа.

Безусловно, для получения новых данных как о структурной организации листовых пластинок, так и в отношении сравнительной информативности использованных методов, было бы интересным получить также градиенты спектральных характеристик листа и сопоставить их с цветометрическими градиентами, провести калибровку RGB-сигналов и разработать программы автоматизированного цветометрического анализа. Это может являться основными направлениями наших дальнейших исследований в этой области и найти более точные и доказательные алгоритмы.

Тем не менее, цветометрия, в силу ее простоты и доступности, возможности исследования *in situ*, перспективна в комплексе подобных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования дополнительно подтверждено, что древесно-кустарниковые растения лоха узколистого *E. angustifolia* и караганы древовидной *C. arborescens* могут быть использованы в качестве биоиндикаторов в засушливой зоне.

Неблагоприятное воздействие антропогенных факторов может быть выявлено по изменениям цветовых показателей листовой пластинки, из которых наиболее

информативными являются продольный (апикальный) и поперечный градиент интенсивности зеленого в формате RGB.

Анализ спектральных характеристик листовых пластинок по своей чувствительности сопоставим и даже превосходит метод цветометрии. Чувствительным маркером на спектрограммах является коэффициент светопоглощения при 664 нм, связанный с концентрацией хлорофиллов в листовой пластинке.

Цветометрический и спектрометрический методы на настоящий момент могут эффективно использоваться в комплексе анализа листовых пластинок с целью биоиндикации.

Благодарности. Авторы выражают признательность д. с.-х. н. С. Н. Крюкову (ФНЦ агроэкологии РАН) за помощь в организации полевых исследований и консультации по вопросам интродукции караганы на территорию Волгоградской области.

Исследование выполнено в рамках государственного задания FNFE-2025-0010 «Изучение основных путей реализации морфогенеза in vitro и факторов абиотической и биотической природы, регулирующих процессы регенерации древесно-кустарниковых и культурных растений».

Список литературы

- Егоров С. А., Крючков С. Н., Солонкин А. В., Соломенцева А. С., Романенко А. К., Горбушова Д. А. Особенности адаптации древесных и кустарниковых видов в архиве популяций и клонов насаждений г. Волгограда // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 3 (122). – С. 60–67.
- Катаев М. Ю., Даданова М. М. Методика распознавания растительности на основе цветового и текстурного анализа RGB изображений // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 34–39.
- Красноярцева Б. А., Назаренко А. Е., Плуталова Т. Г., Шарабарина С. Н., Барышников С. Г. Оценка уязвимости аграрно-ориентированных природно-хозяйственных систем // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2024. – Т. 49. – С. 72–87.
- Крючков С. Н., Маттис Г. Я. Лесоразведение в засушливых условиях. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 300 с.
- Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1(61). – С. 25–36.
- Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов // Аридные экосистемы. – 2023. – Т. 29, № 1 (94). – С. 4–14.
- Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды. – СПб.: СПб ГТУРП, 2019. – 67 с.
- Протасова М. В., Проценко Е. П., Петрова И. В., Петров С. С., Саад Ф. Сабр. Использование методов биоиндикации при исследовании экологического состояния городской среды // Экология урбанизированных территорий. – 2019. – № 3. – С. 136–140.
- Ракутько С. А., Васькин А. Н., Ракутько Е. Н. Применение морфо-цветометрического анализа в биоиндикации экосистем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2022. – № 3 (67). – С. 445–458.
- Самусик Е. А., Головатый С. Е. Реакция пигментной системы древесных растений на газопылевое загрязнение // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2022. – № 2. – С. 78–86.
- Стасова В. В., Скрипальщикова Л. Н., Астраханцева Н. В., Барченков А. П. Фотосинтетические пигменты в листьях березы повислой при техногенном воздействии // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 3. – С. 35–47.
- Трещевская Э. И., Тихонова Е. Н., Голядкина И. В., Трещевская С. В., Князев В. И. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) как кустарниковая порода при биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 31–44.
- Турмухаметова Н. В. Использование морфометрических и фенологических показателей *Tilia cordata* Mill. для целей биоиндикации // Самарский научный вестник. – 2019. – Т. 8, № 4. – С. 93–97.
- Черноусова О. В., Рудаков О. Б. Цифровые изображения в аналитической химии для количественного и качественного анализа // Химия, физика и механика материалов. – 2019. – № 2 (21). – С. 55–125.
- Широкий А. А., Новочадов В. В. Цифровые методики в имидж-анализе растительных сообществ аридных зон // Физико-техническая информатика СРТ2022: Матер. X Междунар. конф. (Пушино 16–20 мая 2022 г.). – Нижний Новгород – Москва – Пушино, 2022. – С. 140–150.
- Hasanuzzaman M., Bhuyan M.H.M.B., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S.M., Mahmud J.A., Fujita M., Fotopoulos V. Reactive oxygen species and antioxidant defense in 161 plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator // Antioxidants. – 2020. – Vol. 9. – e681.

Haworth M., Marino G., Atzori G., Fabbri A., Daccache A., Killi D., Carli A., Montesano V., Conte A., Balestrini R., Centritto M. Plant physiological analysis to overcome limitations to plant phenotyping // *Plants* (Basel). – 2023. – Vol. 12, N 23. – e4015.

Kapoor D., Singh S., Kumar V., Romero R., Prasad R., Singh J. Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) // *Plant Gene*. – 2019. – Vol. 19. – e100182.

Zaghloul A., Saber M., Gadow S., Fikry A. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems // *Bulletin of the National Research Centre*. – 2020. – Vol. 44. – e127.

Zhang H., Ge Y., Xie X., Atefi A., Wijewardane N. K., Thapa S. High throughput analysis of leaf chlorophyll content in sorghum using RGB, hyperspectral, and fluorescence imaging and sensor fusion // *Plant Methods*. – 2022. – Vol 18, N 1. – e60.

Zhou A., Ge B., Chen S., Kang D., Wu J., Zheng Y., Ma H. Leaf ecological stoichiometry and anatomical structural adaptation mechanisms of *Quercus* sect. *Heterobalanus* in southeastern Qinghai-Tibet Plateau // *BMC Plant Biology*. – 2024. – Vol. 24, N 1. – e325.

Kulik K. N., Isakov A. S., Novochadov V. V. Colorimetric and Spectral Characteristics of *Caragana arborescens* and *Elaeagnus angustifolia* Leaves as Potential Indicators of Anthropogenic impact // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 129–137.

The development and implementation of new systems for obtaining and computer analysis of biological images and spectrograms, which increased the indicative possibilities and opened opportunities for expanding the number of applicable species in subarid areas, causes the relevance of this study. The shrubs *Elaeagnus angustifolia* and *Caragana arborescens*, widely used in the south-east of European Russia for the reclamation of man-made landscapes, protective afforestation, were selected as the objects of research. For collecting material, we used sites with low and high levels of anthropogenic impact, characterized by an increased content of toxic trace elements in the soil and air pollution. Resulting from the colorimetric analysis, the more expressive changes we recorded for the longitudinal and transverse gradients of green for both studied species. Spectrometry revealed that the light absorption intensity at the wavelength of A664 was sensitive to the level of anthropogenic load for the selected plants. The determination of total chlorophyll, flavonoid, anthocyanin concentrations, along with the calculation of the nitrogen balance index in leaf blades by the «Dualox Scientific+» spectrometer clearly demonstrated differences in the values of these indicators among the selected biological species and their growth in areas with varying degrees of anthropogenic impact. A comparative analysis of the results between species, as well as between sites with different degrees and nature of anthropogenic load, allowed us to conclude that both approaches could currently be effectively combined with classical bioindication methods. The sufficiently high sensitivity of *E. angustifolia* and *C. arborescens* to changes in environmental pollution recommends these species as a potential plant bioindicator in the subarid zone.

Key words: leaf blade, computer colorimetry, spectral analysis, *Caragana arborescens*, *Elaeagnus angustifolia*, bioindication, anthropogenic pollution.

Поступила в редакцию 20.02.25

Принята к печати 12.03.25

Таксономический состав и оценка видового разнообразия дискомицетов природного ландшафтного объекта «Лисьи горки» Новосибирского Академгородка

Филимонова Д. А.^{1,2}, Воробьева И. Г.¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет
Новосибирск, Россия

²Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия
filimonova@issa-siberia.ru, vip.fungi@mail.ru

Изучение биоразнообразия организмов в природных экосистемах имеет важное теоретическое и прикладное значение. Однако вопросу исследования разнообразия грибов как важного компонента поддержания стабильности природных ландшафтов урбанизированных территорий до сих пор уделяется недостаточно внимания. Представлены результаты таксономического анализа и оценки биоразнообразия дискомицетов городского растительного ландшафта «Лисьи Горки» – объекта, обладающего исключительной природоохранной ценностью, расположенного на территории Новосибирского Академгородка. Выявлено 26 видов грибов, относящихся к 2 классам, 3 порядкам, 11 семействам и 18 родам. В таксономической структуре наибольший удельный вес занимали представители порядка Pezizales. Установлены различия биологического разнообразия оперкулятных и иноперкулятных видов. В группе оперкулятных грибов коэффициент видовой насыщенности рода составляет 1,6, видовой насыщенности семейства – 3,2, родовой насыщенности семейства – 2,0. В группе иноперкулятных дискомицетов данные показатели ниже и составляют соответственно 1,2; 1,4; 1,2. Оперкулятные дискомицеты характеризуются большим таксономическим богатством, но меньшей равномерностью распределения видов по их обилию в сообществе, по сравнению с иноперкулятными. Сравнительный анализ микобиоты дискомицетов изученной территории и известных микобиот антропогенных растительных ландшафтов территорий России выявил преобладание оперкулятных видов в общей структуре дискомицетов, а также таксономическое сходство с микобиотой Центрального сибирского ботанического сада СО РАН – особо охраняемой природной территории, что связано с биогеографическими факторами.

Ключевые слова: дискомицеты, антропогенные ландшафты, биологическое разнообразие, таксономический состав.

ВВЕДЕНИЕ

Грибы играют значительную роль в любых экосистемах, являясь деструкторами органического материала, симбионтами и паразитами. Их всестороннее изучение необходимо для понимания функционирования биогеоценозов, сохранении биологического разнообразия и поддержания устойчивого природопользования. Дискомицеты представляют крупную (до 5000 видов), но недостаточно исследованную полифилетическую группу грибов отдела Ascomycota. Они выступают в качестве компонента почвообразования, утилизируют растительные и животные остатки, в числе первых заселяют послепожарные территории (Богачева, 2012; Lestari, 2023). В настоящее время в литературе имеются очень ограниченные сведения по биоразнообразию грибов данной группы, касающиеся преимущественно их распространения в ненарушенных природных ландшафтах (Богачева, 1996; Филиппова, 2012; Попов, 2014). Для узкого круга урбанизированных территорий имеются лишь их аннотированные списки (Богачева, 1996; Прохоров, Милехин, 2006; Попов, 2014).

На территории Новосибирска, крупного сибирского мегаполиса, имеется ряд природных растительных ландшафтных объектов с разной степенью антропогенной нагрузки. Одним из них является растительный ландшафт «Лисьи горки», который, согласно информации Управления по государственной охране объектов культурного наследия Новосибирской области, обладает исключительной ценностью с точки зрения разнообразия и сохранности естественных лесных массивов. Сохраненная в нем система зеленых насаждений, характерная

для Приобских сосновых боров, является эталоном естественной экосистемы; в междюнных понижениях встречаются редкие виды, включенные в федеральную и региональные Красные книги (Приказ..., 2015). В этой связи всестороннее изучение каждого компонента биогеоценоза, и грибного, в частности, для поддержания стабильного функционирования природной экосистемы в целом является актуальным.

Цель работы – изучить таксономическую структуру и оценить видовое разнообразие дискомицетов природного растительного ландшафта «Лисьи Горки» Новосибирского Академгородка.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Городской растительный ландшафт «Лисьи горы» расположен на территории Академгородка г. Новосибирска (54°51' с. ш. 83°05' в. д.) и представляет собой крупный участок естественного лесного массива, площадью 3,1 км², сохранившего многие экосистемные компоненты (рис. 1).

Данная территория приурочена к древним террасам реки Оби. К гидрологическим особенностям местности можно отнести высокую степень увлажнения, обусловленную наличием крупной реки. Вместе с тем песчаные почвы, преобладающие на этом участке, обладают низкой водоудерживающей способностью и сравнительно малым плодородием. Данные условия благоприятны для развития травяных сосновых лесов. Рельеф описываемой территории преимущественно дюнный, на вершинах находятся мертвопокровные участки, по склонам произрастают кустарничково-травяные леса с обилием брусники, междюнные понижения заняты лесами с доминированием черничников (Лашинский и др., 2013). Естественная растительность территории представлена сосновыми и смешанными сосново-березовыми лесами с развитым травяным покровом на супесчаных грунтах древних высоких террас реки Оби (Лашинский, 2007). Основные лесобразующие породы представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березой повислой (*Betula pendula* Roth), березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и осиной (*Populus tremula* L.) (Лашинский и др., 2013). Основу естественного почвенного покрова «Лисьих горок» составляют среднедерновые глубокоподзолистые и дерново-подзолистые грунтово-глееватые почвы. Первые характерны



Рис. 1. Карта-схема района исследований с указанием мест находок дискомицетов

для повышенных форм рельефа, где формируются сосновые леса без примеси мелколиственных деревьев, вторые приурочены к днищам неглубоких ложбин стока, растительность на таких почвах – сосновый лес с примесью березы и кустарника. Морфологический облик почвенной компоненты, физические и физико-химические свойства, химический состав практически не нарушены антропогенной деятельностью, кроме того, для данных почв не характерны загрязнения, связанные с промышленными объектами. Существующее долговременное воздействие такого техногенного фактора, как загрязнение атмосферного воздуха со стороны Бердского шоссе, также не оказывает значительное влияние на состояние почвенного покрова (Сысо, 2010; Добрецов, 2013; Зольников, 2015).

Объектом исследования являются дискомицеты, собранные на территории «Лисьих горок» маршрутным методом с мая по октябрь в 2018–2023 гг. Сбор и гербаризация плодовых тел проводились общепринятыми методами (Большаков, Ивойлов, 2014). Обследована территория с разными типами ценозов. Идентификация грибов осуществлялась с использованием микроскопа фирмы Carl Zeiss AxioLab (Германия) и стандартных определителей (Смицкая, 1980; Kirk, 2008). Таксономическое положение видов дискомицетов приведено согласно базе Index Fungorum (www.indexfungorum.org). Таксономическая структура проанализирована согласно принятым методикам отдельно для оперкулятных и иноперкулятных видов (Толмачев, 1974; Попов, 2005; Богачева, 2008; Леонтьев, 2008). Численные соотношения между рангами (среднее число видов в семействе, родов в семействе и видов в роде) рассчитаны по стандартным методикам (Шмидт, 1984; Леонтьев, 2008; Попов, 2005). Для оценки богатства и сложности систематической структуры биоты оперкулятных и иноперкулятных дискомицетов использован индекс разнообразия Шеннона. Мера доминирования видов рассчитана с помощью индекса Симпсона. Сравнение микобиоты дискомицетов городского природного ландшафта «Лисьи горки» с аналогичной ботанического сада-института ДВО РАН (Владивосток), природно-исторического парка «Битцевский лес» (Москва), ботанического сада Петра Великого (Санкт-Петербург) и Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН) (Новосибирск) проведено на основе данных литературы (Богачева, 1996; Прохоров, Милехин, 2006; Попов, 2014) и собственных исследований (Филимонова, Воробьева, 2023). Сравнение проводилось по численным соотношениям между рангами как показателям, коррелирующим с богатством биоты (Шмидт, 1984). Кластерный анализ проведен стандартными методами (Лебедева и др., 1999) средствами Google Colab.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлено 2 класса, 3 порядка, 11 семейств, 18 родов, 26 видов дискомицетов (табл. 1).

Преобладающим по числу видов является класс *Pezizomycetes* (73 %), представленный оперкулятными дискомицетами. Иноперкулятные дискомицеты, относящиеся к классу *Leotiomycetes*, составляют 27 % видов. Ведущими по числу видов являются два порядка: *Pezizales*, насчитывающий 19 видов, и *Helotiales* – 6 видов. На них приходится 73 и 23 % всех выявленных видов соответственно. Порядок *Leotiales*, представленный одним видом, составляет 4 % от изученной микобиоты.

К семействам, на которые приходится больше половины (61,5 %) всех обнаруженных оперкулятных дискомицетов, относятся *Pyronemataceae* (6 видов), *Pezizaceae* и *Helvellaceae* (по 5 видов) порядка *Pezizales*. В иноперкулятных семействах *Chlorociboriaceae* и *Sclerotiniaceae* выявлено по 2 вида. В остальных семействах данной группы таксономический состав грибов представлен одним видом.

Наиболее разнообразны по числу видов оказались три рода: *Helvella* (*Helvellaceae*, *Pezizales*) – 19 % от общего числа видов, *Peziza* (*Pezizaceae*, *Pezizales*) и *Chlorociboria*, (*Chlorociboriaceae*, *Helotiales*) (15 % и 7 %, соответственно).

Таблица 1

Таксономическая структура дискомицетов

Класс	Порядок	Семейство	Род (число видов)
		(число родов/видов)	
Pezizomycetes (12/19)	Pezizales (12/19)	Discinaceae (1/1)	Gyromitra (1)
		Morchellaceae (1/1)	Morchella (1)
		Helvellaceae (1/5)	Helvella (5)
		Pezizaceae (2/5)	Legaliana (1), Peziza (4)
		Pyronemataceae (6/6)	Pulvinula (1), Geopyxis (1), Humaria (1), Otidea (1), Scutellinia (1), Tarzetta (1)
		Sarcosomataceae (1/1)	Sarcosoma (1)
Leotiomycetes (6/7)	Helotiales (5/6)	Chlorociboriaceae (1/2)	Chlorociboria (2)
		Helotiaceae (1/1)	Bisporella (1)
		Lachnaceae (1/1)	Lachnum (1)
		Sclerotiniaceae (2/2)	Ciboria (1), Dumontinia (1)
	Leotiales (1/1)	Leotiaceae (1/1)	Leotia (1)

Выявленный таксономический состав дискомицетов согласуется и подтверждает имеющиеся сведения о том, что данная структура характерна для бореальной зоны Голарктического царства, где наибольшим разнообразием отличаются семейства Helvellaceae, Pezizaceae, Pyronemataceae (Попов, 2005).

Соотношение родов по числу видов для обеих групп дискомицетов было неодинаковым и выявило большее таксономическое разнообразие оперкулятных грибов по сравнению с иноперкулятными (рис. 2). Среди 11 родов оперкулятных дискомицетов богатыми по числу видов были рода *Helvella* (26 %) и *Peziza* (21 %), остальные занимали по 5 % от общего состава. Среди иноперкулятных дискомицетов различия между шестью выявленными родами оказались не столь выражены: на преобладающий по числу видов род *Chlorociboria* приходилось 29 % всех представителей группы, на остальные – по 14 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что таксономический состав оперкулятных дискомицетов характеризуется менее выровненным распределением видов по родам по сравнению с иноперкулятными.

Схожая ситуация наблюдается и при анализе таксономического спектра семейств по числу видов (рис. 3).

Преобладающее в спектре оперкулятных дискомицетов семейство Pyronemataceae составляет 32 %, Pezizaceae и Helvellaceae – по 26 %, на семейства Discinaceae, Morchellaceae и Sarcosomataceae приходится только по 5% видов. Менее выражена разница между пятью семействами иноперкулятных дискомицетов. Так, ведущие семейства Chlorociboriaceae и Sclerotiniaceae занимают по 29 %, в то время как на семейства Helotiaceae, Lachnaceae и Leotiaceae приходится только по 14 % видов. Таким образом, оперкулятные дискомицеты на уровне семейства обладают большим богатством видов, но меньшей их выравненностью, иноперкулятные – большей выравненностью на фоне меньшего богатства.

Для оценки биоразнообразия объектов отдельной территории, как правило, используются индексы, учитывающие как богатство, так и сложность биоты. Наиболее предпочтительным из них является индекс Шеннона, особенно при изучении небольших выборок (Одум, 1986). Полученные значения индекса Шеннона для оперкулятных и иноперкулятных дискомицетов составляют соответственно 2,9 и 1,1, что отражает тот факт, что микобиота оперкулятных дискомицетов включает большее число видов и выше доля тех из них, которые представлены значительным числом находок. Более высокое значение индекса у оперкулятных дискомицетов свидетельствует также о более сложной структуре их биоты по сравнению с иноперкулятными дискомицетами.

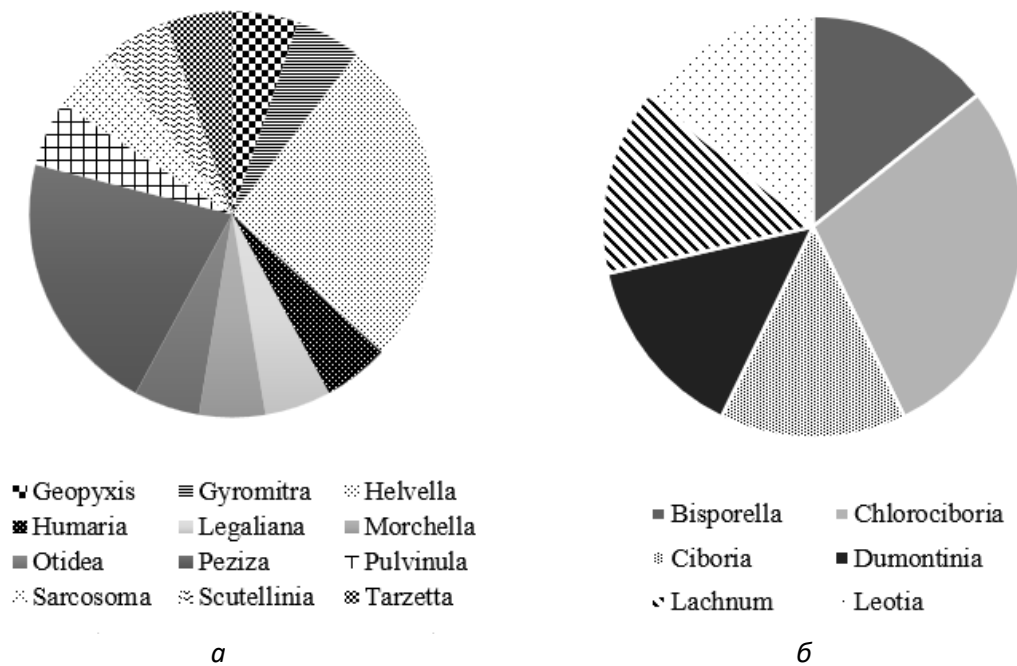


Рис. 2. Удельный вес родов по числу видов оперкулятных (а) и иноперкулятных (б) дискомицетов

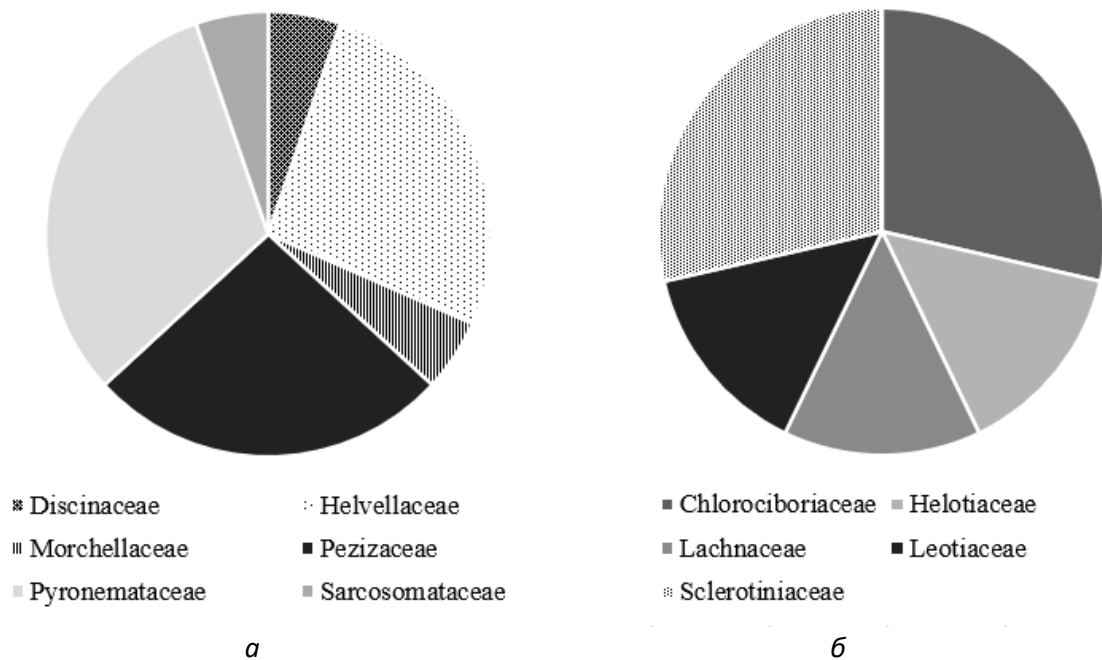


Рис. 3. Удельный вес семейств по числу видов оперкулятных (а) и иноперкулятных (б) дискомицетов

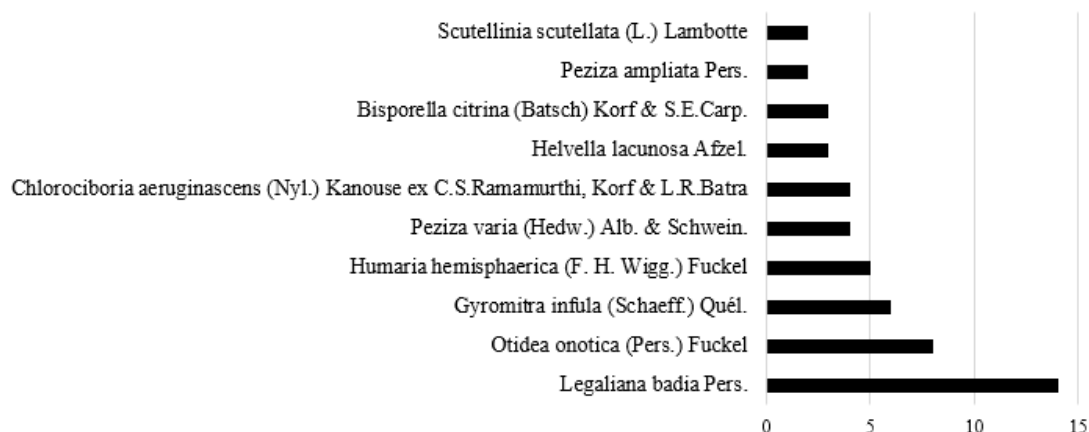


Рис. 4. Превалирующие виды дискомицетов по абсолютному числу находок

По абсолютному числу находок выделено 10 видов грибов, среди которых только три относились к группе иноперкулятных: *Chlorociboria aeruginascens* (Nyl.) Kanouse ex C.S.Ramamurthi, Korf & L.R.Batra, *Bisporella citrina* (Batsch) Korf & S.E.Carp. и *Scutellinia scutellata* (L.) Lambotte (рис. 4). Среди оперкулятных дискомицетов по обилию находок выделялись *Legaliana badia* Pers., *Otidea onotica* (Pers.) Fuckel, *Gyromitra infula* (Schaeff.) Quél.

Для оценки доминирования видов в общей структуре дискомицетов использован индекс Симпсона, преимущество которого состоит в слабой зависимости от видового богатства. Его значение для оперкулятных дискомицетов составляет 0,102, а для иноперкулятных – 0,008, что подтверждает разный уровень представленности видов в изученных группах и согласуется с полученными ранее сведениями (Леонтьев, 2008).

Оценить богатство дискомицетов изучаемой территории возможно путем сравнения их таксономической структуры с аналогичными микобиотами соседних или более удаленных областей (Попов, 2005). Анализ среднего количества видов грибов в роде, как наиболее независимого от площади показателя, выявил, что наибольшим видовым богатством оперкулятных грибов обладают «Лисьи горки» наравне с ботаническим садом-институтом ДВО РАН, а наименьшим – ЦСБС СО РАН. Промежуточное положение занимают Ботанический сад Петра Великого и Природно-исторический парк «Битцевский лес» (табл. 2).

По группе иноперкулятных грибов ведущее положение занимают Природно-исторический парк «Битцевский лес» и ботанический сад-институт ДВО РАН. Видовое разнообразие остальных территорий примерно равно и варьирует от 1,2 до 1,3. На 60 % проанализированных территорий соотношение видов в роде у оперкулятных грибов превышает таковое у иноперкулятных. Полученные данные в целом согласуются и подтверждают мнение о том, что среднее количество видов в роде является константным для обширных территорий (Леонтьев, 2008). Исключение составляет микобиота оперкулятных грибов Дальнего Востока, что может быть связано со специфичностью природно-климатических условий региона. По среднему количеству родов в семействе наблюдается обратная картина: иноперкулятные дискомицеты превалируют над оперкулятными на всех территориях, кроме «Лисьих горок». На территории ЦСБС СО РАН данные показатели были одинаковыми для обеих групп грибов. По среднему количеству видов в семействе доминирование оперкулятных дискомицетов над иноперкулятными на территории «Лисьих горок» выражено значительно сильнее на фоне обратного соотношения значений на остальных территориях. Одной из причин этого может быть более высокая антропогенная нагрузка на данную территорию, а также наличие пирогенных ценозов, что способствует их заселению пионерными оперкулятными видами.

Кластерный анализ с использованием к-средних позволил разделить изученные территории по степени сходства микобиот дискомицетов на два кластера (рис. 4).

Таблица 2

Показатели систематического разнообразия дискомицетов
Урбанизированных территорий РФ

Группа дискомицетов	«Лисьи Горки»	Природно-исторический парк «Битцевский лес»*	Ботанический сад Петра Великого*	Ботанический сад-институт ДВО РАН*	Центральный сибирский ботанический сад СО РАН**
Среднее количество видов в роде					
Оперкулятные	1,6	1,3	1,5	2,1	1,2
Иноперкулятные	1,2	1,6	1,2	1,5	1,3
Среднее количество родов в семействе					
Оперкулятные	2,0	1,5	1,7	3,8	1,9
Иноперкулятные	1,2	4,6	5,1	6,4	1,9
Среднее количество видов в семействе					
Оперкулятные	3,2	2,0	2,5	8,0	2,1
Иноперкулятные	1,4	7,4	6,3	9,8	2,4

Примечание к таблице. * – сведения приведены по данным литературы, ** – собственные данные.

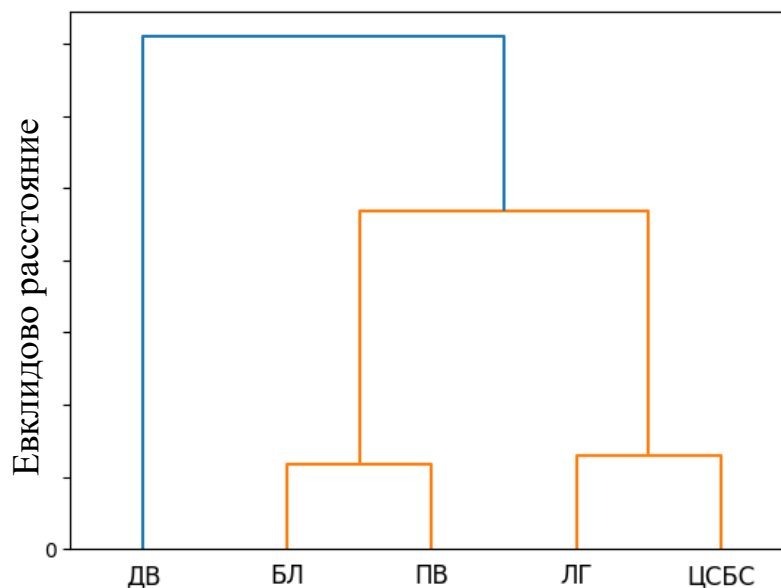


Рис. 4. Дендрограмма сходства микобиот исследованных территорий по количеству семейств оперкулятных и иноперкулятных дискомицетов
ДВ – Ботанический сад-институт ДВО РАН, ПВ – Ботанический сад Петра Великого, БЛ – Природно-исторический парк «Битцевский лес», ЛГ – «Лисьи горки», ЦСБС – Центральный сибирский ботанический сад СО РАН.

В первый кластер вошли территории «Лисьих гор» и ЦСБС СО РАН, во второй – Ботанического сада Петра Великого и Природно-исторического парка «Битцевский лес». Нахождение в одном кластере сообществ, приуроченных к одной климатической зоне, является логичным (Толмачев, 1974), поскольку таксономические отношения напрямую зависят от биогеографических закономерностей (Леонтьев, 2008). Полученные результаты отражают тот факт, что территория «Лисьих гор» имеет схожие эколого-климатические условия с территорией ЦСБС СО РАН как близко расположенных объектов, но отличается от остальных как географически, так и интегрально – по соотношению групп оперкулятных и иноперкулятных дискомицетов. Обособленное положение занимает микобиота территории ботанического сада-института ДВО РАН с более высоким таксономическим многообразием, что может быть обусловлено типом растительности, наличием сложного рельефа, контрастными климатическими условиями на весьма ограниченных пространствах, а также сочетанием микофлор разных царств (Богачева, 2009).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории городского ландшафтного объекта «Лисьи горы» Новосибирского Академгородка дискомицеты представлены 26 видами, 18 родами, 11 семействами, относящимися к 2 классам. Ведущим по числу видов является класс *Pezizomycetes* (73 %), представленный оперкулятными дискомицетами. Иноперкулятные дискомицеты, относящиеся к классу *Leotiomycetes*, составили 27 % видов. Сравнительный анализ соотношения родов по числу видов в обеих группах дискомицетов показал большее таксономическое богатство оперкулятных, в отличие от иноперкулятных. Оперкулятные дискомицеты характеризуются меньшей равномерностью в распределении видов, в то время как у иноперкулятных видов этот показатель имеет более выровненный характер. Комплексный анализ богатства и выровненности микобиоты выявил более сложную структуру оперкулятных дискомицетов и их преобладание над иноперкулятными. В систематическом отношении состав дискомицетов городского ландшафтного объекта «Лисьи горы» Новосибирского Академгородка отличается от аналогичного других изученных территорий РФ, но сходен с ЦСБС СО РАН – особо охраняемой природной территорией, что связано с биогеографическими факторами.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

Список литературы

- Богачева А. В. Дискомицеты Ботанического сада ДВО РАН // Микология и фитопатология. – 1996. – Т. 30, вып. 3. – С. 1–6.
- Богачева А. В. Дискомицеты заповедников Приморского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.05 Ботаника, 03.00.24 Микология. – Владивосток: Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 1997. – 22 с.
- Богачева А. В. Дискомицеты (*Ascomycota*: *Helotiales*, *Neoelectales*, *Orbiliiales*, *Pezizales*, *Thelebolales*) юга Дальнего Востока России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: спец. 03.00.24 Микология. – Владивосток: Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 2008. – 40 с.
- Богачева А. В. Пецицевые дискомицеты российского Дальнего Востока // Известия Иркутского государственного университета. – 2012. – Т. 5, № 4. – С. 135–143.
- Добрецов Н. Н., Зольников И. Д., Глушкова Н. В., Пчельников Д. В., Соколов К. С., Лямина В. А., Смирнов В. В. Технологии компьютерного картографирования, ГИС-анализа и моделирования природно-антропогенных экосистем // Динамика экосистем Новосибирского Академгородка / [Отв. ред. И. Ф. Жимулёв]. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – С. 20–32.
- Зольников И. Д., Богуславский А. Е., Лямина В. А. Геолого-геоморфологическая основа ландшафтов Академгородка // Динамика экосистем Новосибирского Академгородка / [Отв. ред. И. Ф. Жимулёв]. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – С. 33–44.
- Лашинский Н. Н. Растительный покров Академгородка // Природа Академгородка 50 лет спустя / [Отв. ред. И. Ф. Жимулёв]. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. – С. 41–46.
- Лашинский Н. Н., Макунина Н. И., Мальцева Т. В. Очерк растительности // Динамика экосистем Новосибирского Академгородка / [Отв. ред. И. Ф. Жимулёв]. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2013. – С. 85–104.

- Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Кривоуцкий Д. А. Биоразнообразие и методы его оценки: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 95 с.
- Леонтьев Д. В. Флористический анализ в микологии: учебник для студентов высших учебных заведений. – Харьков, 2008. – 110 с.
- Большаков С. Ю., Ивойлов А. В. Методика изучения видового разнообразия макроскопических грибов // Методы полевых экологических исследований: учебное пособие / [Отв. ред. А. Б. Ручин]. – Саранск, 2014. – С. 61–82.
- Одум Ю. Экология. Т. 2. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
- Попов Е. С. Дискомицеты Ботанического сада Петра Великого // Ботаника: история, теория, практика (к 300-летию основания Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук): Труды международной научной конференции. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – С. 166–169.
- Попов Е. С. Дискомицеты Северо-Запада европейской части России (Ленинградская, Новгородская, Псковская области, г. Санкт-Петербург): автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.24 Микология. – СПб, Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2005. – 22 с.
- Приказ Управления по государственной охране объектов культурного наследия Новосибирской области от 12 января 2015 г. № 7 «Об утверждении особенностей (предмета охраны) объекта культурного наследия регионального значения – достопримечательного места «Новосибирский Академгородок», расположенного по адресу: Новосибирская область, город Новосибирск, Советский район» [Электронный ресурс]. – Информационно-правовой портал Гарант.ру. – 2015. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/7261494/> (просмотрено 31.01.2025).
- Прохоров В. П., Милехин Д. И. Дискомицеты лесопарка Битца г. Москва // Бюллетень МОИП. Отделение Биологическое – 2006. – Т. 111, вып. 4. – С. 63–69.
- Смицкая М. Ф. Флора грибов Украины. Оперкулятные дискомицеты. – Киев: Наук. думка, 1980. – 294 с.
- Сысо А. И., Смоленцев Б. А., Якименко В. Н. Почвенный покров новосибирского Академгородка и его эколого-агрономическая оценка // Сибирский экологический журнал. – 2010. – Т. 17, № 3. – С. 363–378.
- Толмачев А. И. Введение в географию растений. – Л., 1974. – 244 с.
- Филимонова Д. А., Воробьева И. Г. Сведения о микобиоте дискомицетов Особо охраняемой природной территории Центрального сибирского ботанического сада Сибирского отделения Российской академии наук // Материалы докладов XXX Всероссийской молодежной научной конференции (с элементами научной школы), посвященной 300-летию Российской академии наук. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. – 2023. – С. 43–45.
- Филиппова Н. В. Дискомицеты растительного опада верховых болот (Западная Сибирь) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2012. – Т. 3, № 1 (5). – EDCCr0003.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. – Л., 1984. – 288 с.
- Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 10th edition. CAB International. [Электронный ресурс]. – Портал Google Книги. – 2008. – Режим доступа: https://books.google.ru/books/about/Ainsworth_Bisby's_Dictionary_of_the_Fungi.html (просмотрено: 20.01.2025).
- Lestari A. S., Ekanayaka A. H., Chethana K. W. T. Introducing Discomycetes.org: An online platform dedicated to apothecial fungi // Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology). – 2023. – N 13 (1). – P. 505–522.

Filimonova D. A., Vorob'eva I. G. Taxonomic Composition and Assessment of Biodiversity of Discomycetes in the Natural Landscape Object Lisi Gorki (Foxes' Hills) of Novosibirsk Akademgorodok // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 138–146.

Fungi play a significant role in any ecosystem, and their detailed study is essential for understanding the functioning of all components of biogeocenoses and for conserving biodiversity. Discomycetes, a polyphyletic group of fungi of the Ascomycota phylum, are unevenly studied across the country; the analysis of the taxonomic diversity of these fungi in urban landscapes has not been previously conducted. The article presents the results of the taxonomic analysis and assessment of the biodiversity of discomycetes of the urban plant landscape Lisi Gorki (Foxes' Hills), a site of exceptional nature conservation value located within Novosibirsk Akademgorodok. A total of 26 species of fungi belonging to 2 classes, 3 orders, 11 families and 18 genera were identified. Within the taxonomic structure, representatives of the order Pezizales constituted the highest proportion. Differences in the biological diversity of operculate and inoperculate species were observed. In the group of operculate fungi, the species saturation for the genus is 1.6, for the family is 3.2, and generic saturation of the family is 2.0. In contrast, the group of inoperculate discomycetes exhibited lower saturation coefficients, measuring 1.2; 1.4; 1.2, respectively. Operculate discomycetes are characterized by greater taxonomic richness, but demonstrated less uniformity of species distribution by their abundance within the community, compared to inoperculate ones. A comparative analysis of the mycobiota of discomycetes in the studied area and the known mycobiota of anthropogenic plant landscapes of various Russian territories revealed the predominance of operculate species within the overall structure of discomycetes. Moreover, the analysis determined a taxonomic similarity of Lisi Gorki with the mycobiota of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, a protected area, which is related to biogeographical factors.

Key words: discomycetes, anthropogenic landscapes, biological diversity, taxonomic composition.

Поступила в редакцию 20.02.25

Принята к печати 20.03.25

Ядерные аномалии и микроядра в эритроцитах периферической крови карповых рыб в реках с естественным и изменённым термическим режимом (реки Берёзовка и Тёплая, бассейн реки Енисей)

Яблоков Н. О.

Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоёмов. Красноярский филиал
Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
Красноярск, Россия
nyablokov@mail.ru

В работе приводятся данные о встречаемости микроядер и ядерных аномалий в эритроцитах периферической крови у трёх видов карповых рыб (пескарь *Gobio gobio* (Linnaeus, 1759), гольян речной *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) и верховка *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)), обитающих в реках с естественным (р. Берёзовка) и изменённым термическим режимом (р. Тёплая). В ходе исследования в эритроцитах рыб, населяющих как реку Тёплая, так и реку Берёзовка, обнаружен обширный перечень ядерных аномалий (20 и 22 типа соответственно). Диапазон средних значений встречаемости аномальных ядер в эритроцитах трёх исследованных видов рыб из реки Тёплая в среднем составил от $1,52 \pm 0,25$ до $2,61 \pm 0,91$ %, у рыб из реки Берёзовка – от $2,27 \pm 0,63$ до $3,53 \pm 0,97$ %. Оценка значимости различий между встречаемостью аномалий показала отсутствие статистически значимых различий между особями каждого из исследованных видов рыб из двух исследованных водотоков. Значения критерия Манна-Уитни (U) для выборок пескаря составили 74,0 (при $p=0,45$), для речного гольяна – 39,0 (при $p=0,43$), для верховки – 29,0 (при $p=0,96$). Несмотря на отсутствие достоверных различий, между выборками по общей встречаемости аномалий эритроцитов в выборках наблюдались различия по встречаемости отдельных типов аномалий. На основании полученных данных выдвинуто предположение о том, что на интенсивность возникновения аномалий в ядрах эритроцитов карповых рыб, обитающих в реке Тёплая, в большей степени оказывали воздействие гидрохимические факторы, нежели изменённый термический режим.

Ключевые слова: карповые рыбы, кровь, микроядра, аномалии эритроцитов, термическое загрязнение, река Тёплая, река Берёзовка.

ВВЕДЕНИЕ

Термическое загрязнение водных объектов, вызываемое сбросом подогретых вод промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций, является одной из серьёзнейших экологических проблем современности (Verones et al., 2010; Raptis et al., 2016). Повышение температуры естественных водоёмов и водотоков, за счет поступления тёплых вод, оказывает воздействие на гидрохимический режим водоёма (снижение количества растворённого кислорода, увеличения скорости химических реакций, повышение трофности), что в совокупности приводит к структурным и количественным изменениям в составе сообществ гидробионтов (Verones et al., 2010; Шихмарёв, 2013).

Одним из структурных компонентов водных экосистем, испытывающих значительное воздействие термического загрязнения, является рыбное сообщество. Температура воды оказывает влияние на скорость основных биологических процессов рыб (рост, питание, обмен веществ и т.д.), а также их поведение и пространственное распределение (Голованов, 2013). Значительные отклонения температуры за пределы оптимальных величин являются стресс-факторами, снижающими адаптационные способности организма. В частности, продолжительное воздействие повышенной температуры воды может приводить к смещению сроков нереста, фаз жизненного цикла и более раннему созреванию половых продуктов (Голованов и др., 2005; Шихмарёв, 2013). Наряду с температурой, воздействие на организм рыб в местах сброса подогретых вод, может оказывать химическое загрязнение, поскольку

повышенные значения температуры воды могут усиливать действие некоторых токсических веществ (нефтепродуктов, хлорорганических соединений, тяжелых металлов и др.) (Голованов, 2013). Комплекс перечисленных факторов может служить причиной возникновения спонтанных мутаций, приводящих к нарушениям стабильности генома и эффективной передачи генетического материала (Sylvester, 1975; Hassan et al., 2017).

В бассейне реки Енисей одним из примеров водного объекта, испытывающего термическое загрязнение, служит река Тёплая, расположенная в черте города Красноярска. Этот левобережный приток реки Берёзовка (правый приток реки Енисей), длиной около трёх километров, на значительном протяжении представляет собой сбросной канал, принимающий подогретые воды Красноярской ТЭЦ-1. Кроме того, по данным региональных средств массовой информации, в акватории реки регистрируются случаи сброса неочищенных промышленных и ливневых стоков. Учитывая тот факт, что река Тёплая, как и река Берёзовка, являются популярными местами любительского рыболовства среди жителей города Красноярска и посёлка Берёзовка, оценка ихтиоценозов рассматриваемых водотоков имеет значение с точки зрения сохранения и рационального использования водных биологических ресурсов.

В настоящее время, при оценке мутагенной активности факторов антропогенного воздействия на живые организмы широкое применение получили методы микроядерного тестирования и оценки встречаемости морфологических аномалий клеточных ядер (Ayllon, García-Vazquez, 2000; Ильинских и др., 2011; Hayashi, 2016; Arellano-García, 2021). Наличие ядер в эритроцитах периферической крови рыб делает эти клетки удобным объектом для изучения влияния факторов среды на стабильность генетического материала (Крюков, 2023).

Цель данной работы – оценить влияние термического загрязнения реки Тёплая на популяции массовых видов рыб, обитающих в указанном водном объекте, на основании показателей встречаемости микроядер и ядерных аномалий в эритроцитах их периферической крови.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили три вида рыб (пескарь *Gobio gobio* (Linnaeus, 1759), гольян речной *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) и верховка *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)), являющиеся наиболее массовыми и широко распространёнными видами рыб в системе реки Берёзовка. Ихтиологический материал отбирали в июне–августе 2024 года в р. Тёплая (56°02'47.65" с.ш., 93°06'17.88" в.д.) и в нижнем течении реки Берёзовка, выше впадения Тёплой (56°02'12.50" с.ш., 93°06'59.67" в.д.). В качестве орудия лова использован гидробиологический сачок. У отловленных особей в соответствии с общепринятыми ихтиологическими методиками измеряли абсолютную длину и массу тела (Правдин, 1966). Сводная информация об объёме выборки рыб, взятых на анализ, и их размерных показателях представлена в таблице 1.

После проведения измерений длины и массы рыб выполняли забор крови. Кровь отбирали из хвостовой артерии путем отсечения хвостового стебля у анального плавника. Мазки подготавливали непосредственно после отлова рыб и после высыхания фиксировали 96 % этиловым спиртом. Последующее окрашивание мазков для определения количества микроядер и аномалий ядер эритроцитов проводили по методу Романовского–Гимзы в лабораторных условиях (Житенева и др., 2004). Окрашенные препараты анализировали на микроскопе БЛМ-М1, оснащённом цифровой камерой TourCam 14 MP. В каждом препарате просматривали не менее 500 эритроцитов, затем вычисляли частоту встречаемости эритроцитов с микроядрами (отношение числа клеток с микроядрами к общему числу просмотренных клеток, в %). Аналогичным образом вычисляли встречаемость аномалий ядер эритроцитов. Алгоритм выявления аномалий и их протоколирование выполнены в соответствии с работой В. И. Крюкова (2023).

Таблица 1

Абсолютная длина и масса тела исследованных рыб из рек Тёплая и Берёзовка

Вид рыбы	Абсолютная длина, мм	Масса тела, г	Число экземпляров
река Тёплая			
Гольян речной	$38,8 \pm 2,7$ 29,0–55,0	$0,85 \pm 0,23$ 0,22–2,21	10
Пескарь	$48,8 \pm 6,7$ 30,0–110,0	$2,42 \pm 1,06$ 0,32–12,85	12
Верховка	$50,4 \pm 3,7$ 34,0–68,0	$1,26 \pm 0,24$ 0,32–2,37	12
река Берёзовка			
Гольян речной	$36,1 \pm 0,7$ 32,0–39,0	$0,38 \pm 0,02$ 0,23–0,47	10
Пескарь	$38,9 \pm 1,8$ 30,0–52,0	$0,51 \pm 0,07$ 1,12–6,06	15
Верховка	$40,4 \pm 0,6$ 39,0–42,0	$0,57 \pm 0,05$ 0,43–0,43	5

Примечание к таблице. Среднее значение (m) $\pm$ стандартная ошибка (SE), под чертой – минимальные и максимальные значения.

Для выявления различий в температурных режимах рек Тёплая и Берёзовка в местах отбора ихтиологического материала в период с апреля по ноябрь термооксиметром МАРК 302Э с периодичностью два раза в месяц проводили измерения температуры воды (с точностью измерений 0,1 °C).

Статистический анализ данных проведен методами описательной статистики. Данные о размерах рыб и встречаемости аномальных ядер представлены как среднее значение и его стандартная ошибка. Доли отдельных типов аномалий представлены как процент (%) от общего числа проанализированных клеток в выборке. Достоверность различий между выборками оценивали по непараметрическому критерию Манна-Уитни (U-критерий). Для выявления различий в процентном составе отдельных типов ядерных аномалий в эритроцитах карповых рыб из рек Берёзовка и Тёплая полученные данные (% от общего числа проанализированных клеток в выборке) оценивались посредством мультивариантного анализа методом главных компонент. Результаты анализа представлены в виде диаграмм рассеяния отдельных проб рыб в пространстве двух первых главных компонент (ГК1 и ГК2) и таблицы факторных нагрузок по каждому из обнаруженных типов аномалий.

Статистическая обработка данных выполнена в программных пакетах Statistica 10 (StatSoft Inc., США) и PAST 4.02 (Осло, Норвегия). Построение диаграмм рассеяния при проведении мультивариантного анализа методом главных компонент выполнено в графической онлайн-платформе SRplot (Tang et al., 2023).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведённого анализа крови у каждой из исследованных рыб были обнаружены аномалии ядер эритроцитов. Общий перечень аномалий, обнаруженный в мазках крови рыб из рек Берёзовка и Тёплая включал 22 типа аномалий ядер эритроцитов, в т.ч.: микроядра (обособленные и примыкающие), двоядерные клетки (с изолированными ядрами, с примыкающими ядрами, с гантелевидными ядрами и с ядрами-«восьмерками»), двулопастные ядра, почкующиеся ядра, пузырящиеся ядра, хвостатые ядра с клювовидным отростком, зазубренные ядра (клинообразная инвагинация ядерной оболочки), ядра с впадиной

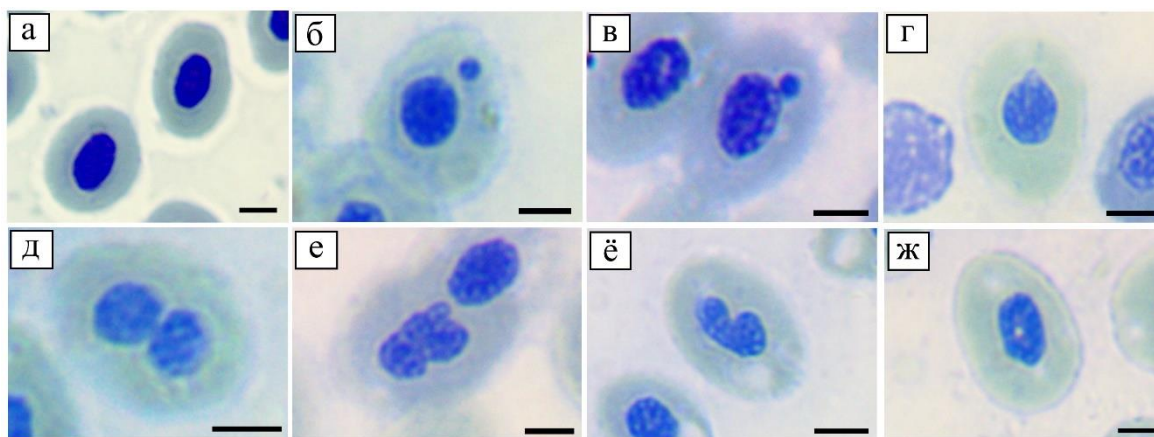


Рис. 1. Нормальные и аномальные ядра эритроцитов, обнаруженные у рыб из рек Тёплая и Берёзовка

а – эритроциты с нормальными ядрами (верховка, река Берёзовка), б – изолированное микроядро (гольян, река Берёзовка), в – примыкающее микроядро (пескарь, река Тёплая), г – хвостатое ядро с клювовидным отростком (гольян, река Берёзовка), д – двулопастное ядро (гольян, река Берёзовка), е – почкующееся ядро (гольян, река Берёзовка), ё – зазубренное ядро (гольян, река Тёплая), ж – ядро с вакуолью (гольян, река Берёзовка). Размер мерной линейки – 5 мкм.

(инвагинация ядерной оболочки с пологими скатами), почковидные ядра, вакуолизированные ядра, кариопикноз, кариорексис, кариолизис, клетки со смещёнными ядрами, микроциты, а также безъядерные клетки (рис. 1).

В эритроцитах периферической крови рыб из реки Берёзовка зарегистрированы все вышеперечисленные типы аномалий. При этом у речного голяна и пескаря было отмечено по 16 типов аномалий, у верховки – 17 типов. Преобладающим по частоте встречаемости типом аномалий для всех изученных рыб выступали эритроциты со смещёнными ядрами (от 0,83 % от общего числа исследованных клеток у речного голяна до 2,25 % у верховки). Субдоминирующими типами аномалий выступали ядра с впадиной (у речного голяна и верховки) и микроциты (у пескаря) (табл. 2).

В эритроцитах рыб из реки Тёплая отмечено 20 типов аномалий, в т.ч. у голяна и верховки – по 13 типов, у пескаря – 12. Среди отмеченных аномалий у пескаря и верховки количественно преобладали эритроциты со смещёнными ядрами (1,46 и 1,74 % соответственно), у голяна – ядра с впадиной (0,68 %). У голянов из реки Тёплая преобладающим типом аномалий были ядра с впадиной. Стоит отметить, что у значительного числа рыб как из реки Тёплая, так и из реки Берёзовка, обилие смещённых ядер было сопряжено с обширным пойкилоцитозом клеток. К субдоминирующим типам аномалий у пескаря отнесены микроциты (0,21 %), у верховки – кариорексис (0,12 %), у речного голяна – клетки со смещёнными ядрами (0,41 %) (см. табл. 2).

Встречаемость аномальных ядер в эритроцитах рыб из реки Берёзовка составила $2,27 \pm 0,63$ % у голяна, $3,53 \pm 0,97$ % у пескаря и $2,97 \pm 1,28$ % у верховки. У рыб из реки Тёплая – $1,52 \pm 0,25$, $2,61 \pm 0,91$ и $2,40 \pm 0,44$ % соответственно. Оценка значимости различий между встречаемостью аномалий, выполненная посредством критерия Манна-Уитни (U), показала отсутствие статистически значимых различий между особями каждого из исследованных видов рыб из рек Тёплая и Берёзовка. Значения U-критерия для выборок пескаря составили 74,0 (при $p=0,45$), для речного голяна – 39,0 (при $p=0,43$), для верховки – 29,0 (при $p=0,96$).

Несмотря на отсутствие достоверных различий, между выборками по общей встречаемости аномалий эритроцитов в выборках из рек с естественным и изменённым термическим режимами наблюдались различия по встречаемости отдельных типов аномалий (табл. 2, 3, рис. 2).

Таблица 2

Встречаемость различных типов аномалий (% от общего числа проанализированных клеток в выборке) в эритроцитах карповых рыб из рек Берёзовка и Тёплая

№	Тип аномалии в эритроците	Гольян		Пескарь		Верховка	
		Тёплая (n = 10)	Берёзовка (n = 10)	Тёплая (n = 12)	Берёзовка (n = 15)	Тёплая (n = 12)	Берёзовка (n = 5)
1	Микроядра изолированные	0,036	0,027	0,068	0,085	0,006	0,013
2	Микроядра примыкающие	–	0,020	0,038	0,011	0,013	0,013
3	Двухядерные клетки с изолированными ядрами	–	0,040	0,008	0,006	–	–
4	Двухядерные клетки с примыкающими ядрами	0,012	0,087	–	–	–	0,013
5	Двухядерные клетки с гантелевидными ядрами	–	0,007	–	0,006	–	–
6	Двухядерные клетки с ядрами-«восьмёрками»	0,006	0,013	0,008	–	–	0,027
7	Двулопастные ядра	0,006	–	–	0,017	0,019	0,013
8	Лопастное ядро с лопастью соединённой мостом	–	–	–	–	0,006	–
9	Лопастные ядра с примыкающей лопастью	–	–	–	–	–	0,027
10	Почкующиеся ядра	0,053	0,033	0,015	0,068	0,013	0,013
11	Пузырящиеся ядра	0,059	0,027	0,190	0,040	–	0,013
12	Хвостатые ядра с клювовидным отростком	–	0,033	–	0,023	0,031	–
13	Зазубренные ядра	0,124	0,220	0,008	0,011	0,031	0,066
14	Ядра с впадиной	0,675	0,553	0,023	0,023	0,063	0,120
15	Почковидные ядра	0,142	0,053	0,030	0,017	–	–
16	Вакуолизированные ядра	0,006	0,053	–	0,006	–	–
17	Кариопикноз	0,024	0,047	0,068	0,124	0,069	0,027
18	Кариорексис	–	–	–	0,017	0,239	0,013
19	Кариолизис	–	–	–	–	0,069	0,040
20	Смещённые ядра	0,414	0,826	1,460	2,924	1,737	2,246
21	Микроциты	0,018	0,193	0,479	0,209	0,057	0,027
22	Безъядерные эритроциты	–	–	–	–	–	0,016
23	Эритроциты с нормальными ядрами	98,426	97,769	97,604	96,415	97,646	97,315
Всего проанализированных клеток		16900	15015	13148	17714	15891	7524
Встречаемость аномальных ядер, %		$\frac{1,52 \pm 0,25}{0,65-2,74}$	$\frac{2,27 \pm 0,63}{0,44-7,12}$	$\frac{2,61 \pm 0,91}{0,72-12,36}$	$\frac{3,53 \pm 0,97}{0,22-12,72}$	$\frac{2,40 \pm 0,44}{0,60-5,82}$	$\frac{2,97 \pm 1,28}{0,50-7,65}$

При рассмотрении данного показателя, применительно к отдельным видам рыб, наибольший уровень дисперсии отмечен для выборок речного гольяна (общая дисперсия по двум главным компонентам – 38,5 %), при этом различия проявлялись в обилии эритроцитов со смещёнными и зазубренными ядрами, а также ядрами, подверженными кариолизису, у рыб из реки Берёзовка; а также ядрами с впадиной и почковидными ядрами у рыб из реки Тёплая. Показатели общей дисперсии (в пространстве двух главных компонент) для пескаря и верховки составили 31,6 и 33,6 % соответственно. Факторные коэффициенты отдельных типов ядерных аномалий в эритроцитах карповых рыб из рек Берёзовка и Тёплая представлены в таблице 3.

Анализ данных о частоте встречаемости аномалий эритроцитов у трёх видов рыб с использованием метода главных компонент выявил, что наблюдаемые различия в

Таблица 3

Факторные коэффициенты отдельных типов ядерных аномалий
в эритроцитах карповых рыб из рек Берёзовка и Тёплая

Тип аномалии	Гольян		Пескарь		Верховка		Все виды	
	ГК1	ГК2	ГК1	ГК2	ГК1	ГК2	ГК1	ГК2
Микроядра изолированные	-0,140	-0,286	-0,448	0,002	-0,129	0,436	-0,034	0,342
Микроядра примыкающие	0,117	-0,163	-0,079	0,113	0,235	0,246	0,079	0,191
Двухядерные клетки с изолированными ядрами	–	–	0,065	-0,073	–	–	0,057	0,017
Двухядерные клетки с примыкающими ядрами	0,215	0,233	–	–	0,114	0,097	-0,088	0,019
Двухядерные клетки с гантелевидными ядрами	–	–	-0,040	0,034	–	–	0,059	0,170
Двухядерные клетки с ядрами-«восьмёрками»	-0,224	0,421	-0,085	0,108	-0,419	-0,055	-0,053	-0,351
Двулопастные ядра	0,050	-0,156	0,052	-0,580	-0,281	0,121	0,028	-0,105
Лопастное ядро с лопастью соединённой мостом	–	–	–	–	0,267	0,097	0,073	0,077
Лопастные ядра с примыкающей лопастью	–	–	–	–	-0,341	0,144	0,094	-0,262
Почкующиеся ядра	0,008	0,015	-0,409	-0,066	0,294	0,136	-0,048	0,288
Пузырящиеся ядра	0,186	0,191	-0,208	0,083	0,101	-0,125	0,001	0,280
Хвостатые ядра с клювовидным отростком	-0,372	-0,151	0,052	0,071	-0,088	0,318	-0,177	0,011
Зазубренные ядра	-0,407	-0,144	-0,352	-0,146	-0,125	-0,279	-0,466	-0,136
Ядра с впадиной	-0,440	0,278	-0,454	0,054	-0,259	0,365	-0,542	-0,104
Почковидные ядра	-0,385	0,226	-0,057	-0,482	–	–	-0,460	-0,059
Вакуолизированные ядра	-0,206	-0,365	0,039	-0,571	–	–	-0,282	-0,015
Кариопикноз	-0,226	0,412	-0,333	-0,096	0,242	-0,210	0,039	0,161
Кариорексис	–	–	0,137	0,065	0,039	-0,324	0,211	-0,325
Кариолизис	–	–	–	–	-0,190	-0,401	0,213	-0,437
Смещённые ядра	0,110	0,119	–	–	-0,244	-0,176	0,185	0,025
Микроциты	-0,286	-0,331	-0,275	0,027	0,274	0,045	-0,001	0,171
Безъядерные эритроциты	–	–	0,159	-0,143	-0,235	-0,059	-0,023	-0,249

Примечание к таблице. ГК1, ГК2 – главные компоненты.

пространстве первых двух компонент, которые вместе объясняют 22,2 % дисперсии, указывают на то, что основная часть вариаций частоты различных типов аномалий обусловлена межвидовыми отличиями, а не воздействием подогретых вод (рис. 2).

Существующие литературные данные о воздействии повышенной температуры воды на встречаемость микроядер и аномалий в ядрах эритроцитов периферической крови рыб противоречивы, что, по всей видимости, объясняется отсутствием единой методики типирования и количественной оценки аномалий эритроцитов, а также различными температурными критериями жизнедеятельности исследуемых рыб. Влияние подогретых вод в качестве одного из факторов, повышающих вероятность образования микроядер в крови рыб (плотвы *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758 и леща *Abramis brama* Linnaeus, 1758) из загрязнённых водоёмов (на примере Рыбинского и Горьковского водохранилищ) рассматривалось Ю. Г. Изюмовым с соавторами (2003). Увеличение частоты встречаемости микроцитов и повреждённых эритроцитов в периферической крови серебряного карася отмечено в эксперименте при повышении температуры воды до критического термического

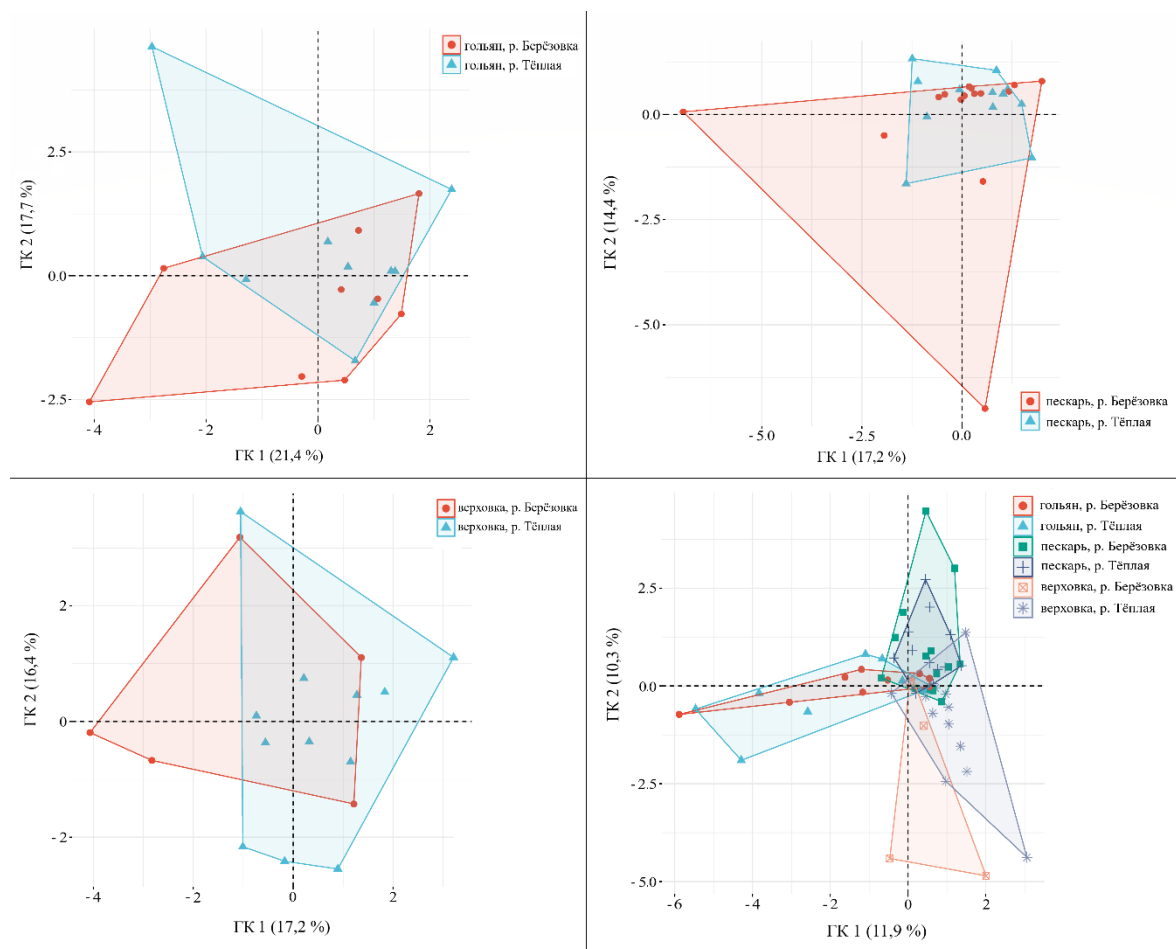


Рис. 2. Мультивариантный анализ методом главных компонент (ГК) встречаемости типов ядерных аномалий (% от общего числа проанализированных клеток в выборке) в эритроцитах карповых рыб из рек Берёзовка и Тёплая
Индивидуальные переменные – пробы рыб.

максимума (Голованов и др., 2016). В работе Т. А. Шеиной с соавторами (2022) выявлено комплексное влияние повышения минерализации вод и температуры на встречаемость некоторых типов аномалий клеток крови (пойкилоцитоз, ацентрическое расположение ядра, фестончатый контур, вакуолизация цитоплазмы, ядерные тени) речного окуня. В то же время, согласно работе Т. А. Кухаревой и Е. С. Кладченко (2021) гипертермия (впрочем, как и гипотермия), не влияла на число аномалий эритроцитов у бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814).

Стоит отметить, что эколого-физиологические температурные оптимумы для пескаря и верховки составляют около 20 °C (Голованов, 2013; Голованов, Капшай, 2015), то есть температура воды из реки Берёзовка (по данным измерений 2024 года) не превышает оптимальных значений температуры воды даже в летний период, а из реки Тёплая – лишь незначительно на 3–4 °C. Несколько ниже величина температурного оптимума у речного голяна – 16,8 °C. Температура воды из реки Тёплая превышала значения температурного оптимума для речного голяна с начала мая до конца августа, в то время как в реке Берёзовка – лишь непродолжительный промежуток времени (рис. 3). Возможно, именно по этой причине показатели / аномалии крови голяна характеризовались наибольшей дисперсией при проведении мультивариантного анализа методом главных компонент.

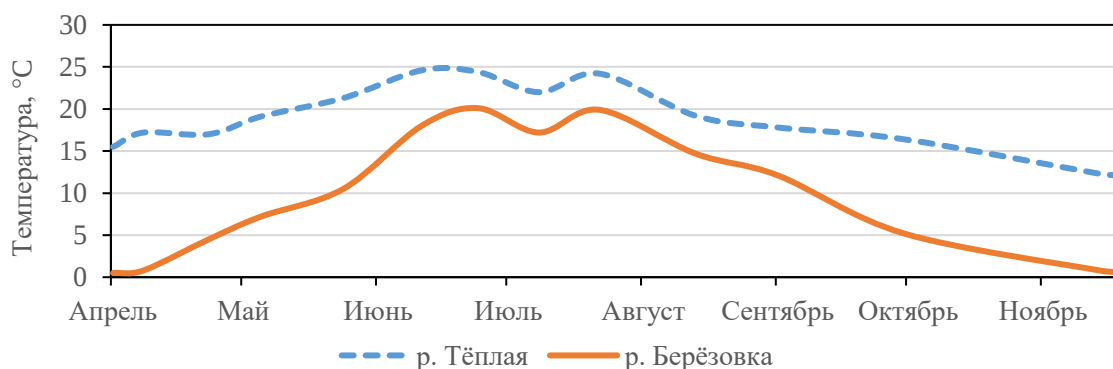


Рис. 3. Сезонная динамика температуры воды в реке Тёплая и устьевой части реки Берёзовка (апрель – ноябрь 2024 года)

Ввиду отсутствия общепринятой шкалы референсных значений, позволяющей оценить благополучие состояния популяций рыб в водном объекте по общим показателям встречаемости аномалий ядер эритроцитов, оценка состояния популяций рыб в реках Тёплая и Берёзовка на основании данного показателя крайне затруднительна (Крюков, 2023). Однако стоит отметить, что полученные значения суммарной частоты встречаемости всех изученных типов аномалий ядер эритроцитов у рыб из рек Тёплая и Берёзовка (1,52–3,53 %) значительно превышают фоновые значения, экспериментально установленные для некоторых видов рыб (Есин, Нуриахметов, 2018; Крюков и др., 2020). Так, например, у контрольных групп данио-рерио *Danio rerio* (Hamilton, 1822) встречаемость ядерных аномалий эритроцитов составляет около 0,15–0,18 % (Есин, Нуриахметов, 2018; Крюков и др., 2020), у сазана *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 – 0,75 % (Крюков, 2018; 2019).

Среди исследованных в работе типов aberrаций ядер эритроцитов наиболее часто для оценки генотоксического воздействия факторов среды применяются показатели встречаемости микроядер (Ильинских и др., 2011; Крюков, 2023). У исследованных в настоящей работе рыб средняя частота встречаемости клеток с микроядрами находилась в пределах допустимых значений, известных по работе Н. Н. Ильинских с соавторами (2011), согласно которым в норме встречаемость клеток с микроядрами при спонтанном мутагенезе не превышает 0,05–0,10 %. Лишь у пескаря из реки Тёплой величина этого показателя незначительно превышала допустимый диапазон (0,11 %). Следует отметить, что частота встречаемости микроядер в эритроцитах рыб в исследованных водных объектах была близка к средним значениям данного показателя у рыб, обитающих в нижнем течении реки Енисей (0,04–0,10 %) (Крюков, Кочкарёв, 2013).

При сравнении показателей встречаемости эритроцитов со смещённым ядром (наиболее распространённого типа аномалий у исследуемых рыб) с данными о встречаемости этого типа аномалий у некоторых карповых рыб, населяющих бассейн Волги (Минеев, 2016; Минеев, Минеева, 2019; Минеев, 2020), отмечено, что указанный тип аномалий преобладал также у большинства рыб из представленных в литературе выборок. При этом у пескаря из условно чистого водного объекта (пруд Гранный) встречаемость эритроцитов со смещёнными ядрами составляла 1,29 % (Минеев, Минеева, 2019), у уклейки *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) и плотвы из слабозагрязнённой реки Большой Черемшан – 1,72 и 3,75 % соответственно (Минеев, 2020), а у плотвы и леща из загрязнённого Куйбышевского водохранилища повышалась до 11–12 % (Минеев, 2016).

На основании полученных данных можно предположить, что на интенсивность возникновения аномалий в ядрах эритроцитов карповых рыб, обитающих в реках Тёплая и Берёзовка, в большей степени оказывал воздействие не изменённый термический режим, а иные неблагоприятные факторы среды, среди которых наиболее вероятным является загрязнённость вод.

Несмотря на то, что регулярная оценка качества вод в нижнем течении реки Берёзовка не проводится, имеются отдельные работы, посвященные оценке качества вод по гидробиологическим показателям (Кислицина, 2019; Никонорова, Лукашина, 2020). По имеющимся данным, степень загрязнённости воды в реке Берёзовка (в нижнем течении) по показателям зообентоса соответствует II–III классам качества и степени загрязнённости вод «слабо загрязнённая» – «загрязнённая». Кроме того, ежегодные мониторинговые исследования качества вод по гидрохимическим показателям проводятся в верховьях реки (река Малая Берёзовка). По данным Государственного доклада «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году» (2024) по повторяемости случаев превышения ПДК загрязнённость воды в реке Малая Берёзовка по показателям: азот нитритный, запах, фосфор фосфатный, характеризуется как «неустойчивая»; по показателям: алюминий, железо общее, ХПК – как «характерная»; по показателям: БПК₅, марганец, медь, фенолы летучие, цинк – как «устойчивая». Сведения о гидрохимических характеристиках воды из реки Тёплая в настоящее время отсутствуют, однако по косвенным признакам (расположение в водосборе реки промышленных предприятий, захламлённость поймы реки бытовыми отходами, периодические случаи сброса неочищенных промышленных и ливневых стоков) можно судить о загрязнённости данного водного объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы проведён анализ разнообразия и встречаемости ядерных аномалий и микроцитов в периферической крови трёх карповых рыб (гольян речной, пескарь, верховка), обитающих в реках с естественным (река Берёзовка) и изменённым термическим режимом (река Тёплая).

В эритроцитах рыб, населяющих как реку Тёплая, так и реку Берёзовка, обнаружен обширный перечень ядерных аномалий (20 и 22 типа аномалий соответственно). Встречаемость аномальных ядер в эритроцитах рыб из реки Тёплая составила в среднем от $1,52 \pm 0,25$ до $2,61 \pm 0,91$ %, у рыб из реки Берёзовка – от $2,27 \pm 0,63$ до $3,53 \pm 0,97$ %. Преобладающим по частоте встречаемости типом аномалий для большинства изученных рыб выступали эритроциты со смещенными ядрами. У гольянов из реки Тёплая количественно преобладали ядра с впадиной. Достоверные различия по частоте встречаемости аномалий ядер эритроцитов между особями каждого из исследованных видов рыб из рек Тёплая и Берёзовка не выявлены. Различия обнаружены исключительно по частоте встречаемости отдельных типов аномалий.

Предположено, что на интенсивность возникновения аномалий в ядрах эритроцитов карповых рыб, обитающих в реках Тёплая и Берёзовка, в большей степени оказывали воздействие гидрохимические факторы, нежели изменённый термический режим. Для оценки уровня воздействия факторов среды на состояние ихтиофауны указанных водных объектов возникает необходимость дальнейших комплексных исследований, включающих анализ, как гидрохимических показателей среды, так и цитоморфологических исследований клеток периферической крови рыб.

Благодарности. Автор выражает благодарность ведущему специалисту лаборатории гидробиологии Красноярского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ») Кислициной Н.И. за помощь в проведении мультивариантного анализа методом главных компонент.

Список литературы

Голованов В. К. Температурные критерии жизнедеятельности пресноводных рыб. – М.: ПОЛИГРАФ-ПЛЮС, 2013. – 300 с

Голованов В. К., Капшай Д. С. Сравнительный анализ температурного оптимума и верхней температурной границы жизнедеятельности у молоди рыб, обитающих в водоемах Верхней Волги // Труды Института биологии внутренних вод РАН. – 2015. – № 72 (75). – С. 80–90.

Голованов В. К., Заботкина Е. А., Некрутов Н. С., Грачёва Е. Л. Влияние высокой температуры на показатели крови у молоди серебряного карася *Carassius auratus* и головешки-ротана *Perccottus glenii* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 99–106.

Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2023 году». – Красноярск, 2024. – 358 с.

Есин Т. А., Нуриахметов А. А. Фоновый уровень ядерных аномалий в эритроцитах рыбы *Danio rerio* // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2018. – Т. 37, № 1. – С. 214–217.

Житенева Л. Д., Макаров Э. В., Рудницкая О. А. Основы ихтиогематологии (в сравнительном аспекте). – Ростов-на-Дону: Эверест, 2004. – 311 с.

Изюмов Ю. Г., Таликина М. Г., Чеботарёва Ю. В. Количество микроядер в эритроцитах периферической крови плотвы *Rutilus rutilus* (L.) и леща *Abramis brama* (L.) Рыбинского и Горьковского водохранилищ // Биология внутренних вод. – 2003. – № 1. – С. 98–101.

Ильинских Н. Н., Ксенц А. С., Ильинских Е. Н., Васильев С. А., Манских В. Н., Ильинских И. Н. Микроядерный анализ в оценке цитогенетической нестабильности. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2011. – 234 с.

Кислицина Н. И. Структура зообентоса приустьевых районов рек Берёзовка и Есауловка (Красноярский край). – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 64 с.

Крюков В. И. Индукция микроядер в эритроцитах карпа при сочетанном действии ионов меди и низкочастотного переменного электромагнитного поля // Биология в сельском хозяйстве. – 2018. – Т. 19, № 2. – С. 17–31.

Крюков В. И. Анализ микроядер и ядерных аномалий в эритроцитах рыб, амфибий, рептилий и птиц: критерии выявления и типирования. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2023. – 94 с.

Крюков В. И. Влияние ионов кадмия на индукцию ядерных аномалий в эритроцитах карпов // Биология в сельском хозяйстве. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 11–17.

Крюков В. И., Лактюшина Н. В., Беляева А. О. Индукция микроядер в эритроцитах рыб водными вытяжками из ванадийсодержащих промтоходов, захороненных на территории орловской городской свалки ТБО // Биология в сельском хозяйстве. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 2–12.

Кухарева Т. А., Кладченко Е. С. Влияние факторов водной среды и физиологических состояний организма на количество аномальных эритроцитов у донных рыб Черного моря // Комплексные исследования Мирового океана. Материалы VI Всероссийской научной конференции молодых ученых (Москва, 18–24 апреля 2021 года). – Москва: Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, 2021. – С. 272–273.

Минеев А. К. Гематопатологии у рыб Куйбышевского водохранилища // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 5–1. – С. 51–59.

Минеев А. К., Минеева О. В. Гематологические параметры и паразитофауна обыкновенного пескаря *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2019. – № 47. – С. 123–141.

Минеев А. К. Патологии эритроцитов у рыб р. Большой Черемшан // Экологический сборник 7: Труды молодых ученых. Всероссийская (с международным участием) молодежная научная конференция. – Учреждение Российской академии наук Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2019. – № 1. – С. 316–318.

Никонорова Д. В., Лукашина Л. С. Оценка экологического состояния реки Березовка (Красноярский край) по гидробиологическим показателям // Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции магистрантов (Москва, 16–17 апреля 2020 года). Часть 2. – Москва: ООО «Русайнс», 2020. – С. 353–360.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

Шейна Т. А., Михеев П. Б., Мухина М. В., Костицына Н. В., Бакланов М. А. Влияние засоления и повышенной температуры воды на характеристики крови рыб в условиях бореальных водоемов: результаты эксперимента с использованием молоди речного окуня *Perca fluviatilis* бассейна р. Камы (Пермский край, Россия) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2022. – № 4. – С. 123–134.

Шихмарев М. В. Влияние изменения температурного режима водоёма на жизнедеятельность водных экосистем // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции (Брест, 25–27 сентября 2013 года) – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 257–260.

Ayllon F., Garcia-Vazquez E. Induction of micronuclei and other nuclear abnormalities in European minnow *Phoxinus phoxinus* and mollie *Poecilia latipinna*: an assessment of the fish micronucleus test // Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. – 2000. – Vol. 467, N 2. – P. 177–186.

Hassan A. M., El Nahas A. F., Mahmoud S., Barakat M. E., Ammar A. Y. Thermal stress of ambient temperature modulate expression of stress and immune-related genes and DNA fragmentation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) // Applied Ecology & Environmental Research. – 2017. – Vol. 15, N 3. – 12 p.

Arellano-García M. E., Torres-Bugarín O., García-García M. R., García-Flores D., Toledano-Magaña Y., Sanabria-Mora C. S., García-Ramos J. C. Genomic instability and cyto-genotoxic damage in animal species // IntechOpen. – 2021. – 19 p.

Hayashi M. The micronucleus test – most widely used *in vivo* genotoxicity test. Review // Genes and Environment. – 2016. – Vol. 38. – 6 p.

Raptis C. E., van Vliet M. T. H., Pfister S. Global thermal pollution of rivers from thermoelectric power plants // *Environmental Research Letters*. – 2016. – Vol. 11, N 10. – P. 104011.

Sylvester J. R. Critical thermal maxima of three species of Hawaiian estuarine fish: a comparative study // *Journal of Fish Biology*. – 1975. – Vol. 7, N 2. – P. 257–262.

Tang D., Chen M., Huang X., Zhang G., Zeng L., Zhang G., Wu S., Wang Y. SRplot: A free online platform for data visualization and graphing. *PLoS One*. 2023. – 18 (11). – e0294236.

Verones F., Hanafiah M. M., Pfister S., Huijbregts M. A., Pelletier G. J., Koehler A. Characterization factors for thermal pollution in freshwater aquatic environments // *Environmental Science & Technology*. – 2010. – Vol. 44, N 24. – P. 9364–9369.

Yablokov N. O. Nuclear Anomalies and Micronuclei in Peripheral Blood Erythrocytes of Cyprinid Fish in Rivers with Natural and Altered Thermal Regimes (Beryozovka and Teplaya Rivers, Yenisei River Basin) // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 147–157.

The paper presents data on the occurrence of micronuclei and nuclear anomalies in peripheral blood erythrocytes of three carp species: the gudgeon *Gobio gobio* (Linnaeus, 1759), the Eurasian minnow *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758), and the sunbleak *Leucaspis delineatus* (Heckel, 1843)). These species inhabit rivers with both natural (Beryozovka River) and altered thermal regimes (Teplaya River). During the study, an extensive list of nuclear anomalies – 20 and 22 types, respectively – was found in the erythrocytes of fish from both the Teplaya and Beryozovka Rivers. The occurrence of abnormal nuclei in erythrocytes of the three studied fish species from the Teplaya River averaged 1.52 ± 0.25 – 2.61 ± 0.91 %, while in fish from the Beryozovka River, it ranged from 2.27 ± 0.63 – 3.53 ± 0.97 %. The assessment of the significance of differences between the occurrences of anomalies revealed no statistically significant differences among individuals of each of the fish species from the two studied watercourses. The values of the Mann-Whitney test (U) for the gudgeon samples were 74.0 ($p=0.45$), for the Eurasian minnow were 39.0 ($p=0.43$), and for the sunbleak were 29.0 ($p=0.96$). Despite the absence of statistically significant differences, variations in the occurrence of specific types of anomalies were observed among the erythrocyte samples. Based on the obtained data, an assumption was made that the intensity of anomalies in the erythrocyte nuclei of carp fish living in the Teplaya River was influenced more by hydrochemical factors than by the altered thermal regime.

Key words: cyprinid fishes, blood, micronuclei, erythrocyte anomalies, thermal pollution, Teplaya River, Beryozovka River.

Принята к рассмотрению 20.12.24

Принята к печати 20.03.25

Гидробиологические исследования акваторий рек Сулак и Терек на территории Республики Дагестан

Ардабьева А. Г., Никулина Л. В., Минакова Е. В., Рубцова Е. Г.

Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства)

Астрахань, Россия

ardabeva202@mail.ru, ppv.elena93@mail.ru, Ludmilanik16092003@mail.ru, rubtsova15081966@mail.ru

Дана краткая качественная и количественная характеристика основных групп фитопланктона, зоопланктона и зообентоса рек Сулак и Терек в зимне-летний период. Исследования показали, что качественный состав и численность фитопланктона реки Сулак увеличивались от зимы к лету и от верхней точки взятия проб к устью реки. Доминировали во все сезоны мелкоклочные диатомовые водоросли. Основу видового разнообразия зоопланктона формировали веслоногие и простейшие организмы. Максимальные количественные показатели животного планктона регистрировались в зимний период, затем наблюдалось снижение их к лету. Донная фауна реки Сулак за весь период исследования была представлена следующими группами беспозвоночных: черви, ракообразные и насекомые. Максимальные показатели численности и биомассы наблюдались в весенний период, когда отмечалось интенсивное развитие в группе червей, главным образом олигохет. Самые высокие величины качественного и количественного состава фитоценоза реки Терек отмечались в зимний период исследования, низкие – в летний. Изменения биомассы и численности зоопланктона проходило скачкообразно. От зимы к весне отмечалось сокращение количественных показателей, с последующим увеличением летом. Наиболее высокие показатели численности и биомассы беспозвоночных зарегистрированы зимой. В зообентосе реки Терек во все сезоны встречались представители червей и насекомых. Благоприятные условия для развития зообентоса наблюдались в устье и в средней зоне исследований. Максимальные показатели численности и биомассы зообентоса зарегистрированы в летний период за счет развития представителей группы насекомых.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, зообентос, качественный состав, численность, биомасса.

ВВЕДЕНИЕ

Терек – крупная река на Северном Кавказе. Река, длиной 623 км, общей площадью бассейна 43200 кв. км, берет свои истоки на склоне Главного Кавказского хребта и впадает в Каспийское море. На своём пути она пересекает Грузию (верховье) и шесть российских регионов – Северную Осетию, Ингушетию, Кабардино-Балкарию, Чечню, Дагестан и Ставропольский край. Питание реки смешанное, около 70 % стока приходится на весенне-летний период (Водные ресурсы Дагестана..., 1996; Панов и др., 2015). Большую роль играет ледниковое и дождевое питание. На территории Республики Дагестан река Терек протекает по равнине до самого Каспийского моря, где образует дельту площадью более 8 тысяч км². В низовьях реки ловятся лосось, форель, сазан, судак, сом, усач.

Река Сулак – одна из основных рек Дагестана. Протекает она через 7 горных районов: Гумбетовский, Унцукульский, Буйнакский, Казбековский, Кизилюртовский, Кумторкалинский, Бабаюртовский. Бассейн реки Сулак занимает 15 200 кв. км (Устья рек Каспийского региона ..., 2013). Питание смешанное, но преобладает снеговое. Половодье прослеживается в период с апреля по сентябрь, хотя больше всего воды в реке в июне-июле. На реке Сулак действует каскад из четырёх ГЭС – Миатлинской, Чирюртской, Чиркейской и Бавтугайской. Все вместе они образуют Сулакский каскад ГЭС. На пути к морю расположено два больших водохранилища – Чиркейское и Чирюртское. На низменных участках Сулака встречаются усач, кутум, тарань, жерех, судак, лещ, сом и сазан.

Рыбоводными заводами и НВХ Дагестана в реки Сулак и Терек выпускается молодь сазана (Абдурахманова, 2018). Изучение кормовой базы рыб (фитопланктон, зоопланктон, зообентос) рек Северного Кавказа является актуальным направлением.

Цель работы – оценить состояние кормовой базы рыб рек Терек и Сулак на основе качественных и количественных показателей фито-зоопланктона и зообентоса в зимне-летний период 2024 года.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужили пробы, собранные в 2024 году сотрудниками отдела «Западно-Каспийский» Волжско-Каспийского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») в реках Терек и Сулак в феврале, апреле – мае и июле. На реке Терек пробы отбирались в районе города Кизляр (станция 1), у села Аликазган (станция 2), в устье реки (станция 3); на реке Сулак – в районе города Кизилюрт (станция 4), на пересечение с федеральной трассой (станция 5), в устье реки (станция 6) (рис. 1).

Сбор гидробиологического материала по фитопланктону, зоопланктону и бентосу проводили по общепринятым в гидробиологической практике методикам (Руководство по методам..., 1983). Материал по фитопланктону собирали с поверхности воды, путем зачерпывания в сосуд с емкостью 0,5 л, по зоопланктону – сетью Апштейна (диаметр входного отверстия 25 см, сито из газа № 58) путем процеживания 50 л воды. Способ отбора количественных проб донной фауны зависел от характера донных отложений. На гравийно-галечных грунтах сбор проводили бентометром Садовского, на мелкофракционных грунтах сподвонной растительностью использовали гидробиологический скребок. Весь собранный материал фиксировался 4 % раствором формалина. Обработка материала проводилась в лабораторных условиях, идентификация видов осуществлялась с помощью

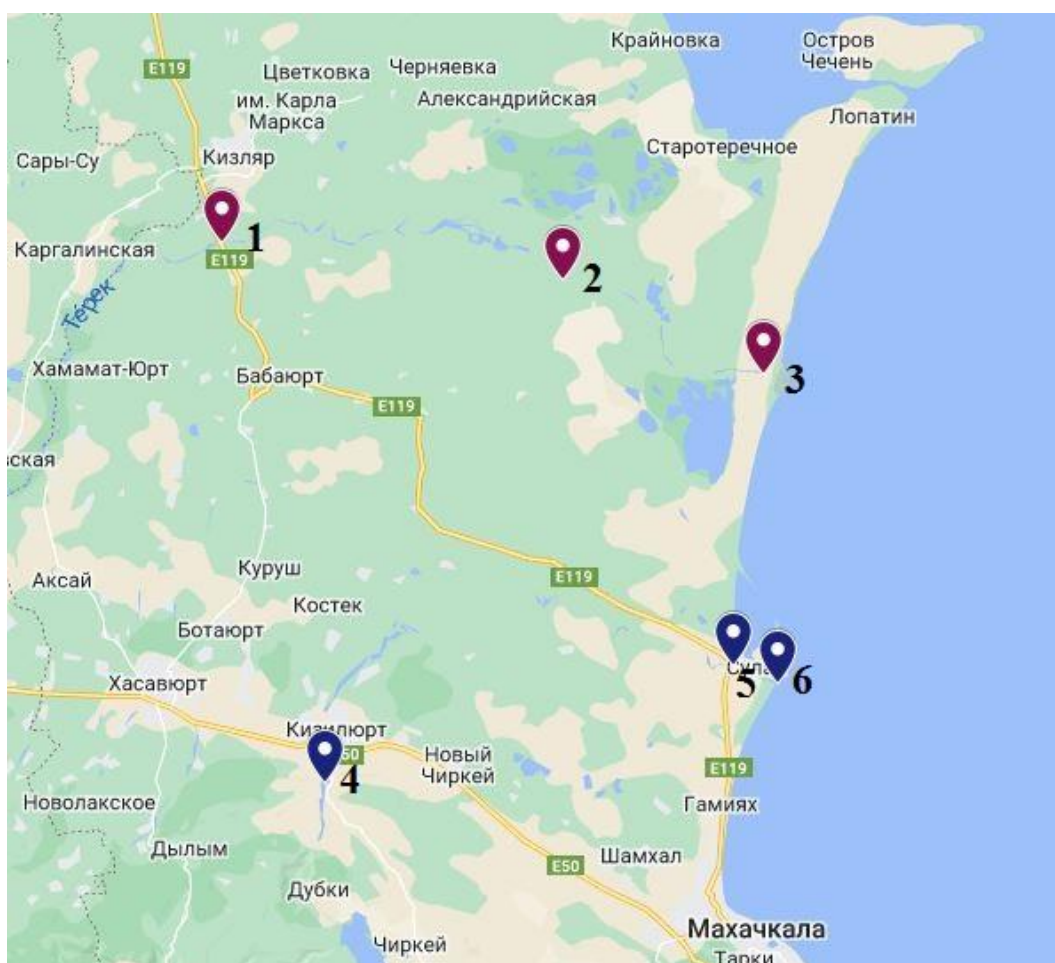


Рис. 1. Карта-схема взятия проб

определителей (Забелина, 1951; Мануйлова, 1964; Прошкина-Лавренко, Макарова, 1968; Атлас беспозвоночных Каспийского моря, 1968; Кутикова, 1970; Кутикова, Старобогатов, 1977; Боруцкий, Степанова, Кос, 1991; Определители пресноводных беспозвоночных..., 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2004; Определитель зоопланктона и зообентоса, 2016). Всего собрано и обработано 51 проба.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Фитопланктон рек, исток которых находится в предгорьях или горах, в видовом отношении очень беден (Чирков, 2002; Карнаухов, 2019; Ардабьева, Зимина, 2022). Это обуславливается низким температурным фоном, незначительным количеством минеральных веществ в воде, малой водностью и высокими скоростями течения (Карнаухов, 2020).

В качественном составе фитопланктона реки Терек за весь период исследования было зарегистрировано 44 вида и разновидности из 4 групп водорослей: Cyanophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta, Chlorophyta. Видовое разнообразие растительного планктона уменьшалось от зимнего (40 таксономических единиц) к летнему (14) периоду (рис. 2). Основу флористического состава, как и в реке Сулак, определяли диатомовые водоросли, составляя 80–100 % общего состава фитоценоза. Другие группы водорослей были представлены единичными экземплярами. Весной и летом некоторые из них на отдельных станциях не зафиксированы.

Самые высокие величины биомассы и численности фитопланктона отмечались в зимний период, затем они постепенно уменьшались. Основу количественных, как и качественных показателей, определяли диатомовые водоросли. Максимальное развитие фитопланктона во все сезоны отмечалось в районе города Кизляр и села Аликазган за счет вегетации диатомовых водорослей рода *Nitzschia*.

Качественную структуру зоопланктона в районе реки Терек в зимне-летний период формировали следующие группы: Protozoa, Rotatoria, Copepoda, Cladocera и Bryozoa. Всего зарегистрировано 11 таксономических единиц беспозвоночных. Наиболее многообразно животный планктон был представлен в зимний период (рис. 3). Среди прочих организмов наблюдались Tardigrada, Oligochaeta, личинки Chironomidae и Hydracarina. Весной таксономический состав значительно уменьшился и был образован только видами отряда Copepoda. В летний период число видов зоопланктона увеличивалось, но не достигало уровня зимних величин.

Количественные значения зоопланктона реки Терек определяли веслоногие рачки (46 % общей численности и 83 % общей биомассы) и простейшие (39 % общей численности). Среди веслоногих ракообразных лидирующую позицию занимали виды отряда Cyclopoida. Дополняли численность и биомассу зоопланктона ветвистоусые раки (2 %), среди которых наблюдался *Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820), и коловратки (5 %) *Keratella tropica* (Apstein, 1907) и *Bdelloida* sp.

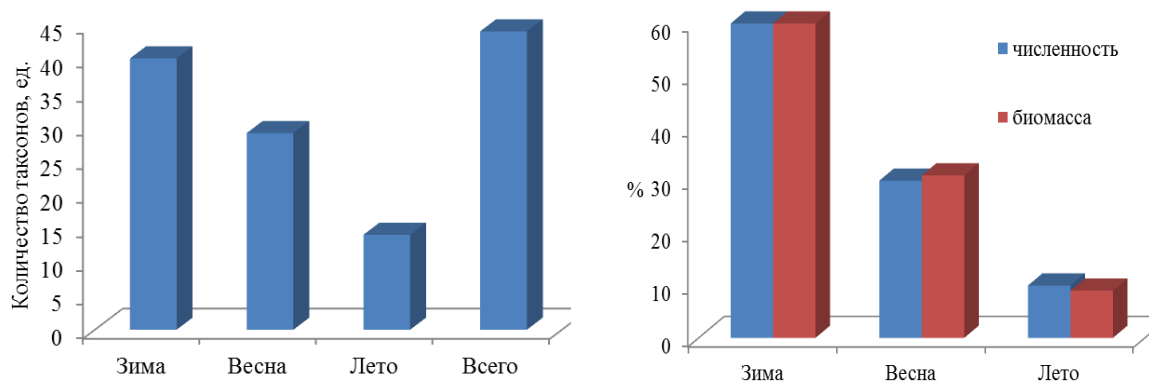


Рис. 2. Количественные показатели фитопланктона реки Терек

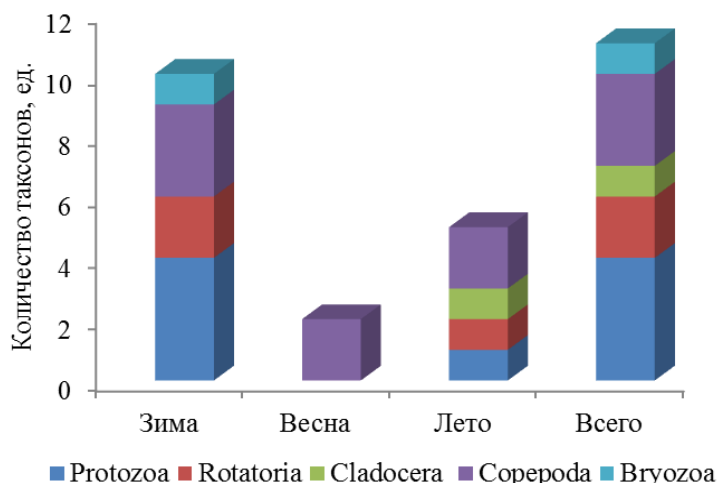


Рис. 3. Таксономический состав зоопланктона реки Терек

Наибольшие количественные показатели зоопланктона отмечались в зимний период (рис. 4а). Основу численности планктона формировали веслоногие рачки (40 %) и простейшие (40 %); биомассы – веслоногие ракообразные (82 %). Массовое распространение среди данных групп имели беспозвоночные *Cyclopoida* sp., *Diaptomus* sp., *Zoothamnium* sp. и *Epistylis* sp.

Весной численность зоопланктона по сравнению с зимней уменьшилась в 3,5 раза, биомасса – в 1,7 раза. Животный планктон был представлен только веслоногими рачками *Diaptomus* sp. и *Cyclopoida* sp. В группе прочих наблюдались *Chironomidae* и *Oligochaeta*.

Летом отмечался рост численности, биомасса была минимальной за весь период исследования. Зоопланктон формировали простейшие, веслоногие, ветвистоусые ракообразные и личинки *Chironomidae*.

В зообентосе реки Терек за период исследований с зимы по лето встретились только представители червей и насекомых. В группе червей регистрировались лишь олигохеты. Наиболее разнообразно была представлена группа амфибиотических насекомых, среди которых наблюдались поденки, ручейники, стрекозы, а также личинки и куколки двукрылых (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Simulidae* и *Pediciidae*). Малощетинковые черви, хирономиды и мокрецы встречались в каждый сезон исследований, поденки и ручейники фиксировались весной и летом. Остальные таксоны наблюдались только весной (мошки) или летом (стрекозы и педиииды).

Зимой по численности лидировали личинки двукрылых – мокрецы, а биомасса в равной степени распределилась между показателями олигохет и мокрецов. Весной личинки поденок, аналогично летнему периоду, доминировали в количественном отношении. Максимальные показатели численности и биомассы отмечались в летний период (рис. 4б), когда максимальное развитие наблюдалось в группе насекомых, а количественные показатели поденок являлись наибольшими относительно других бентосных организмов.

Фитопланктон реки Сулак за весь период исследования был представлен 42 видами рангом ниже рода из 4 групп водорослей: *Cyanophyta*, *Bacillariophyta*, *Euglenophyta*, *Chlorophyta*. Наибольшее количество видов (31) было идентифицировано в зимний период (рис. 5). Весной их встретилось всего 16 таксономических единиц. Летом число видов увеличилось, но не достигло уровня зимнего периода. Фитопланктон распределялся неравномерно не только в сезонном отношении, но и на протяжении разных участков реки. Формировали основу флористического разнообразия за весь период исследования и по отдельным сезонам года диатомовые водоросли. На их долю приходилось от 80 до 100 % общего состава фитоценоза. Существенных изменений в качественном составе диатомовых

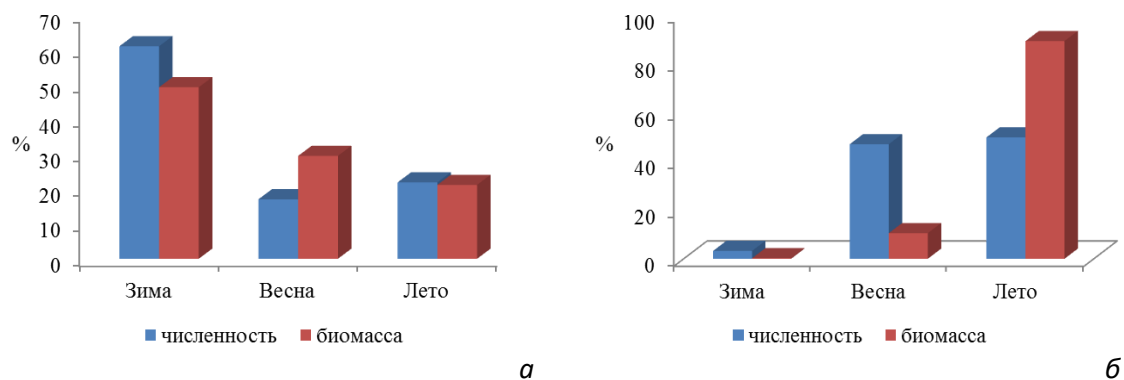


Рис. 4. Количественные показатели зоопланктона (а) и зообентоса (б) реки Терек

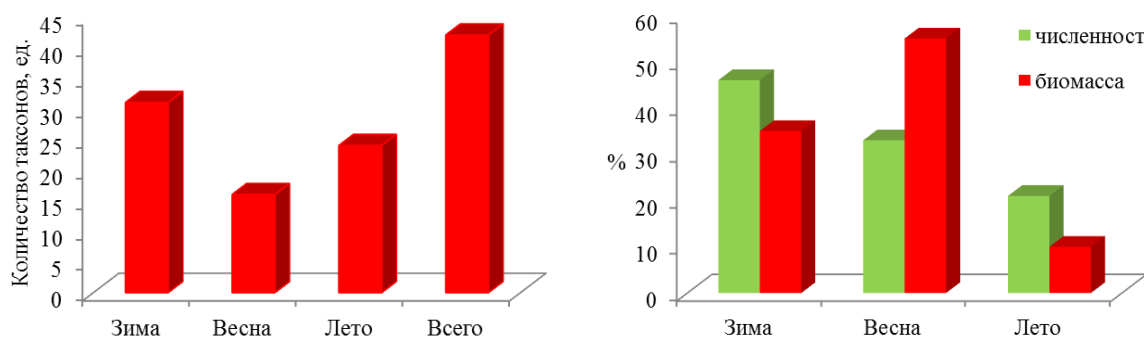


Рис. 5. Количественные показатели фитопланктона реки Сулак

водорослей по сезонам не наблюдалось. Преобладали мелкоклеточные виды родов *Navicula* и *Nitzschia*.

Численность фитопланктона уменьшалась от зимы к лету. Биомасса достигала максимальных величин в весенний период.

В зимне-летний период основу таксономического разнообразия зоопланктона на акватории реки Сулак формировали следующие группы: Protozoa, Rotatoria, Copepoda, Cladocera. В видовом составе определено 10 видов, разновидностей и форм беспозвоночных, доминирующее положение по количеству видов занимали веслоногие ракообразные (4 вида). Среди прочих организмов отмечены личинки Plecoptera, Chironomidae и Imago Diptera (рис. 6). В зимне-весенний периоды число видов зоопланктона было одинаковым, в летний – минимальным.

На протяжении всего периода исследований количественные показатели зоопланктона формировали Copepoda (51 % общей численности и 78 % общей биомассы) и Protozoa (44 % и 4 %), второстепенное значение принадлежало Cladocera (3 % и 10 %) и Rotatoria (6 % и 9 %). Наиболее массово среди коловраток были представлены *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850) и *Brachionus calyciflorus* (Ehrenberg, 1838). У ветвистоусых ракообразных регистрировалась *Daphnia* sp. В группе веслоногих раков доминировали *Diaptomus* sp., виды отряда Harpacticoida.

Максимальные количественные показатели зоопланктона были зафиксированы в зимний период (рис. 7а). Формировали численность веслоногие рачки (58 %) и простейшие (35 %); биомассу – веслоногие раки (81 %). Доминирующим видом из Copepoda являлся *Diaptomus* sp. У коловраток зарегистрирован *B. calyciflorus calyciflorus*. Ветвистоусые ракообразные были представлены *Daphnia* sp. Группу Protozoa формировали Foraminifera sp. и *Diffugia* sp.

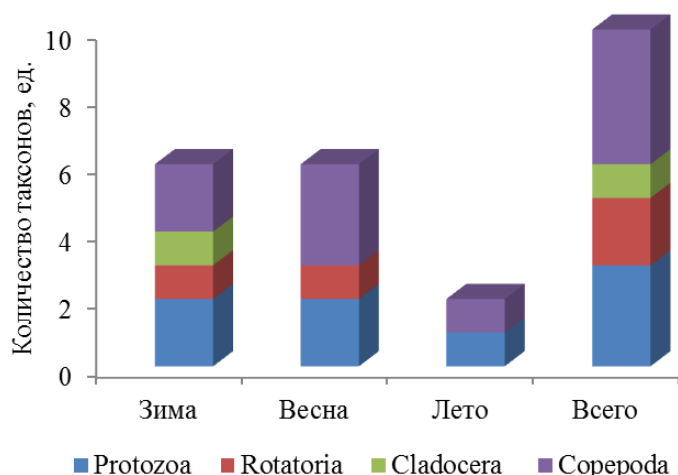


Рис. 6. Таксономический состав зоопланктона в районе реки Сулак

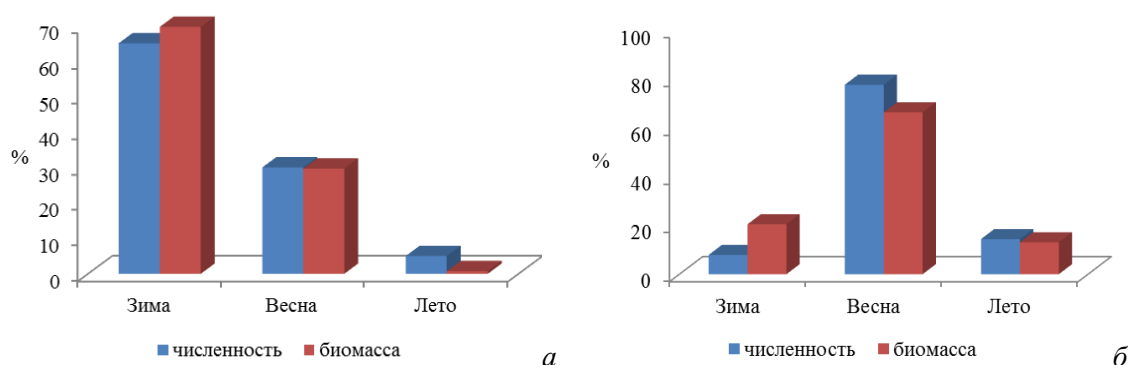


Рис. 7. Количественные показатели зоопланктона (а) и зообентоса (б) реки Сулак

Весной количественные показатели животного планктона уменьшились в 2 раза. Основу численности формировали простейшие (63 %) и веслоногие ракообразные (38 %), биомассы – коловратки (24 %) и веслоногие раки (70 %). Среди Protozoa доминировала *Foraminifera* sp., среди веслоногих рачков – *Diaptomus* sp. и *Harpacticoida* sp.

Самые низкие биомасса и численность отмечались в летний период, где количественные показатели формировали, главным образом, науплии *Diaptomus* sp. и *Foraminifera* sp.

Донная фауна реки Сулак за весь период исследования была сформирована следующими группами бентосных беспозвоночных: черви, ракообразные и насекомые. Группу червей представляли малощетинковые и круглые черви, а также пиявки. Среди ракообразных встречались амфиподы. В энтомофауне отмечались личинки и куколки двукрылых (комары-звонцы, мокрецы, мошки), а также поденки. Наблюдения за сезонной динамикой численности, биомассы и состава биоценоза показали, что представители зообентоса являются постоянными обитателями исследуемого водоема. Однако имеются значительные отличия в зависимости от времени года. Олигохеты и хирономиды встречались в каждый сезон исследований. Круглые черви и личинки *Simulidae* фиксировались зимой и весной. Поденки встречались в зимний и летний периоды, а мокрецы весной и летом. Разово в сезон за период исследований встретились амфиподы *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) – зимой и пиявки *Erpobdella octaculata* (Linnaeus, 1758) – летом.

Зимой лидирующее положение по численности донных организмов занимали малощетинковые черви, значение биомассы было выше у личинок и куколок хирономид. Максимальные показатели численности и биомассы фиксировались в весенний период, когда

количественные показатели олигохет доминировали над остальными представителями бентофауны (рис. 7б). Летний период характеризовался преобладанием среди бентосных сообществ личинок поденок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материала показал, что самые высокие величины биомассы и численности фитопланктона на реке Терек наблюдались в зимний период, затем они постепенно уменьшались. Формировали количественные и качественные показатели диатомовые водоросли. Основу видового разнообразия, биомассы и численности животного планктона определяли простейшие и веслоногие раки. Развитие количественных показателей зоопланктона в течение вегетационного периода проходило неравномерно. От зимы к весне наблюдалось сокращение численности с последующим увеличением летом, биомасса уменьшалась от зимы к лету. Наиболее высокие количественные показатели беспозвоночных зарегистрированы зимой. Благоприятные условия для развития зообентоса наблюдались в устье и в средней зоне исследований. Максимальные показатели численности и биомассы фиксировались в летний период при интенсивном развитии представителей насекомых.

Качественное разнообразие и количественные показатели фитопланктона реки Сулак увеличивались от верхней точки взятия проб (станция 4) к его устью и от зимнего к весеннему периоду. Доминировали во все исследованные сезоны диатомовые водоросли. Видовой состав планктонных беспозвоночных характеризовался невысоким видовым разнообразием, основу которого формировали веслоногие и простейшие. Наибольшие количественные показатели зоопланктона регистрировались зимой. Лучшая гидробиологическая обстановка в реке Сулак, по показателям зообентоса, наблюдалась на станции 5. Доминирование бентосных животных в количестве отмечалось среди малощетинковых червей, а также личинок поденок.

Следует отметить, что в ходе изучения сезонной динамики состава зообентоса данных водоемов, личинки амфибиотических насекомых встречались в каждом сезоне исследований. Ряд морфологических особенностей у личинок насекомых позволяют им удерживаться на камнях. Наиболее четко эти особенности развиты у личинок поденок, которыми питаются бентосоядные рыбы.

Приведенные данные по рекам Сулак и Терек позволили оценить состояние кормовой базы как удовлетворительное. Полученные данные могут послужить основой для рационального использования водотоков.

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам отдела «Западно-Каспийский» Волжско-Каспийского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») за сбор материала на реках Терек и Сулак.

Список литературы

- Абдурахманова Л. А. Регионоведение (учебное пособие). – Махачкала: ДГУНХ, 2018. – 142 с.
- Ардабьева А. Г., Зими́на Т. Н. Видовое разнообразие фитопланктона рек Северного Кавказа // Материалы XXIV междунар. научной конференции, посвященной 30-летию Республики Ингушетия «Биологическое разнообразие Кавказа и юга России». (Магас, 17–20 ноября 2022 г), 2022. – С. 311–314.
- Атлас беспозвоночных Каспийского моря / [Ред. Би́рштейна Я. А., Виноградовой Л. Г.]. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 430 с.
- Боруцкий Е. В., Степанова Л. А., Кос М. С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. – СПб: Наука, 1991. – 503 с.
- Водные ресурсы Дагестана: состояние и проблемы / [Ред. И. М. Сайпулаев, Э. М. Эльдаров]. – Махачкала, 1996. – 180 с.
- Забелина М. М. Определитель пресных водорослей СССР. – М., 1951. – 619 с.
- Карнаухов Г. И. Биоценоз реки Псеуапсе (Черноморское побережье) // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 9. – С. 129–132.

- Карнаухов Г. И. Биоценозы малых рек Краснодарского края // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 10. – С. 71–79.
- Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР. – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 744 с.
- Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Изд-во «Гидрометеиздат», 1977. – 510 с.
- Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. Определитель по фауне СССР. – М.: Наука, 1964. – 328 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 1. Низшие беспозвоночные. Губки, Книдарии, Турбеллярии, Коловратки, Гастротрихи, Нематоды, Волосатики, Олигохеты, Пиявки, Мшанки, Тихоходки / [Ред. С. Я. Цалолихин]. – СПб: ЗИН, 1994. – 396 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 2. Ракообразные, Листоногие, Ветвистоусые, Веслоногие, Остракоды, Кумовые, Мизиды, Изоподы, Декаподы, Амфиподы / [Ред. В. Р. Алексеев]. – СПб: ЗИН, 1995. – 628 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 3. Паукообразные и низшие насекомые: Акариды, Орибатида, Галакариды, Гидрахиды, Пауки, Ногохвостки, Поденки, Веснянки, Стрекозы, Клещи / [Ред. Э. П. Нарчук, Д. В. Туманов, С. Я. Цалолихин]. – СПб: ЗИН, 1997. – 448 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4. Высшие насекомые. Двукрылые насекомые / [Ред. Э. П. Нарчук]. – СПб: ЗИН, 1999. – 1000 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 5. Высшие насекомые: Ручейники, Бабочки, Жуки, Сетчатокрылые / [Ред. Э. П. Нарчук]. – СПб: ЗИН, 2001. – 836 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 6. Моллюски, Полихеты, Немертины: Двустворчатые, Брюхоногие, Полихеты, Немертины / [Ред. В. В. Богатов, С. Я. Цалолихин]. – СПб: ЗИН, 2004. – 527 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Том 2. Зообентос / [Ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 457 с.
- Панов В. Д., Базелюк А. А., Лурье П. М. Река Терек: гидрография и режим стока. – Ростов-на-Дону, 2015. – 606 с.
- Прошкина-Лавренко А. И., Макарова И. В. Водоросли планктона Каспийского моря. – М.: Наука, 1968. – 291 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / [Ред. В. А. Абакумов]. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
- Устья рек Каспийского региона: история формирования, современные гидролого-морфологические процессы и опасные явления / [Ред. В. Н. Михайлов]. – М.: ГЕОС, 2013. – 703 с.
- Чирков С. М. Современное состояние ихтиофауны горных рек Кабардино-Балкарской Республики и перспективы ее рационального использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.32 Биологические ресурсы: Астрахань: ФГБОУ «Астраханский Государственный Технический Университет, 2002. – 24 с.

Ardabyeva A. G., Nikulina L. V., Minakova E. V., Rubtsova E. G. Hydrobiological Studies of the Water Bodies of the Sulak and Terek Rivers in the Republic of Dagestan // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 41. P. 158–165.

A brief qualitative and quantitative description of the main groups of phytoplankton, zooplankton, and zoobenthos of the Sulak and Terek rivers during the winter-summer period is provided. Research indicated that the qualitative composition and abundance of phytoplankton in the Sulak River increased from winter to summer and from the upper sampling point to the river mouth. Small celled diatoms dominated in all seasons. The basis of the species diversity of zooplankton was composed of copepods and protozoans. The maximum quantitative indicators of animal plankton were recorded in winter, followed by a decrease toward summer. The benthic fauna of the Sulak River during the entire study period was represented by the following groups of invertebrates: worms, crustaceans and insects. The maximum abundance and biomass were observed in the spring, coinciding with intense development of the worm group, particularly oligochaetes. The highest values of the qualitative and quantitative composition of the phytocenosis of the Terek River were noted in the winter period of the study, the lowest values were recorded in the summer. Changes in the biomass and abundance of zooplankton occurred in a stepwise manner, with a reduction in quantitative indicators from winter to spring, followed by an increase in summer. Representatives of worms and insects were found in the zoobenthos of the Terek River throughout all seasons. Favorable conditions for the development of zoobenthos were observed at the mouth and in the middle zone of the study area. The maximum indices of the abundance and biomass of zoobenthos were recorded in the summer due to the development of representatives of the insect group.

Key words: phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, qualitative composition, abundance, biomass.

Поступила в редакцию 19.03.25

Принята к печати 08.04.25

УДК 574.583:556.114.6

DOI: 10.29039/2413-1733-2025-41-166-179

Минеральный состав поверхностных пород и многообразие микропланктона пресных водоёмов в рекреационной зоне Севастополя

Козинцев А. Ф.¹, Бобко Н. И.¹, Лишаев В. Н.¹, Кузнецов А. В.^{1,2}, Аннинский Б. Е.¹

¹ Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия

² Севастопольский государственный университет
Севастополь, Россия
kuznet61@gmail.com

В ходе экологического мониторинга пресноводных водоемов в пригородах Севастополя с 2023 по 2024 год, включая пруд на Тороповой даче, озеро возле горы Гасфорта, а также Инкерманский и Кадыковский карьеры, были собраны данные о гидрохимических характеристиках этих водоемов. Исследование показало значительное влияние элементного и минерального состава поверхностных пород на разнообразие пресноводного микропланктона. В Кадыковском карьере обнаружено повышенное содержание алюминия (до 2,8 %), марганца (до 0,6 %), серы (0,4 %) и цинка (до 0,1 %), что коррелирует с низким биоразнообразием (13 морфотипов) и доминированием динофитовой водоросли *Ceratium hirundinella*. Увеличенная концентрация нитратов (до 20 мг/л) в этом водоеме, вероятно, связана с разовым антропогенным воздействием. В то же время, в водоемах с более сбалансированным химическим составом (пруд на Тороповой даче, Инкерманский карьер) отмечено значительное разнообразие микропланктона (до 48 морфотипов). Кислотность воды в исследованных водоемах была близка к нейтральной ($\text{pH}=7,1\pm 1,2$), а температура воды колебалась в зависимости от сезона от 8 до 22 °С. Самая пресная вода оказалась в озере Гасфорта (198 ppm), в то время как наибольшая солёность была зафиксирована в Кадыковском карьере (381-504 ppm). Отмечены временные отличия в концентрациях веществ в исследуемых водоемах, такие как пиковая концентрация нитратов в Кадыковском карьере и высокое содержание фосфатов и силикатов в пруду на Тороповой даче. Исследование микропланктона показало, что в Кадыковском карьере доминирует динофитовая водоросль *Ceratium hirundinella*, что может указывать на необычное экологическое состояние водоема. В других водоемах, таких как пруд на Тороповой даче и Инкерманский карьер, отмечено более высокое биоразнообразие микропланктона, что подтверждает важность сбалансированного химического состава воды для поддержания экосистемы. Водоемы с более низким содержанием токсичных элементов, таких как алюминий, марганец, сера и цинк, показали более высокое биоразнообразие, что подчеркивает необходимость мониторинга загрязнения для сохранения экосистем. Результаты исследования подчеркивают важность интеграции геохимических и гидробиологических данных для эффективного управления водными ресурсами в рекреационной зоне Севастополя. Данные о минеральном составе поверхностных пород и биоразнообразии микропланктона могут быть использованы для разработки стратегий по предотвращению деградации пресноводных экосистем и обеспечению их устойчивости.

Ключевые слова: минералы, элементный анализ, гидрохимия, последовательная фильтрация, микроскопия, пресноводный микропланктон, биоразнообразие, устойчивость биогеоценозов.

ВВЕДЕНИЕ

Пресноводные экосистемы играют ключевую роль в поддержании биоразнообразия и обеспечении определённого качества водоёмов, позволяющего гарантировать сохранение биоты с одной стороны и возможность рационального водопользования – с другой. Однако их устойчивость во многом зависит от гидрохимических параметров, которые, в свою очередь, формируются под влиянием минерального состава поверхностных пород (Ланцова, 2008; Шабанов, Маркин, 2014; Янин и др., 2016; Reid et al., 2018). В условиях антропогенного воздействия изучение взаимосвязи между геохимической средой и сообществами организмов приобретает особую значимость (Голованов и др., 2009). Это особенно актуально для регионов с интенсивной хозяйственной деятельностью, где пресноводные водоёмы подвержены влиянию как природных, так и антропогенных факторов (Лисовский и др., 2011; Сигора и др., 2020).

Исследования демонстрируют, что минеральный состав пород оказывает влияние на гидрохимические свойства водоёмов, обуславливая кислотность, солёность и концентрацию биогенных элементов (Ghani et al., 2022). Важное значение имеет биодоступность минералов (Gensemer, Playle, 1999; van Leeuwen et al., 2005). Высокие концентрации ионов металлов могут оказывать токсический эффект на гидробионтов (Rand, Petrocelli, 1985; Воробьева и др., 2020) и подвергать риску здоровье человека (Das et al., 2023). Микропланктон, как ключевой компонент водных экосистем, может служить индикатором экологического состояния водоёмов (Дрозденко и др., 2018). Несмотря на значительное количество работ, посвящённых влиянию геохимических факторов на водные экосистемы, вопросы, связанные с корреляцией минерального состава пород и биоразнообразием микропланктона, остаются недостаточно изученными, особенно в контексте региональных особенностей Крымского полуострова.

Пригороды Севастополя характеризуются уникальными гидрогеологическими условиями, включая наличие карстовых источников и искусственных озёр (Сигора и др., 2020). Однако антропогенное воздействие, такое как промышленные стоки и добыча полезных ископаемых, может приводить к изменению гидрохимических свойств водоёмов и, как следствие, к деградации экосистем. В частности, Кадыковский карьер (рис. 1а) демонстрирует признаки экологического неблагополучия (Парфенова и др., 2016; Болтачев и др., 2017). Настоящие исследования были проведены с целью поиска возможной связи между минеральным составом поверхностных пород и биоразнообразием микропланктона в пресноводных водоёмах пригородов Севастополя.



Рис. 1. Экспедиционные работы в Кадыковском карьере
Общий вид на котловину Кадыковского карьера (а), сбор минералов (б), сбор планктона (в).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с 2023 по 2024 год на четырёх станциях: Торопова дача (N44.511, E33.682), гора Гасфорта (N44.531, E33.679), Инкерманский (N44.605, E33.610) и Кадыковский (N44.516, E33.565) карьеры (рис. 2). Пробы отбирали, следуя ГОСТ 31861-2012 (вода) и ГОСТ 13047-2014 (минералы). Для получения базовых данных сбор вели с верхних слоёв пород и с поверхностного слоя воды, учитывая ограниченный бюджет.

Подготовка и исследование минералов. Сколы горной породы на берегу водоёмов (рис. 1б) очищали, промывали дистиллированной водой и высушивали при комнатной температуре (рис. 3). Минералы дробили до мелкой щебёнки с помощью перфоратора. Полученную щебёнку перетирали вручную: сначала в керамической ступке до состояния песка, затем в агатовой ступке до консистенции пыли. Электронную микроскопию (SEM) выполняли с помощью сканирующего электронного микроскопа SU3500, Hitachi. Энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию (EDX) химических элементов проводили с помощью приставки Ultim Max 65, Oxford Instruments (рис. 4). Элемент железо исключали из дальнейшего анализа.

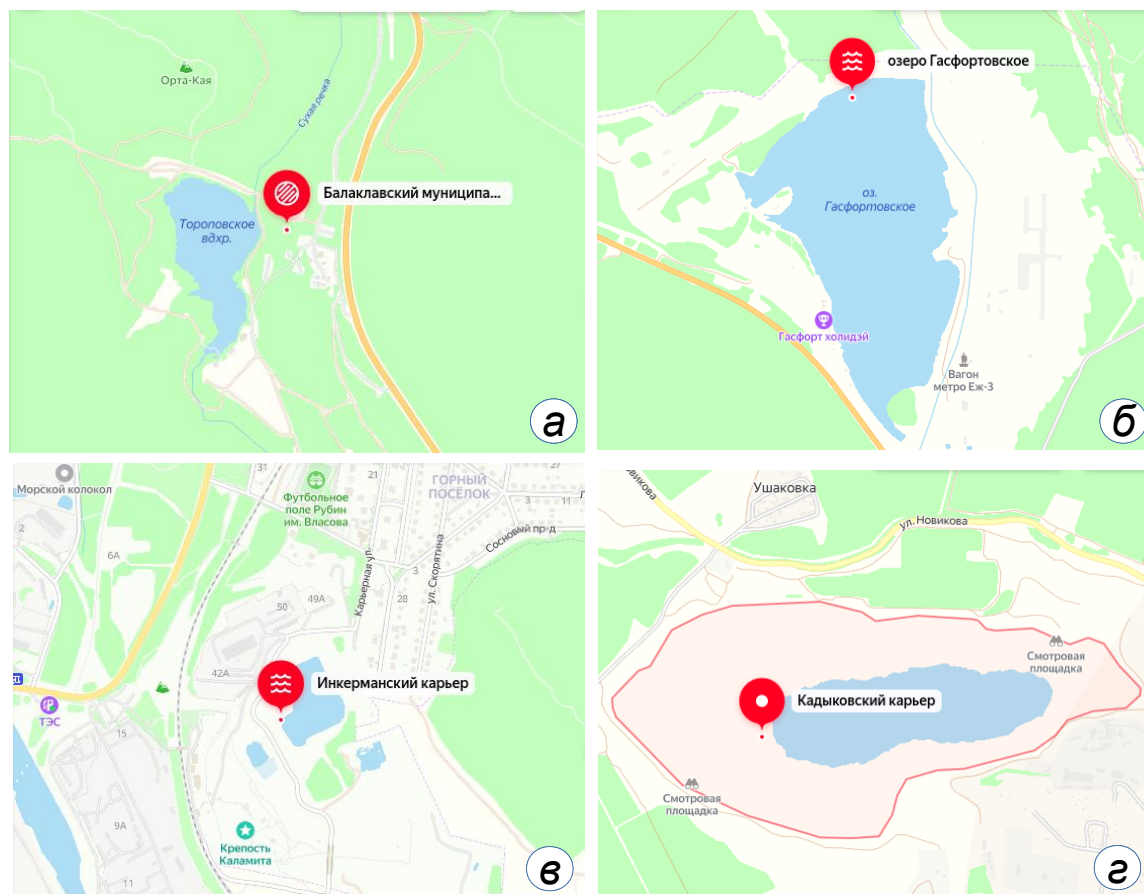


Рис. 2. Места расположения экспериментальных станций
Торопова дача (N44.511, E33.682) (а), гора Гасфорта (N44.531, E33.679) (б), Инкерманский карьер (N44.605, E33.610) (в) и Кадыковский карьер (N44.516, E33.565) (г).

Химический анализ воды. В экспедиционных условиях оценка кислотности проводилась с использованием портативного рН-метра. Температура и солёность воды измерялись с применением TDS-метра модели ИК-01. Поскольку солемер производит измерения в единицах ppm (particles per million – частицы на миллион), полученные значения преобразовывали в концентрации на основании калибровочной кривой. Концентрации биогенных элементов в воде измеряли по стандартизованным методикам в лабораторных условиях (Методы гидрохимических..., 1988).

Изучение биообразцов. Воду и планктон отбирали возле берега с поверхности и затем разливали в пластиковые бутылки или разделяли на размерные фракции с помощью устройства последовательной фильтрации Biber-2 с сетками 2 мм, 300, 150, 84 мкм и волоконным фильтром 5 мкм (рис. 1в). Микропланктон префиксировали 2,5 % глутаровым альдегидом (ГА). Таксономическое выявление морфотипов (Уфимцева, Кузнецов, 2022) планктонных организмов размером от 5 до 84 мкм проводили под микроскопом MC-4 с видеоокуляром Эврика 1.3 МР, Микромед при увеличении до 50 раз. Биологические образцы фотографировали в микроскопе Eclipse Ts2R, Nikon с DIC-оптикой при увеличении 100 крат. Для электронной микроскопии префиксированные пробы ещё раз промывали водой, осаждали на нейлонный фильтр с размером пор 0,2 мкм, а затем фильтр помещали на 15 мин на поверхность раствора 2,5 % ГА для дополнительной фиксации и закрепления биообъектов на подложке. После этого пробы промывали трижды по 10 мин, помещая их на поверхность сначала профильтрованной водопроводной воды, затем дважды на поверхность дистиллированной воды. После высыхания проб в течение суток, образцы досушивали при

критической точке, покрывали сплавом золота с палладием в режиме диффузного напыления на установке EM ACE200, Leica, и просматривали в SEM.

Математический анализ. Статистический анализ данных и их визуализацию осуществляли в среде R. Результаты приведены в виде среднего со стандартной ошибкой $X_{\text{ср}} \pm \Delta_{\text{ст}}$. Для оценки биоразнообразия использовали показатель обилия сложных сообществ – индекс богатства морфотипов (Morphotype richness, M), который является простой и понятной характеристикой экосистемы.



Рис. 3. Фотографии образцов минералов

Первый ряд – красный мраморовидный известняк, серый известняк и белый мраморовидный известняк из Кадыковского карьера, второй ряд – известняки из Инкерманского карьера.

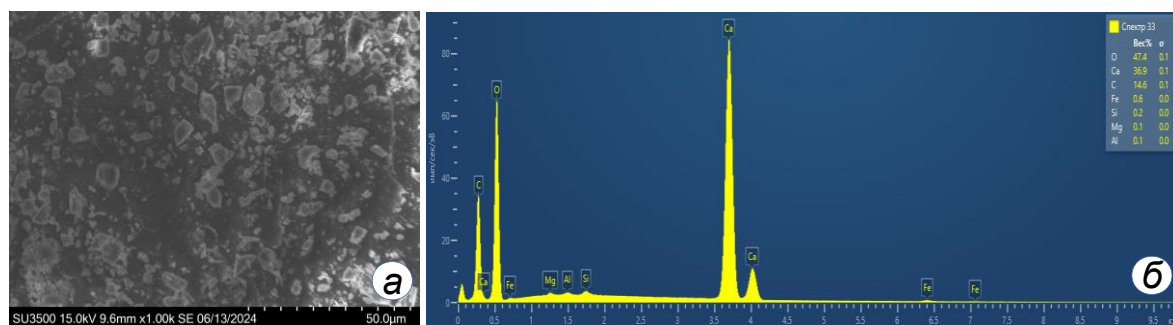


Рис. 4. Пример электронной микрофотографии порошка кальцита из Кадыковского карьера (а) и EDX-спектра (б)

Снимок: сканирующий электронный микроскоп SU3500, Hitachi с приставкой Ultim Max 65, Oxford Instruments.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Содержание химических элементов в минералах. В этом разделе представлены данные по элементному составу горных пород на станциях, кроме Тороповой дачи, где горные породы скрыты под слоем почвы. Результаты сбора минералов в окрестностях Севастополя систематизированы в Таб. 1 в порядке их поступления в лабораторию.

В найденных минералах, типичных для Крымского полуострова (Тищенко, Касаткин, 2020), обнаружено 20 элементов периодической таблицы Д. И. Менделеева. Приведём

первичную оценку их содержания в горных породах возле разных водоёмов. Во всех известняках отмечено высокое содержание кальция (Ca) – до 62 %, что соответствует их природному составу. В сером известняке Кадыковского карьера (проба № 2) обнаружено повышенное содержание кремния (Si) – до 5,7 %, что согласуется с результатами анализа воды из карьеров. Чёрное включение в красном мраморовидном известняке (проба № 8) может быть органическим отложением с повышенным содержанием углерода (C) – 7,32–10,30 % и кислорода (O) – 36,04–44,82 %. Зелёный минерал, найденный в окрестностях горы Гасфорта (проба № 10), обогащён кремнием (Si) – 3,5–25,4 % и кислородом (O) – 38,54–44,1 %, что соответствует оксиду кремния. Металлоподобная проба № 11, найденная возле горы Гасфорта, оказалась сурьмой (Sb) с содержанием до 93,6 %, что требует дополнительной проверки на возможные ошибки.

Таблица 1

Минералы, собранные на экспериментальных станциях

№	Минерал	Станция
1	красный мраморовидный известняк	Кадыковский карьер
2	серый известняк	Кадыковский карьер
3	белый мраморовидный известняк с жилой кальцита	Кадыковский карьер
4	жила кальцита на белом мраморовидном известняке	Кадыковский карьер
5	известняк, образец 1	Инкерманский карьер
6	известняк, образец 2	Инкерманский карьер
7	белый мраморовидный известняк	Кадыковский карьер
8	чёрное включение в красном мраморовидном известняке	Кадыковский карьер
9	кристаллы кальцита	Кадыковский карьер
10	зелёный минерал	гора Гасфорта
11	металлоподобный минерал	гора Гасфорта

Статистический анализ основных химических элементов по 10 измерениям каждого образца минерала выявил следующее. Содержание кальция (Ca) и кислорода (O) составляет более 40 % каждого во всех пробах, что более чем в 4 раза превышает присутствие других элементов, как углерод (C) и кремний (Si). Количество элемента Ca значительно варьирует в пробах известняка из Инкерманского карьера в отличие от других экспериментальных станций (рис. 5).

Помимо основных элементов, как O, Ca, C, Si и Fe (до 9,4 %), в пробах обнаружены металлы Al, Mn, Cr, Ti, K, Mg и Na, неметаллы S и Cl, следы элементов Mo, Br, Zn и P. В одном образце превалировал полуметалл сурьма (Sb). Содержание алюминия – Al достигало 2,8 %, S – 0,4 % в сером известняке, а количество K – 1,1 % в породах Кадыковского карьера. Количество Mg варьировало в пределах 0,1–0,4 % в большинстве пород. Химический элемент Cl найден в известняках Инкерманского Карьера (до 0,6 %), Na встречался в известняках Кадыковского и Инкерманского карьеров (0,1 %), а также был найден в зелёном минерале горы Гасфорта (0,2 %). Включения Mo (0,1 %) зафиксированы в известняках Инкерманского карьера, следовые количества Br (0,1 %) и следы Zn (до 0,1 %) отмечены в белом мраморовидном известняке Кадыковского карьера. В чёрном включении красного мраморовидного известняка из Кадыковского карьера обнаружен элемент P (0,3 %). Химический элемент Mn найден в чёрном включении красного мраморовидного известняка из Кадыковского карьера (до 0,6 %) и в зелёном минерале горы Гасфорта (до 11,3 %). Также в

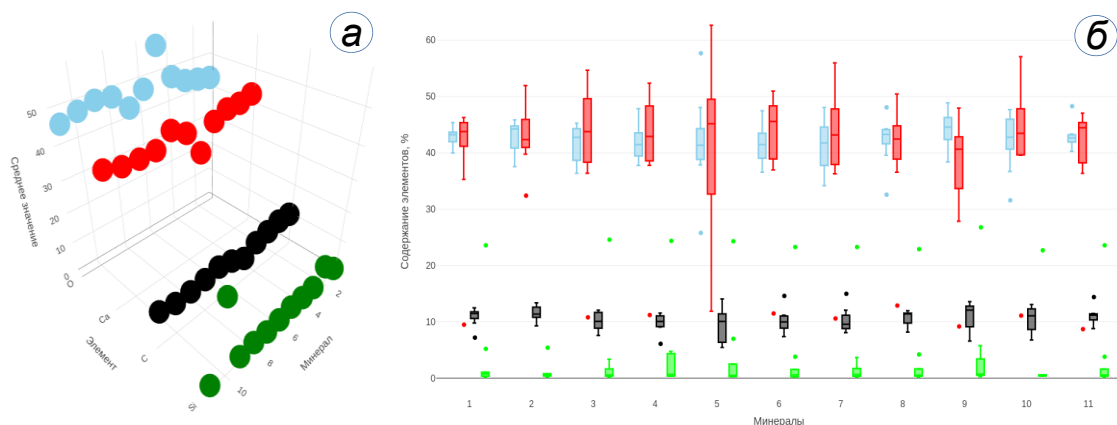


Рис. 5. Содержание основных элементов в пробах минералов
с экспериментальных станций

На 3D-диаграмме усреднённых значений (а) и на рисунке б химические элементы О и Са расположены вверху по шкале, а С и Si – внизу, что соответствует общей тенденции уменьшения концентрации элементов в ряду $O > Ca > C > Si$ во всех минералах. Элемент О – голубой, Са – красный, С – чёрный, Si – зелёный. Нумерация проб минералов соответствует Таб. 1. Содержание элементов выражено в % (б).

зелёном минерале горы Гасфорта присутствуют металлы Cr (до 0,6 %) и Ti (до 0,2 %). Помимо этого, в металлоподобном минерале горы Гасфорта находится до 0,2 % щёлочноземельного металла Sr. Примечательно, что содержание элемента Sb в металлоподобном минерале, найденном возле горы Гасфорта с помощью металлоискателя, достигало 93,6 %.

Гидрохимические показатели. Кислотность воды в исследованных пресноводных водоёмах была близка к нейтральной ($pH=7,1 \pm 1,2$). Температура воды зависела от сезона года и колебалась от 8 до 22 °С. Самая пресная вода оказалась в озере Гасфорта (198 ppm), несколько большая солёность зафиксирована в пруду на Тороповой даче (278–298 ppm), ещё более солёная вода – в Инкерманском карьере (315 ppm) и, наконец, наибольший показатель отмечен в Кадыковском карьере (381–504 ppm), максимум которого соответствует ~500 мг/л.

Выявлены временные отличия в концентрациях веществ в исследуемых водоёмах. Отмечена пиковая концентрация нитрата NO_3^- (20000 мкг/л, N) в Кадыковском карьере 6 июня 2024 г. В пруду на Тороповой даче в летний период обнаружено высокое содержание фосфата $H_2PO_4^-$ и силиката в виде ортокремниевой кислоты (H_4SiO_4) – 3262 ± 3240 мкг/л, P и 4628 ± 1873 мкг/л, Si, соответственно. Присутствие растворённого кремния варьировало в разных водоёмах. Так, в пруду Тороповой дачи оно превышало аналогичный показатель в озере Гасфорта (996 ± 684 мкг/л, Si) в 4,6 раза, а в Кадыковском карьере (1892 ± 322 мкг/л, Si) его содержание было больше в 14,5 раз, чем в Инкерманском карьере ($130 \pm 80,5$ мкг/л, Si). Максимальная разница в 35,6 раза выявлена между Тороповой дачей и Инкерманом.

Господствующая микроводоросль Кадыковского карьера. В Кадыковском карьере доминирует динофитовая водоросль *Ceratium hirundinella* (O.F. Müller) Dujardin, 1841 о чём свидетельствует чистота микроскопических препаратов (рис. 6). Поверхность организма покрыта панцирем, состоящим из эпитеки и гипотеки, разделённых пояском. На передней части эпитеки имеется единственный апикальный вырост с открытым зубчатым концом. На гипотеке выступают два выроста, заканчивающихся острыми закрытыми концами. Также можно видеть продольные борозды, разделяющие поверхность организма на части. Панцирь представляет собой налегающие друг на друга пластины, которые пронизаны порами диаметром 0,5 мкм в регулярном порядке, напоминающем винтовые линии (рис. 7). Следует отметить, что *C. hirundinella* выявлена и в других водоёмах, но лишь в Кадыковском карьере этот вид является массовым и встречается круглый год с пиком размножения с марта по июль.

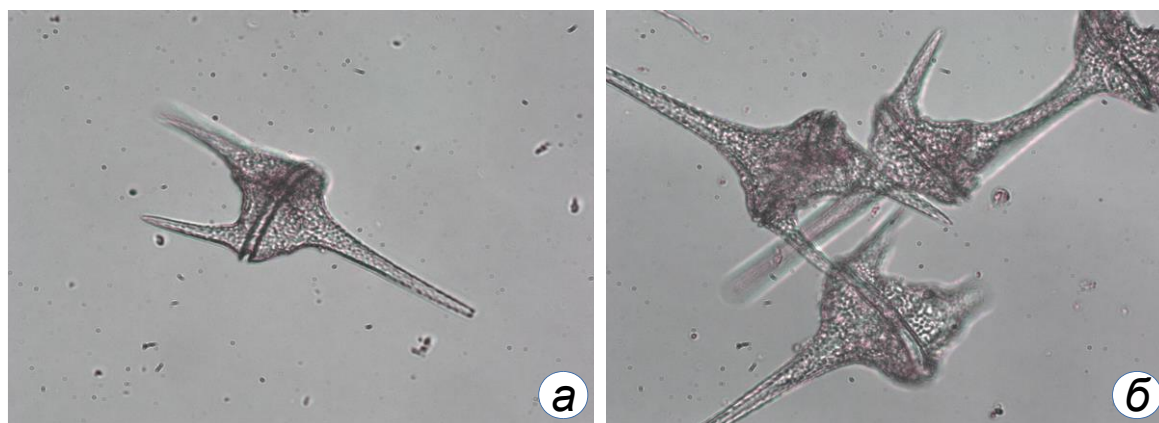


Рис. 6. Световая микроскопия *Ceratium hirundinella*
Увеличение 100 раз, микроскоп Eclipse Ts2R, Nikon.

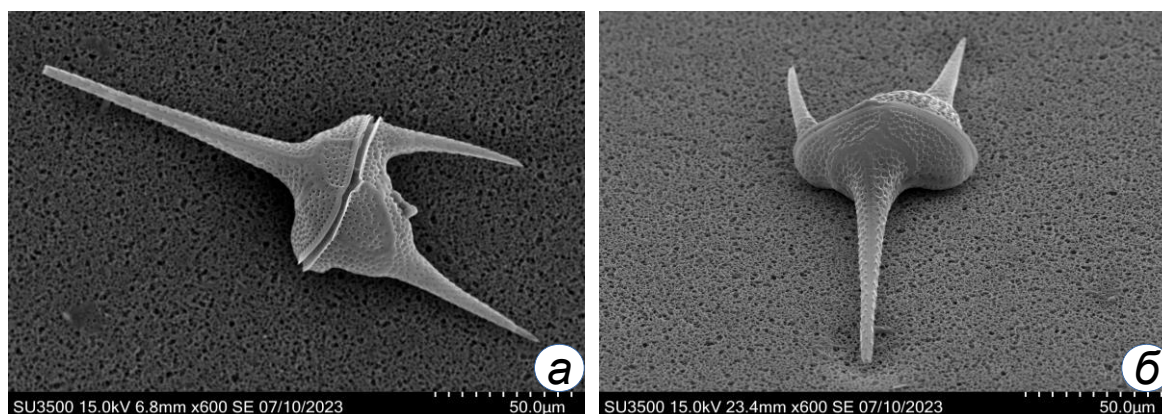


Рис. 7. Электронные фотографии *Ceratium hirundinella*
Напыление сплавом Au и Pd, сканирующий электронный микроскоп SU3500, Hitachi.

Богатство жизни и элементный состав минералов вблизи озёр. В поверхностном слое воды исследованных пресных водоёмов обитают разные одноклеточные и многоклеточные водоросли, коловратки, мелкие членистоногие и другие микроскопические животные. Наблюдение за составом планктонных организмов в водоёмах в течение года и подсчёт таксономических единиц выявили в Кадыковском озере 13 отдельных морфотипов, из них 5 в последней размерной фракции № 4 (5–84 мкм), тогда как в Тороповом пруду обнаружено в сумме 48 морфотипов, из них 22 во фракции № 4. Представители Кадыковского карьера из фракции 5–84 мкм встречаются и на Тороповой даче (рис. 8а). Разовая весенняя проба из Инкерманского карьера содержала 15 морфотипов, из них 10 в последней фракции, а зимняя проба из озера Гасфорта – 14 морфотипов, где 3 из них в последней мелкой фракции 5–84 мкм. В зависимости от сезона в пруду на Тороповой даче доминировал тот или иной вид фитопланктона или зоопланктона. Зимой зоопланктон превалировал над фитопланктоном. Динофитовая водоросль *C. hirundinella* не найдена в озере Гасфорта, но изобиловала в Кадыковском и Инкерманском карьерах с всплеском размножения в весенне-летний период (рис. 6, 7).

Содержание элементов в минералах, отобранных на четырёх экспериментальных станциях, сравнили с концентрацией минеральных солей в воде, а также с пробами микропланктона из этих источников. Оказалось, что Инкерманский и Кадыковский карьеры – это два независимых кластера в координатах: содержание химических элементов – количество

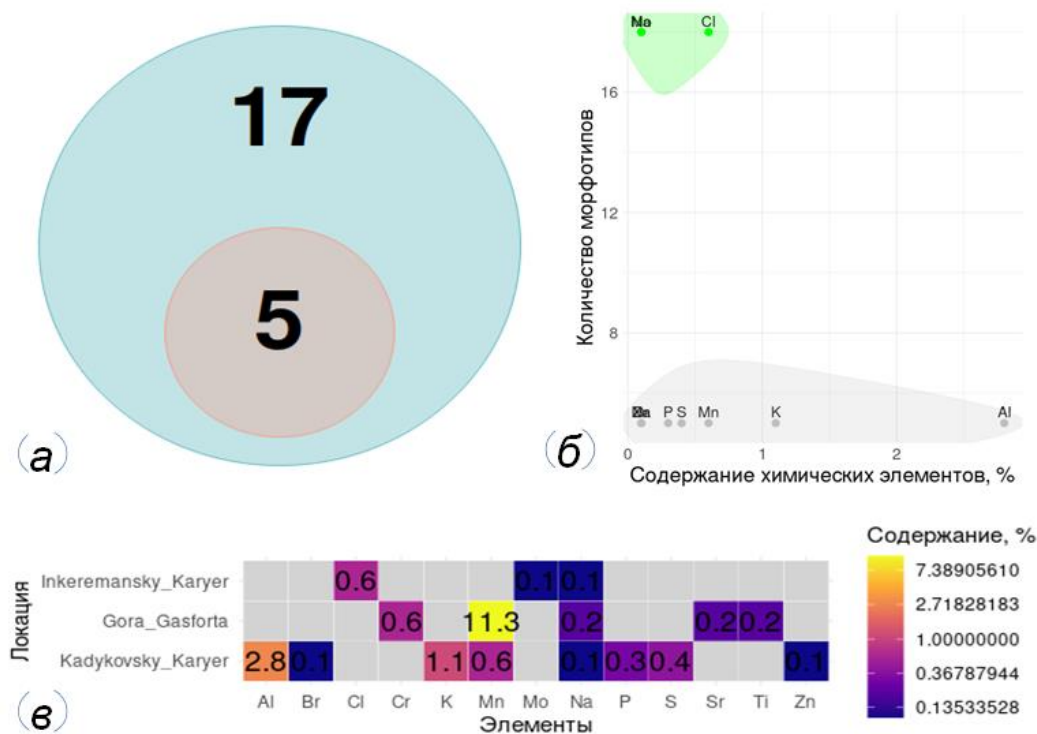


Рис. 8. Обратное отношение между биоразнообразием и содержанием определённых элементов по локациям

Диаграмма Венна для микропланктона размерной фракции 5–84 мкм из пруда на Тороповой даче (голубой) и озера в Кадыковском карьере (серый) с указанием числа морфотипов (а), положение двух кластеров, соответствующих Инкерманскому (зелёный) и Кадыковскому (серый) карьерам, на плоскости: содержание химических элементов – число морфотипов (б), тепловая карта содержания элементов, где максимальные значения Al, Br, Cl, Cr, K, Mn, Mo, Na, P, S, Sr, Ti и Zn выражены в долевых процентах (%) и использована логарифмическая шкала (в).

морфотипов (рис. 8б). Примечательно, что богатство, выявленных на экспериментальных станциях морфотипов находится в обратной зависимости от содержания минорных химических элементов в минералах с этих станций. Особенно яркая картина наблюдается в Кадыковском карьере, где низкое биоразнообразие сочетается с присутствием пула химических элементов, как Al, Br, K, Mn, Na, P, S и Zn (рис. 8в).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования свидетельствуют, что такие показатели, как кислотность и солёность, для всех изученных водоёмов находятся в пределах нормы по рекомендациям ВОЗ для питьевой воды: $\text{pH} \approx 7,0$ и концентрация солей < 500 мг/л, соответственно (Руководство по обеспечению..., 2017; Стокгольмская конвенция... 2021). Для оценки экологического состояния водоёмов более релевантными являются критерии, учитывающие предельно допустимые концентрации (ПДК) для гидробионтов, которые могут отличаться от норм для питьевой воды (Нормы качества..., 2.1.4.1074-01). Чтобы сравнить содержание химических элементов в породах с ПДК в воде, необходимо пересчитать процентное содержание каждого элемента в минерале в его концентрацию в водном растворе, учитывая растворимость этого элемента, а также доступность минерала для воды.

Так, например, содержание алюминия в минералах Кадыковского карьера достигает 2,8 %. Потенциальное содержание растворимого алюминия в водоёме при условии полной

растворимости может составить около 2,8 мг/л (при 0,1 г минерала на литр воды), что превышает ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (0,04 мг/л) и для питьевой воды (0,2 мг/л). Однако нужно отметить, что это потенциальное превышение ПДК, при условии полной растворимости, что в реальности маловероятно. Растворимость Al в чистой воде крайне низка – он реагирует с водой в присутствии кислорода, образуя оксид алюминия и водород. Оксид алюминия в очень незначительной степени растворяется в воде, образуя гидроксиды алюминия. В природных водах растворимость может варьировать в зависимости от pH воды и присутствия других ионов. Таким образом, растворимость соединений алюминия, содержащихся в минералах, зависит от конкретного минерала и условий среды. Аналогично, высокое содержание марганца в минералах, до 0,6 %, также может превысить ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (0,01 мг/л) и для питьевой воды (0,05 мг/л) лишь при условии полной растворимости. Содержание цинка до 0,1 % в минералах, при абсолютных значениях может привести к превышению ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (0,01 мг/л), в то время как для питьевой воды ПДК составляет 3 мг/л. Напротив, концентрация хорошо растворимых нитратов в Кадыковском карьере (до 20 мг/л) находится ниже ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (40 мг/л) и питьевой воды (50 мг/л).

Высокое содержание кальция в пробах указывает на известняковые образования, которые в некоторых случаях могут быть малопригодными для поддержания биоразнообразия, особенно для видов, чувствительных к высокой жёсткости воды. Обнаруженное незначительное повышение количества нитратов и растворённого кремния в Кадыковском карьере теоретически может привести к негативным последствиям для водной экосистемы, включая снижение видового богатства. Содержание нитратов часто связано с антропогенным воздействием, таким как сельскохозяйственные стоки или сбросы промышленных отходов (Исмагилов, 2012). В пруду на Тороповой даче отмечено повышенное содержание фосфатов и силикатов, что наоборот благоприятствует поддержанию разнообразия водной флоры, так как эти элементы являются ключевыми биогенными веществами для роста фитопланктона (Полякова, Полякова, 2017).

Анализ минералов выявил присутствие элементов, которые способны отравляюще действовать на гидробионтов (Rand, Petroselli, 1985; Фелленберг, 1997; Дмитриева и др., 2002; Новиков и др., 2022). В частности, в горном минерале возле горы Гасфорта обнаружено высокое содержание сурьмы (Sb) – до 93,6 %. Такое значение требует дополнительной проверки, так как оно может указывать на потенциальное загрязнение прилегающего озера, однако для подтверждения этого необходимы дальнейшие исследования. Сурьма является токсичным элементом, который даже в низких концентрациях может вызывать нарушения метаболизма (He et al., 2019; Filella et al., 2002). Также здесь велико содержание Mn (11,3 %) по сравнению с другими локациями, его высокие концентрации могут быть ядовитыми (Воробьева и др., 2020). В Кадыковском карьере выявлены 8 химических элементов (Al, Br, K, Mn, Na, P, S и Zn), повышенные концентрации которых, предположительно, могут быть отравляющими (Волков, 1975; Линник, 2006). Напротив, в Инкерманском карьере (озеро Святого Климента) и в пруду на Тороповой даче не обнаружено каких-либо вредных веществ, что объясняет высокое биоразнообразие в этих водоёмах.

Согласно литературным данным, алюминий (Al) в повышенных концентрациях может оказывать токсическое действие на водные организмы, особенно на рыб и беспозвоночных (Baker, McCready, 1991; Виноградов, 1992; Gensemer, Playle, 1999; Воробьева и др., 2020). Предполагается, что ионы алюминия могут нарушать осморегуляцию клеток, что приводит к повреждению клеточной структуры и нарушению метаболизма (Шугалей, 2012; Скупневский, Иванов, 2023). Однако для подтверждения этих механизмов в условиях исследуемых водоёмов необходимы дополнительные эксперименты. Алюминий также может связываться с фосфатами (Тихонов, 1971), ограничивая доступ живых объектов к этому источнику. Калий (K), как правило, не считается ядовитым в нормальных концентрациях и является важным элементом, необходимым для жизнедеятельности клеток (Гинецинский, 1963; Андреев, Гулиев, 2008). Однако его избыток может нарушать баланс других элементов и приводить к осмотическому стрессу (Виноградов, 2000; Хлебович, 2015а). Хотя марганец (Mn) является

важным микроэлементом, его избыточное потребление может влиять на состояние клеток и тканей (Dobson et al., 2004; Мартынова, 2010, 2012; Peres et al., 2016; Каменец, 2016, 2017). Элемент сера (S) может быть вреден для обитателей водоёмов в нескольких аспектах (Holmer, Storkholm, 2001). При разложении органических веществ в анаэробных условиях соли серы могут преобразовываться в сероводород (H_2S) и оказывать негативное влияние на гидробионтов (Фрог и др., 2012). Повышенные концентрации серы могут приводить к интенсификации процессов, связанных с разложением органических материалов, что может утилизировать растворённый кислород. Это, в свою очередь, приводит к гипоксии (Солдатов и др., 2022). Гибель водорослей и их разложение также снижает концентрацию кислорода, ухудшая условия для обитателей водоёма (Пронина и др., 2016). Наконец, цинк (Zn) в умеренных количествах необходим для многих биохимических процессов, однако высокие концентрации этого микроэлемента могут вызывать подавление роста, нарушения метаболизма и даже гибель организмов (Skidmore, 1964; Zaranyica, 1997; Добровольский, 1980; Велиханов, 1988; Muysen et al., 2005). Таким образом, высокое содержание этих элементов, особенно алюминия, серы и цинка, может отравлять экосистему, что, возможно, частично объясняет наблюдаемое низкое биоразнообразие в Кадыковском карьере по сравнению с другими водоёмами, где содержание этих элементов ниже. Однако для установления точных причинно-следственных связей необходимы дополнительные исследования, учитывающие другие возможные факторы.

Зафиксированная 6 июня 2024 г. повышенная концентрация нитратов в Кадыковском озере (20 мг/л) может быть связана с антропогенным воздействием, таким как разовый сброс сточных вод или сельскохозяйственных удобрений. Однако их исчезновение через неделю может также объясняться естественными процессами, такими как поглощение нитратов фитопланктоном или их преобразование в другие формы азота. Примечательно, что в этот же период наблюдалось необычайно большое количество микроводоросли *C. hirundinella*, что может свидетельствовать о временном изменении экологических условий в водоёме. Следует отметить, что данный организм встречается в разных регионах мира в пресных и солоноватых водоёмах, таких как озера, реки и эстуарии (Müller, 1773; Graham et al., 1944; Sournia, 1968). Этот вид играет важную роль в экосистемах, так как является частью фитоценозов и важным элементом водной сети питания (Chapman et al., 1982; Матвиенко, 1977). Микроводоросль *C. hirundinella* является индикатором начальной стадии эвтрофикации. При умеренной доступности фосфора и азота, *C. hirundinella* может демонстрировать повышенную численность. Однако при интенсивной эвтрофикации, вид *C. hirundinella* может быть вытеснен другими видами фитопланктона, которые более эффективно используют избыток питательных веществ и/или более толерантны к недостатку кислорода, часто сопутствующим сильному загрязнению органикой. Для надёжной характеристики качества воды с использованием *C. hirundinella* необходим комплексный анализ, включающий оценку других физико-химических и биологических показателей (Nwankwegu et al., 2023).

Можно добавить, что «Чаша Любви» или «озеро Сердце» находится на 14 м ниже уровня моря и на удалении 2,5 км от береговой линии, что позволяет морской воде просачиваться через известняковые породы в воды Кадыковского карьера. Также, озеро питается подземными источниками пресной грунтовой воды, которые поддерживают водный баланс. За осенне-зимний сезон чаша Кадыковского карьера пополняется дождевой водой, что ведёт к повышению её уровня на 1–2 м, а затем, соответственно, испаряется в весенне-летний сезон. Однако такое спорадическое, а не регулярное наполнение водоёма приводит к трудностям адаптации водных организмов к случайным условиям, что может быть одной из причин отсутствия видового богатства Кадыковского карьера. Подобная причина низкого биоразнообразия высказывалась для эстуария Чёрной речки, где распреснение имеет нерегулярный характер и, вероятно, приводит к уменьшению разнообразия гидробионтов по сравнению с прилегающими районами (Уфимцева, Кузнецов, 2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из оценки пригодности водоёмов для обитания живых существ на основе анализа химического состава проб минералов и воды, а также данных о биоразнообразии планктонных организмов можно констатировать следующее. Качество воды во всех исследованных водоёмах и локальная экологическая обстановка может быть охарактеризована, как практически здоровая. Вода из Кадыковского карьера отличается наибольшей чистотой и пригодна для питья, однако устойчивость биогеоценоза там, возможно, меньше, чем в других водоёмах из-за пониженного биологического разнообразия, что требует охранных мероприятий. Однозначной связи между составом скальных пород и свойствами воды не установлено в силу специфической растворимости химических элементов. В Кадыковском карьере, где выявлено повышенное содержание алюминия (до 2,8 %), серы (0,4 %), марганца (0,6 %) и цинка (0,1 %), в размерной фракции № 4 (5–84 мкм) обнаружено лишь 5 таксономических морфотипов, включая *C. hirundinella*, тогда как в озёрах на Тороповой даче и в Инкермане разнообразие морфотипов планктона в этой же фракции было гораздо шире и составило 22 и 10 единиц, соответственно. В целом, Кадыковский карьер выделяется низким биоразнообразием (всего 13 морфотипов) по сравнению с Тороповой дачей (до 48 морфотипов). Доминирование динофитовой водоросли *Ceratium hirundinella* в этом водоёме служит показателем необычного экологического состояния. В отличие от этого, в пруду на Тороповой даче, в Инкерманском карьере и в озере Гасфорта сбалансированный химический состав способствует поддержанию богатых по разнообразию сообществ.

Исследование предоставляет основу для разработки региональных программ по предотвращению деградации пресноводных водоёмов. В частности, выявленные источники загрязнения, такие как нитраты и токсичные элементы, требуют мониторинга и регулирования. Особое внимание необходимо уделить Кадыковскому карьере. Следует учитывать, что наши выводы носят предварительный характер и требуют дальнейшей проверки. Одним из ограничений данного исследования является относительно небольшая выборка. Для повышения репрезентативности результатов желательно расширение множества данных, включая большее количество водоёмов и отобранных проб.

Для глубокого понимания динамики загрязнения и устойчивости экосистем к токсичным элементам требуются долгосрочные исследования. Целесообразно расширить анализ на другие размерные фракции планктона, а также включить молекулярные методы для изучения механизмов токсичности и адаптации гидробионтов к изменяющимся условиям среды. В частности, для полного понимания функционирования биогеоценоза необходимо исследование микробиомов, так как микроорганизмы играют ключевую роль в трансформации минералов, а для этого важно использование методов анализа экологической ДНК. Эти шаги позволят уточнить механизмы влияния минерального состава на биоразнообразие и разработать более эффективные стратегии охраны и управления водными ресурсами региона.

Благодарности. Авторы искренне признательны Рябушко Л. И., за помощь в идентификации динофитовых водорослей, Капранову С. В., Климовой Т. Н., Алёмову С. В., Алёмовой Т. Е. и Трощенко О. А. за обсуждение результатов, а также благодарны таким студентам, как Курченко В. М., Тихонов С. Ю., Подкидышева Ю. К., Григорьев М. Н., Хавронюк И. С., Гунькова А. К. и Таран Н. А. за участие в отборе проб.

Список литературы

Андреев В. В., Гулиев Р. А. Обмен натрия и калия у рыб при высокой концентрации ионов в воде // Рыбное хозяйство. Вестник АГТУ. – 2008. – № 3 (44). – С. 43–48.

Болтачев А. Р., Климова Т. Н., Вдович И. В., Бондарева Л. В., Аблязов Э. Р., Рыжилов М. С. Отчёт по Договору № 2017/6 от 22 мая 2017 г. на выполнение научно-исследовательских работ/оказание услуг. – 2017. – С. 1–7.

- Велиханов Э. Э. Токсичность цинка для креветки // Первая Всесоюзная конф. по рыбохозяйственной токсикологии. Тез. докл. Рига, 1988. Ч. 1. С. 60–61.
- Виноградов Г. А. Обмен кальция и натрия у рыб при вариации концентраций ионов алюминия, меди, кадмия, магния и водорода // Информационный бюллетень. Биология внутренних вод. – 1992. – № 91. – С. 60–68.
- Виноградов Г. А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. – М.: Наука, 2000. – 216 с.
- Волков И. И. Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере Черноморского бассейна) // Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. – М.: Наука, 1975. – С. 85–113.
- Воробьева О. В., Исакова Е. Ф., Заец М. А., Мерзеликин А. Ю., Самойлова Т. А. Токсичность иона алюминия для *Daphnia magna* Straus в зависимости от жесткости природной и искусственной воды // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. – 2020. – Т. 75. – № 4. – С. 273–279.
- Гинецинский А. Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 426 с.
- Голованов А. И., Зимин Ф. М., Сметанин В. И. Рекультивация нарушенных земель / А. И. Голованов (ред.). – М.: Колос, 2009. – 325 с.
- Дмитриева А. Г., Кожанова О. Н., Дронина Н. Л. Физиология растительных организмов и роль металлов. – Москва: Изд-во МГУ, 2002. – 160 с.
- Добровольский В. В. Тяжёлые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия // Тяжёлые металлы в окружающей среде. – М.: МГУ, 1980. – С. 3–12.
- Дрозденко Т. В. Фитопланктон как индикатор экологического состояния водоема (на примере озера Барское, Псковская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, вып. 2. – С. 225–231.
- Исмагилов Р. Р. Проблема загрязнения водной среды и пути ее решения // Молодой ученый. – 2012. – № 11 (46). – С. 127–129.
- Каменец А. Ф. Влияние ионов марганца (II) на *Scenedesmus quadricauda* // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2017. – № 1. – С. 67–70.
- Каменец А. Ф. Влияние ионов марганца (II) на репродуктивную активность, смертность и трофическую активность *Daphnia magna* // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – № 12. – С. 8–12.
- Ланцова И. В. Геоэкологические аспекты рекреационного водопользования. – Тверь: ООО Издательство «Триада», 2008. – 216 с.
- Линник П. Н. Влияние различных факторов на десорбцию металлов из донных отложений в условиях экспериментального моделирования // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42. – № 3. – С. 97–114.
- Лисовский А. А., Новик В. А., Тимченко З. В., Губская У. А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник. – Симферополь: КРП Учпедгиз, 2011. – 242 с.
- Мартынова М. В. Марганец в придонной воде и донных отложениях Можайского водохранилища. 1. Сезонные колебания в воде // Экологическая химия. – 2010. – Т. 19. – № 4. – С. 229–235.
- Мартынова М. В. Формы нахождения марганца, их содержание и трансформация в пресноводных отложениях // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21. – № 1. – С. 38–52.
- Матвиенко А. М. Отдел пиропитовые водоросли (Rytophyta) // Жизнь растений. Т. 3. Водоросли. Лишайники / Под ред. М. М. Голлербаха. – М.: Просвещение, 1977. – 487 с. – С. 93–100.
- Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – М.: ВНИРО, 1988. – 120 с.
- Новиков Д. А., Черных А. В., Хвощевская А. А., Максимова А. А., Деркачев А. С., Дульцев Ф. Ф., Ничкова Л. А., Сигора Г. А., Хоменко Т. Ю., Яхин Т. А. Токсичные элементы в природных водах севастопольской городской агломерации: распределение, фон, аномалии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 79–92.
- Нормы качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. (ВОЗ, ЕС, USEPA).
- Парфенова И. А., Репецкая А. И., Кладченко Е. С. Концепция рекультивации Кадыковского карьера с организации туристско-рекреационного объекта (Севастополь, Балаклава). – Экосистемы. – 2016. – Вып. 6. – С. 51–65.
- Полякова Т. В., Полякова А. В. Влияние изменчивости биогенной базы на фитопланктон Геленджикской бухты Черного моря // Вопросы современной альгологии. – 2017. – № 1 (13).
- Пронина Г. И., Корягина Н. Ю., Терентьев П. В. Воздействие фитопланктона на кислородный режим рыбохозяйственного водоёма в условиях низких температур // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 52–61.
- Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.]. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2017. – 604 с.
- Сигора Г. А., Хоменко Т. Ю., Ничкова Л. А. Проблемы обеспечения экологически безопасного состояния в рекреационных зонах г. Севастополя // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 2 (75). – С. 125–132.
- Скупневский С. В., Иванов Д. В. Воздействие алюминия и его соединений на функции органов и тканей человека (обзорная статья) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание, 2023. – № 1. – С. 110–124.

Солдатов А. А., Кладченко Е. С., Рычкова В. Н., Кухарева Т. А., Лантушенко А. О., Мегер Я. В. Морфофункциональные характеристики эритроидных клеток гемолимфы двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) в условиях сероводородной нагрузки // Биология моря. – 2022. – Т. 48. – № 6. – С. 402–412.

Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей. Шестнадцатое совещание, Женева, 11-16 января 2021 г. – 59 с.

Тихонов В. Н. Аналитическая химия алюминия. Серия «Аналитическая химия элементов». – М.: Наука, 1971. – С. 17.

Тищенко А. И., Касаткин А. В. Минералы и минеральные комплексы Крыма. – Бизнес-Информ. – Симферополь, 2020. – 468 с.

Уфимцева М. А., Кузнецов А. В. Экспресс-оценка размерных фракций планктона в акватории г. Севастополь зимой 2021-2022 гг: модельные исследования // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2022. – Т. 7. – № 4. – С. 640–644.

Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. – М.: Мир, 1997. – 232 с.

Фрог Б. Н., Скурлатов Ю. И., Штамм Е. В., Вичутинская Е. В. Влияние водорастворимых соединений восстановленной серы на токсические свойства природных и сточных вод // Вестник МГСУ. – 2012. – № 6. – С. 105–113.

Хлебович В. В. Критическая соленость как маркер смены калиевой среды развития жизни на натриевую // Успехи современных биологических наук. – 2015а. – Т. 135. – № 1. – С. 18–20.

Хлебович В. В. Прикладные аспекты концепции критической солености // Успехи современных биологических наук. – 2015б. – Т. 135. – № 3. – С. 272–278.

Шабанов В. В., Маркин В. Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. Монография. – М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. – 166 с.

Шугалей И. В., Гарабджигу А. В., Илюшин М. А., Судариков А. М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экологическая химия. – 2012. – Т. 21. – № 3. – С. 172–186.

Янин Е. П., Кузьмич В. Н., Иваницкий О. М. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2016. – № 6. – С. 3–72.

Baker D. B., McCready R. L. Aluminum toxicity in fish: A review // Aquatic Toxicology. – 1991. – Vol. 19, Iss. 1–2. – P. 83–96.

Chapman D. V., Dodge J. D., Heaney S. J. Cyst formation in the freshwater dinoflagellate *Ceratium hirundinella* // J. Phycol. – 1982. – Vol. 18. – P. 121–129.

Das S., Sultana K. W., Ndhlala A. R., Mondal M., Chandra I. Heavy metal pollution in the environment and its impact on health: Exploring green technology for remediation // Environmental Health Insights. – 2023. – Vol. 17. – Article 11786302231201259.

Dobson A. W., Erikson K. M., Aschner M. Manganese neurotoxicity // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2004. – Vol. 1012. – P. 115–128.

Filella M., Belzile N., Chen Y.-W. Antimony in the environment: A review focused on natural waters: II. Relevant solution chemistry // Earth-Science Reviews. – 2002. – Vol. 59, Iss. 1–4. – P. 265–285.

Gensemer R. W., Playle R. C. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 1999. – Vol. 29, Iss. 4. – P. 315–450.

Ghani J., Ullah Z., Nawab J., Iqbal J., Waqas M., Ali A., Almutairi M. H., Peluso I., Mohamed H. R. H., Shah M. Hydrogeochemical characterization and suitability assessment of drinking groundwater: Application of geostatistical approach and geographic information system // Front. Environ. Sci. – 2022. – Sec. Toxicology, Pollution and the Environment. – Vol. 10. – Article 874464. – P. 1–16.

Graham H. W., Bronikowsky N. The genus *Ceratium* in the Pacific and North Atlantic oceans // Scientific results of cruise VII of the Carnegie during 1928–1929 under command of captain J. P. Ault. – Washington, 1944. – D.C. – vii + 209 p.

He M., Wang N., Long X., Zhang C., Ma C., Zhong Q., Wang A., Wang Y., Pervaiz A., Shan J. Antimony speciation in the environment: Recent advances in understanding the biogeochemical processes and ecological effects // Journal of Environmental Sciences (China). – 2019. – Vol. 75. – P. 14–39.

Holmer M., Storkholm P. Sulphate reduction and sulphur cycling in lake sediments: A review // Freshwater Biology. – 2001. – Vol. 46, Iss. 4. – P. 431–451.

Müller O. F. Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusoriorum, helminthicorum et testaceorum, non marinorum, succincta historia. – Vol. 1. – Havniæ et Lipsiæ: Heineck and Faber, 1773. – xxxiv + 135 S. – 63, 98.

Muyssen B. T., Bossuyt B. T., Janssen C. R. Inter- and intra-species variation in acute zinc tolerance of field-collected cladoceran populations // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2005. – Vol. 24, Iss. 5. – P. 1174–1182.

Nwankwegu A. S., Zhang L., Xie D., Ohore O. E., Li Y., Yang G., Yao X., Song Z., Yang Q. Metabolites dynamics exacerbated by external nutrients inputs into a *Ceratium hirundinella*-dominated bloom in the Pengxi River, Three Gorges Reservoir, China // Aquat. Toxicol. – 2023. – May. – Vol. 258. – Article 106507.

Peres T. V., Schettinger M. R., Chen P., Carvalho F., Avila D. S., Bowman A. B., Aschner M. Manganese-induced neurotoxicity: a review of its behavioral consequences and neuroprotective strategies // BMC Pharmacology and Toxicology. – 2016. – Vol. 17, Iss. 1. – Article 57.

Rand G. M., Petrocelli S. R. Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods and Applications. – New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1985. – 666 p. – ISBN 0-89116-382-4.

Reid A., Carlson A., Creed I. F., Eliason E. J., Gell P. A., Johnson P., Kidd K., MacCormack T., Olden J., Omerod S. J., Smol J. P., Taylor W., Tockner K., Vermaire J., Dudgeon D., Cooke S. J. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity // Biological Reviews. – 2018. – Vol. 94, Iss. 3. – P. 849–873.

Skidmore J. F. Toxicity of zinc compounds to aquatic animals, with special reference to fish // Quarterly Review of Biology. – 1964. – Vol. 39. – P. 227–248.

Sournia A. Le genre *Ceratium* (peridinien planctonique) dans le canal de Mozambique. Contribution à une révision mondiale // Vie et Milieu. – 1968. – Vol. 18. – P. 375–499.

van Leeuwen H. P., Town R. M., Buffle J., Cleven R. F., Davison W., Puy J., van Riemsdijk W. H., Sigg L. Dynamic speciation analysis and bioavailability of metals in aquatic systems // Environmental Science & Technology. – 2005. – Vol. 39, Iss. 22. – P. 8545–8556.

Zaranyica M. F. Concentration of Cd, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn in bream, *Oreochromis macrochirus*, during the 1996 mass fish deaths in Lake Chivero, Zimbabwe // Environ. Sci. and Health. – 1997. – Vol. 33, Iss. 7. – P. 1895–1906.

Kozintsev A. F., Bobko N. I., Lishaev V. N., Kuznetsov A. V., Anninsky B. E. Mineral Composition of Surface Rocks and Diversity of Microplankton in Freshwater Bodies in the Recreational Zone of Sevastopol // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 166–179.

During the ecological monitoring of freshwater bodies in the suburbs of Sevastopol from 2023 to 2024, including the pond at Toropova Dacha, the lake near Mount Gasforta, as well as the Inkerman and Kadykovsky quarries, data on the hydrochemical characteristics of these water bodies were collected. The study demonstrated a significant influence of the elemental and mineral composition of surface rocks on the diversity of freshwater microplankton. Elevated amounts of aluminum (up to 2.8 %), manganese (up to 0.6 %), sulfur (0.4 %), and zinc (up to 0.1 %) were detected in the Kadykovsky quarry, correlating with low biodiversity (13 morphotypes) and the dominance of the dinoflagellate algae *Ceratium hirundinella*. The increased nitrate concentrations (up to 20 mg/L) in this water body are likely associated with a one-time anthropogenic impact. In contrast, water bodies with a more balanced chemical composition, such as the pond at Toropova Dacha and the Inkerman quarry, exhibited significant microplankton diversity (up to 48 morphotypes). The hydrochemical parameters of the water were also examined, including pH, temperature, salinity, and concentrations of biogenic elements. The pH of the water was close to neutral ($\text{pH}=7.1\pm1.2$), with temperature fluctuations ranging from 8 to 22 °C depending on the season. The freshest water was found in the Lake Gasforta (198 ppm), while the highest salinity was recorded in the Kadykovsky quarry (381–504 ppm). Temporal differences in substance concentrations were observed, such as peak nitrate concentration in the Kadykovsky quarry and high phosphate and silicate concentrations in the pond at Toropova Dacha. Microplankton analysis revealed that the dinoflagellate algae *Ceratium hirundinella* dominated in the Kadykovsky quarry, indicating an atypical ecological state. The other water bodies, like the pond at Toropova Dacha and the Inkerman quarry, demonstrated higher microplankton biodiversity, highlighting the importance of a balanced chemical composition of water for ecosystem health. Water bodies with lower concentrations of toxic elements, such as aluminum, manganese, sulfur, and zinc, exhibited greater biodiversity, underscoring the necessity for pollution monitoring to preserve ecosystems. The results of this study emphasize the importance of integrating geochemical and hydrobiological data for effective water resource management in the recreational zone of Sevastopol. Data on the mineral composition of surface rocks and microplankton biodiversity can be used to develop strategies for preventing freshwater ecosystem degradation and ensuring their sustainability.

Key words: minerals, elemental analysis, hydrochemistry, sequential filtration, microscopy, freshwater microplankton, biodiversity, sustainability of biogeocenoses.

Поступила в редакцию 14.03.25

Принята к печати 08.04.25

УДК 594.382.4

DOI: 10.29039/2413-1733-2025-41-180-188

Cernuella virgata (Da Costa, 1778) (Mollusca, Geomitridae) – адвентивный вид в Туркменистане

Шиков Е. В.¹, Михеева М. В.²

¹ Тверской государственный университет
Тверь, Россия

² Ашхабад, Туркменистан
e_v_schik@mail.ru, euanthever@gmail.com

Впервые для территории Туркменистана найдена *Cernuella virgata* (Da Costa, 1778). Вид обитает в Ашхабаде и в пригородах: Бикрове и Берзенгах. Природный ареал *C. virgata* охватывает западное Средиземноморье, Британские острова, Крым и окрестности Новороссийска. Мы считаем, что *C. virgata* была завезена из Европы в 90-е годы, когда привозили большое количество саженцев с землёй для озеленения города. Все биотопы, заселённые *C. virgata*, располагаются вдоль дорог и около жилых построек, как в районах одноэтажной, так и в районах многоэтажной застройки. Улитки всегда обитают в местах произрастания трав. В Европе *C. virgata* живёт в открытых степях, за что её называют степной улиткой. В Туркменистане *C. virgata* обитает в лесопосадках, в тени деревьев и в огородах, где есть полив. Изменения в экологии обусловлены особенностями засушливого континентального климата зоны полупустынь Туркменистана. Размножение весной и осенью. Длительность жизни до полного формирования раковин и наступления половой зрелости от двух до шести лет. Это зависит от увлажнения биотопов в результате поливов. В летнюю жару поднимаются на стволы и прячутся в трещинах коры. Общие параметры раковин и половой системы соответствуют описаниям *C. virgata* из западных стран Европы. Высота раковин 8,6–14,2; ширина раковин 12,5–19,2; число оборотов 4,6–6,25. Изменения экологии *C. virgata* в условиях Туркменистана показывает большие способности вида к приспособлению в новых условиях, что делает возможным его расселение в других антропогенных биотопах стран Азии.

Ключевые слова: наземные моллюски, адвентивные виды, распространение, изменчивость раковин и гениталий, изменение экологии вида, Туркменистан.

ВВЕДЕНИЕ

В 2023 году М. В. Михеевой впервые для территории Туркменистана была найдена *Cernuella virgata* (Da Costa, 1778). Вид найден в Ашхабаде и в пригородах: Бикрове и Берзенгах. Природный ареал *C. virgata* охватывает западное Средиземноморье, Британские острова, Крым и окрестности Новороссийска (рис. 1). Мы считаем, что *C. virgata* была завезена в Туркменистан из Европы в 90-е годы, когда привозили большое количество саженцев с землёй для озеленения города.

Цель работы – изучить особенности экологии *C. virgata* в условиях Ашхабада, выявить места обитания вида, описать внешний вид раковин, их изменчивость по окраске, строение половой системы и её изменчивость, обсудить особенности биологии вида в климатических условиях зоны полупустынь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили в утренние часы в июле–сентябре 2023 года и с марта по декабрь в 2024 году на территории Ашхабада и его пригородов. Всего было собрано 39 экземпляров живых улиток и 56 пустых раковин. Собранная молодь помещалась в контейнеры для дальнейших наблюдений. Промеры раковин проводились штангенциркулем по методике Шилейко (1978). Фиксация живых улиток проведена выдерживанием в воде 15–

24 часа с последующим прогреванием при температуре +40 °С в течение часа. Вскрыто для определения строения половой системы 22 экземпляра. Гениталии зарисованы с фотографий (Шиков, 2023).

Определение возраста улиток до достижения ими половой зрелости проведено по утолщенным линиям на раковине, которые образуются в осенний период при прекращении роста из-за понижения температуры воздуха, но при сохранении активности животных (Шиков, 2023).



Рис. 1. Природный ареал *Cernuella virgata* (по Welter-Schultes, 2012)

Большая часть Туркменистана располагается в Арало-Каспийской низменности и имеет равнинный характер с локальными понижениями рельефа. В центральной и северной частях страны располагаются песчаные пустыни Туранской низменности. Вдоль юго-западной границы страны тянется хребет Копетдаг (высота до 2942 м). Все экземпляры *C. virgata* найдены в предгорьях Копетдага.

Климат Ашхабада континентальный. Жаркий сезон начинается с конца мая и длится до первых чисел сентября. Среднесуточная температура в этот период составляет 32 °С. Самый жаркий месяц в году в Ашхабаде – июль, с максимальной температурой выше 37 °С и минимальной – 24 °С. Холодный сезон, со среднесуточной температурой ниже 14 °С, начинается с конца ноября и продолжается до первых чисел марта. Самый холодный месяц в году в Ашхабаде – январь, с минимальной температурой ниже –1 °С и максимальной в +8 °С.

Биотопы, в которых обитает *C. virgata* разнообразны. Крупные популяции населяют сосновые и туевые лесопосадки с яблоней домашней (*Malus domestica* (Suckow) Borkh., 1803), тутовым деревом (*Morus nigra* L., 1753) и большим количеством сорных трав. *C. virgata* обычна по краям полей с разнотравьем и вдоль арыков для полива, проникает на поля. *C. virgata* нередко на полянах среди насаждений хвойных и лиственных пород. В районах одноэтажных застроек *C. virgata* заметно вредит на огородах и в садах, где выращивают укроп (*Anethum graveolens* L., 1753), перец стручковый (*Capsicum annuum* L., 1753), клубнику, или землянику садовую (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier, 1785), орех (*Juglans regia* L.), виноград (*Vitis vinifera* L., 1753), хризантемы (*Chrysanthemum* L., 1753, пом. cons.) и тому подобное. Скопления живых особей *C. virgata* обнаружены под

сочными листьями хрена обыкновенного (*Armoracia rusticana* (G. Gaertn., B. Mey. & Scherb., 1800)).

Сокращения: А – атриум; Б – бич; БЖ – белковая железа, ВР – высота раковины; ГП – гермафродитный проток; Об – число оборотов; П – пенис; ПП – папилла пениса, ПСП – проток семяприёмника; РП – ретрактор пениса; С – семяпровод; СЖ – слизистые железы; СОД – спермовидукт; СП – семяприёмник; СТ – стилофоры; ШР – ширина раковины; Э – эпифаллус; Я – яйцевод.

РЕЗУЛЬТАТЫ

C. virgata найдена в г. Ашхабаде, его пригородах Берзенги, Бикрове (в садах и огородах, близ сельскохозяйственных угодий) и в жилом массиве Ямбаш (рис. 2). Популяции *C. virgata* в городе обитают в садах, виноградниках, скверах и парках, как в центре города, так и на окраине. Улитки были обнаружены вдоль арыков, на придорожной и уходящей вглубь поля территории с большим количеством сорных трав (рис. 4). С ноября по май в Ашхабаде выпадает основная доля осадков. Лето очень сухое, поэтому улитки спасаются в тени близ водных источников (систем капельного орошения и рек). Очень часто улиток можно встретить забившимися под кору деревьев (ели, тутовника, лоха узколистного т. д.). Обычно *C. virgata* заползают на высоту 1,5–2 м (рис. 5).

C. virgata активны в Туркменистане большую часть года. Моллюски не активны только в зимний период после первых холодов с минусовыми температурами. Их можно обнаружить под листовым опадом, сухими ветками и слоем хвои.

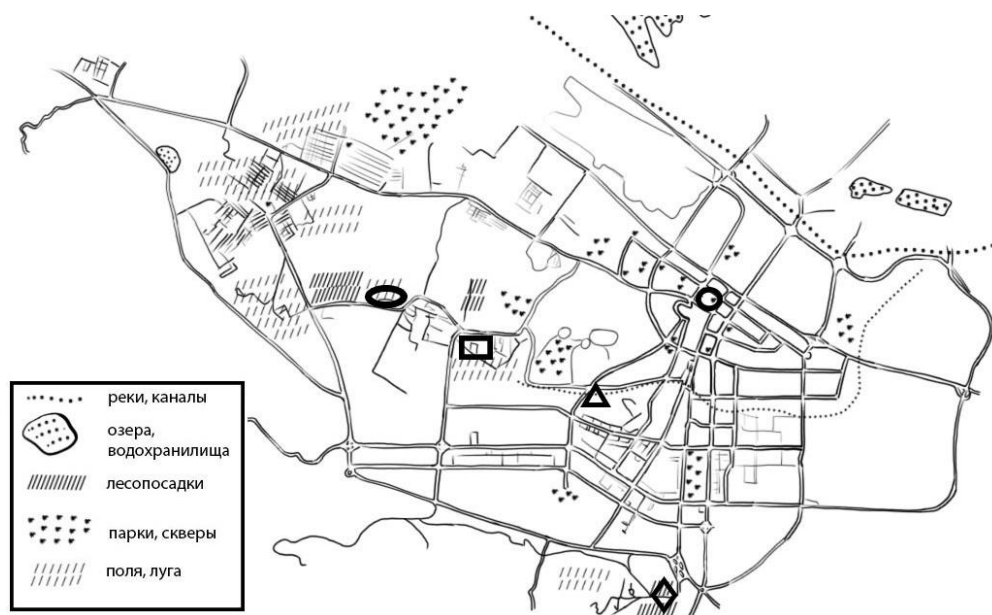


Рис. 2. Карта Ашхабада и его пригородов

Места обнаружения *Cernuella virgata* отмечены значками: прямоугольник – район Бикровы, ромб – лесопосадки по дороге к водолечебнице «Берзенги», овал – возделываемые поля с арыками вдоль Биковинского шоссе, круг – расположенные рядом Пушкинский и Ленинский скверы, треугольник – сады с виноградниками

Общие параметры раковин и половой системы соответствуют описаниям *C. virgata* из западных стран Европы (Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1978; Kerney, Cameron, 1979; Grossu, 1983; Barker, 1988, 2004; Welter-Schultes, 2012; Балашов, 2016). Раковины всегда окрашены (рис. 3). Они могут быть светло коричневыми с одной яркой коричневой лентой по периметру последнего оборота или с несколькими коричневыми лентами. Если общий фон раковины белый, то на раковине яркие коричневые спиральные полосы разной ширины.



Рис. 3. Изменчивость дефинитивных размеров и окраски раковин *Cernuella virgata*

a – ВР 10.8, ШР 14.0, О6 5.6;

b – ВР 11.6, ШР 14.8, О6 5.95;

c – ВР 13.8, ШР 19.0, О6 5.9;

d – ВР 8.9, ШР 12.5, О6 5.2;

e – ВР 10.8, ШР 17.7, О6 5.4;

f – ВР 12.7, ШР 17.0, О6 5.75;

g – ВР 12.9, ШР 18.2, О6 6.25.



Рис. 4. Места обитания *Cernuella virgata* в Туркменистане

a, b – пригород Ашхабада – Бикрова: придорожная территория поля (*a*) и арык (*b*); *c* – придорожные посадки в окрестностях г. Ашхабада (сосна эльдарская, туя восточная, яблоня домашняя, шелковица); *d* – сады с неухоженными виноградниками и тузовыми деревьями с регулярным поливом.



Рис. 5. *Cernuella virgata* в природной обстановке

a, b – в саду; *c* – в щелях дерева лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L., 1753).

Пупок не перспективный, наполовину прикрыт отворотом устья. Эмбриональные обороты обычно тёмно-коричневые, но могут быть и светлыми (рис. 3). Дефинитивные обороты умеренно выпуклые, плавно нарастающие. Последний оборот в профиле округлый, к устью плавно опускается. Края устья острые, не развёрнутые. Немного отступя от устья невысокая губа, коричневая или беловатая. На поверхности раковин хорошо видны линии осенне-зимних перерывов в росте. Их может быть от одной до пяти. Изменчивость раковин: ВР = 8,6–14,2 мм; ШР = 12,5–19,2 мм; Об = 4,6–6,25.

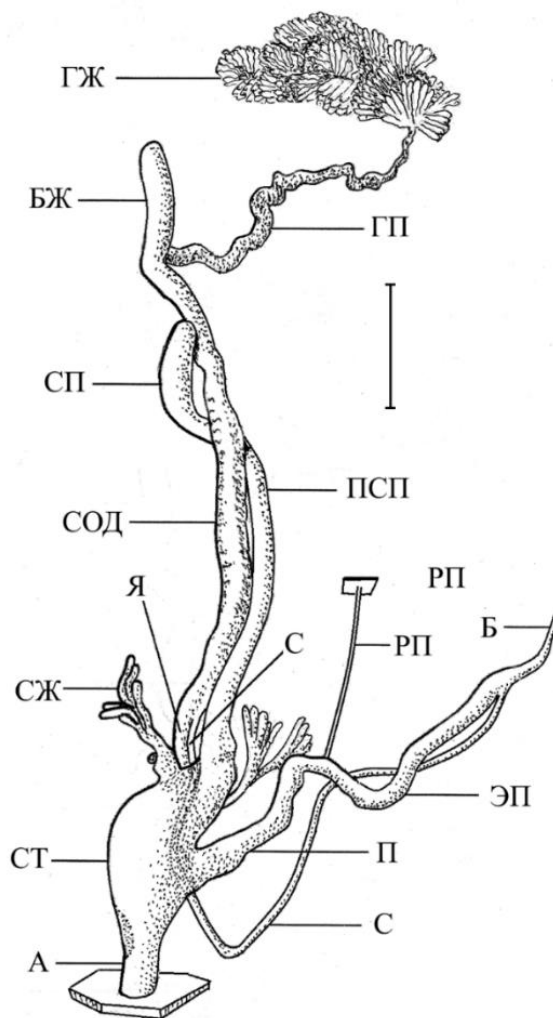


Рис. 6. Общий вид гениталий *Cernuella virgata*
(пригород Ашхабада Безенги, 15.09.2024 г., масштабный отрезок – 3 мм)

Строение половой системы в целом соответствует ранее проведённому описанию *C. virgata* из Крыма (Шилейко, 1978). Гермафродитная железа состоит из многих кустовидных групп долек, погружённых в пищеварительную железу (рис. 6, 8). Гермафродитный проток со многими изгибами. Белковая железа узкая. Спермовидукт слабо изогнут. Семяприёмник удлинённо овальный, прилегает к проксимальной части спермовидукта или к его середине (рис. 6, 8). При растягивании семяприёмника после его наполнения спермой, на его поверхности просвечивает рельеф внутренней поверхности (рис. 8). Проток семяприёмника сильно расширен в проксимальной части (рис. 6–8).

Стилофоры вдаются в полость вагины. В дистальной части вагины расположены сфинктеры. Они изменчивы. Кольцевой сфинктер может быть узким и гладким или широким, состоящим из гладких валиков. На границе с клоакой часто есть ещё широкий уплощенный сфинктер (рис. 7 с, d).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все биотопы, заселённые *C. virgata*, располагаются вдоль дорог и около жилых построек, как в районах одноэтажной, так и в районах многоэтажной застройки. Улитки всегда обитают

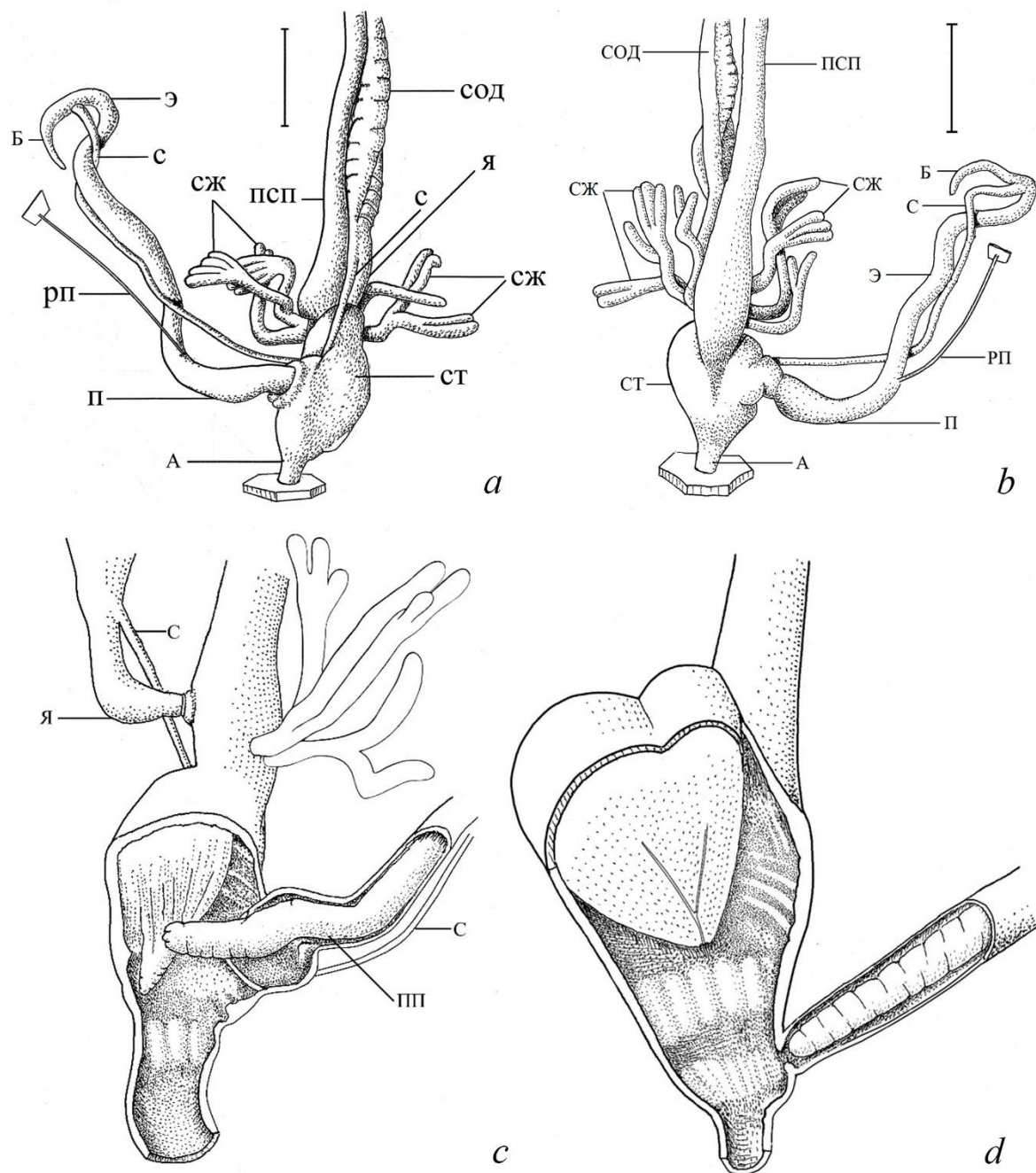


Рис. 7. Дистальные части гениталий *Cernuella virgata*
(пригород Ашхабада – Берзенги, 22.11.2024 г.)

a, b – одна и та же особь с двух сторон, масштабный отрезок – 3 мм; *c, d* – вагина, клоака и дистальная часть пениса двух разных особей вскрыты: стилы в естественном виде (*c*) и разрезаны вдоль (*d*).

в местах произрастания трав. Но на пышных лугах пригорода Ямбаш их нет. В летнее время на данной территории, не ухоженной и дикой, полив не осуществляется. Скорее всего, луга недостаточно увлажнены и имеют мало тенистых мест для укрытия улиток.

Размножаются улитки как весной, так и осенью, когда спадает духота, и до наступления минусовых температур. Наличие на раковинах *C. virgata* разного количества линий осенне-зимних перерывов в росте показывает, что достижение половой зрелости наступает на

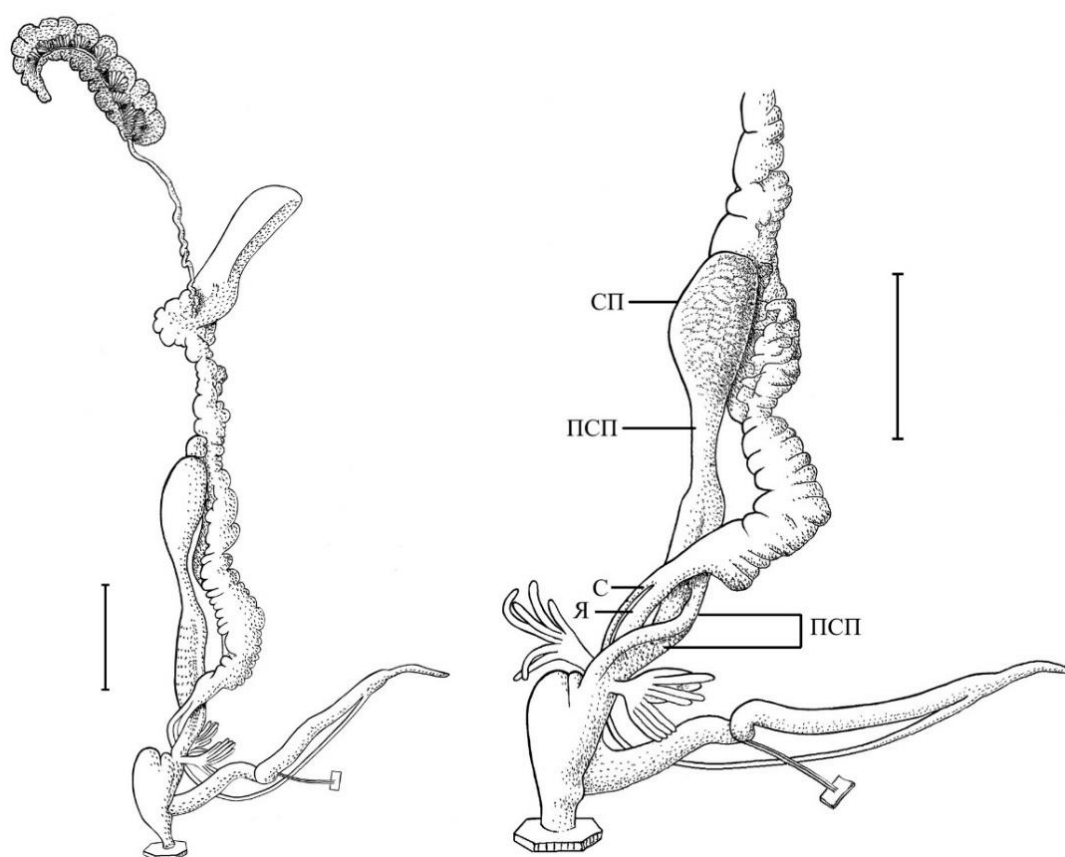


Рис. 8. Половая система *Cernuella virgata* (пригород Ашхабада Берзенги, 22.11.2024 г.)
Одна и та же особь: слева – общий вид половой системы, справа – дистальная часть; масштабный отрезок – 5 мм.

второй–шестой год жизни. Столь разная скорость роста объясняется многообразными режимами полива, что определяет степень увлажнения в разных биотопах. В климатических условиях полупустынь обитание европейского вида полностью зависит от условий орошения биотопов человеком.

В Европе *C. virgata* живёт в открытых степях. Её называют степной улиткой, а в Туркменистане *C. virgata* обитает в лесопосадках, в тени деревьев и в огородах, где есть полив. Изменения в экологии обусловлены особенностями засушливого континентального климата Туркменистана. Заползание на деревья аналогично поднятию улиток на травы для спасения от перегретого воздуха у земли. Для *C. virgata* как раз характерно образование скоплений на стеблях трав в условиях Средиземноморья.

Изменения экологии *C. virgata* в условиях Туркменистана показывает большие способности вида к приспособлению в новых условиях. Это делает возможным его расселение в других антропогенных биотопах стран Азии.

Строение гениталий *C. virgata*, описанное С. В. Леоновым (2023) из посёлка Никита в Крыму имеет заметные отличия от описанной ранее *C. virgata* из Ялты (Шилейко, 1978). *C. virgata* из Никиты имеет очень длинную клоаку с ретрактором, длинный пенис, одинаковый по всей длине и впадающий в клоаку заметно ниже стилофоров, и наружный стилофор, значительно превышающий внутренний. На наш взгляд, эти отличия требуют сравнительного анализа популяций *C. virgata* в Крыму и, возможно, пересмотра систематического положения *C. virgata* в посёлке Никита.

Список литературы

- Балашов И. А. Фауна Украины. Том 29: Моллюски. Выпуск 5: Стебельчатоглазые (*Stylommatophora*). – Киев: Наукова думка, 2016. – 592 с.
- Кантор Ю. И., Сысоев А. В. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. – М.: КМК, 2005. – 627 с.
- Леонов С. В. Морфологическое разнообразие и идентификация видов крымских Geomitridae (Gastropoda:Pulmonata) // Экосистемы. – 2023, вып. 35. – С – 74–81.
- Лихарев И. М., Раммельмейер Е. С. Наземные моллюски фауны СССР. – М. Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 512 с.
- Шиков Е. В. Улитки и слизни. Руководство для натуралиста. – Тверь: Издатель Е. В. Шиков, 2023. – 332 с.
- Шилейко А.А. Фауна СССР. Моллюски. Т. 3. Вып. 6: Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. – Л.: Наука, 1978. – 384 с.
- Baker G. H. The Dipersal of *Cernuella virgata* (Mollusca: Helicidae) // Australian Journal of Zoology. – 1988. – 36. – P. – 513–520.
- Barker G. M. Natural Enemies of Terrestrial Molluscs. – CABI Publishing, 2004. – 644 p.
- Grossu A.V. Gastropoda Romaniae. Ordo Stylommatophora 4. Suprafamiliiile: Arionacea, Zonitacea, Ariophantacea și Helicacea. – București: Editura Litera, 1984. – 564 p.
- Kerney M.P. & Cameron R. A. D. A field guide to the land snails of Britain and northwestern Europe. – Collins, London, 1979. – 288 p.
- Sysoev A., Schileyko A. Land Snails and Slugs of Russia and Adjacent Countries // Pensoft. Series Faunistica. – 2009. – Vol. 87. – 454 p.
- Welter-Schultes F. European non-marine molluscs, a guide for species identification // Göttingen: Planet Poster Editions, 2012. – 679 p.

Schikov E. V., Mikheeva M. V. *Cernuella virgata* (Da Costa, 1778) (Mollusca, Geomitridae) – an Adventive Species in Turkmenistan // Ekosistemy. 2025. Iss. 41. P. 180–188.

Cernuella virgata (Da Costa, 1778) has been recorded for the first time in Turkmenistan. The species inhabits Ashgabat and its suburbs: Bikrova and Berzengi. The natural range of *C. virgata* includes the western Mediterranean, the British Isles, Crimea and the vicinity of Novorossiysk. The authors hypothesize that *C. virgata* was introduced from Europe in the 1990s, when a substantial number of seedlings were imported along with soil for urban landscaping projects. All biotopes inhabited by *C. virgata* are located along roads and near residential buildings, both in single-story and multi-story areas. The snails are predominantly found in grassy environments. In Europe, *C. virgata* lives in open steppes, so it is commonly called the steppe snail. In Turkmenistan, *C. virgata* resides in afforestation areas, under the shade of trees and in irrigated vegetable gardens. Ecological changes are attributed due to the peculiarities of the arid continental climate of the semi-desert zone of Turkmenistan. Reproduction of this species occurs in spring and autumn, with a lifespan until complete shell development and sexual maturity ranging from two to six years, depending on the moisture levels of the habitats due to irrigation. During the summer heat, these snails ascend tree trunks and hide in the cracks of the bark. The general parameters of the shells and reproductive system correspond to the descriptions of *C. virgata* from Western European countries, with shell heights ranging from 8.6 to 14.2 mm; shell widths from 12.5 to 19.2 mm, and the number of whorls from 4.6 to 6.25. The ecological adaptations of *C. virgata* in Turkmenistan demonstrate the species' considerable capacity to acclimatize to new conditions, which makes it possible for it to spread to other anthropogenic biotopes in Asian countries.

Key words: terrestrial mollusks, adventive species, distribution, variability of shells and genitalia, ecological changes, Turkmenistan.

Поступила в редакцию 18.03.25

Принята к печати 10.04.25