

Решением президиума Высшей аттестационной комиссии журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук



Том 20 № 3 2025

ISSN 1992-1098

e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ:

ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.20 no. 3 2025

SOUTH OF RUSSIA:

ECOLOGY, DEVELOPMENT

Журнал «Юг России: экология, развитие» входит в Перечень Высшей аттестационной комиссии (ВАК) и реферативные базы цитирования: Scopus, Web of Science Core Collection (ESCI), Web of Science Zoological Record, Российская система цитирования (РИНЦ), Cyberleninka, Ulrich's Periodicals Directory, Российская государственная библиотека (РГБ), ВИНТИ, The European Library, The British Library, Jisc copac, Google Scholar, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), OCLC WorldCat, EBSCO A-to-Z, Соционет, Open Access Infrastructure for Research in Europe (Open AIRE), Research Bible, Academic Keys and Open Archives Initiative.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

Шестопалов Александр Михайлович, директор Федерального исследовательского центра Фундаментальной и трансляционной медицины, доктор биологических наук, профессор (Новосибирск, Россия)

Заместители главного редактора

Гаджиев Алимурад Ахмедович, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Гусейнова Надира Орджоникидзева, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Кочуров Борис Иванович, Институт географии Российской академии наук (Москва, Россия)

Научный редактор

Чибилёв Александр Александрович, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (Оренбург, Россия)

Ответственные секретари

Даудова Мадина Гасан-Гусейновна, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Иванушенко Юлия Юрьевна, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Теймуров Абдулгамид Абулкасумович, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Технический редактор

Юсупов Юсуп Газимагомедович, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

Alexander M. Shestopalov, Head, Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine, Doctor of Biological Sciences, Professor (Novosibirsk, Russia)

Deputy Editors-in-Chief

Alimurad A. Gadzhiev, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Nadira O. Guseynova, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Boris I. Kochurov, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Scientific Editor

Aleksander A. Chibilev, Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Editorial Executive Secretaries

Madina G. Daudova, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Yuliya Yu. Ivanushenko, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Abdulgamid A. Teymurov, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Technical Editor

Yusup G. Yusupov, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Для ознакомления с целями и задачами, инструкциями по подготовке и подаче рукописи, подписке и другой информации, посетите: <https://ecodag.elpub.ru/ugro/about>

For aims and scope, manuscript preparation and submission instructions, subscription and other information visit: <https://ecodag.elpub.ru/ugro/about>

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алексеев А.Ю., Федеральный исследовательский центр Фундаментальной и трансляционной медицины (Новосибирск, Россия)

Асадулаев З.М., Горный ботанический сад, ДФИЦ РАН (Махачкала, Россия)

Асхабов А.М., Коми научный центр Российской академии наук (Сыктывкар, Россия)

Асатурова А.М., Федеральный научный центр биологической защиты растений (Краснодар, Россия)

Бехруз Абтахи, Мохаммад Хоссейн, Факультет биологии и биотехнологии, Государственный университет Ш. Бехешти (Тегеран, Иран)

Братков В.В., Московский государственный университет геодезии и картографии (Москва, Россия)

Власов Д.Ю., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия)

Воевода М.И., ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» (ФИЦ ФТМ) (Новосибирск, Россия)

Волобуев С.В., Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия)

Гаджиев Н.Г., Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Гасангаджиева А.Г., Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Глотов А.Г., Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Краснообск, Россия)

Зайцев В.Ф., Астраханский государственный технический университет (Астрахань, Россия)

Ирза В.Н., Федеральный центр охраны здоровья животных (Владимир, Россия)

Канбетов А.Ш., Каспийский исследовательский институт НАО «Атырауский университет нефти и газа» (Атырау, Казахстан)

Касимов Н.С., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Магомедов М.Д., Прикаспийский институт биологических ресурсов, ДФИЦ РАН (Махачкала, Россия)

Матишов Г.Г., Южный научный центр РАН (Ростов-на-Дону, Россия)

Миноранский В.А., Южный Федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия)

Москвитина Н.С., Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия)

Набоженко М.В., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН (Махачкала, Россия)

Огуреева Г.Н., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Онищенко В.Г., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Рабазанов Н.И., Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН (Махачкала, Россия)

Рожнов В.В., Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (Москва, Россия)

Трифонов А.А., Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых (Владимир, Россия)

Фальк Хюттманн, Университет Аляски в Фербенксе (Аляска, США)

Шестопалова Л.В., Новосибирский государственный университет (Новосибирск, Россия)

Щелканов М.Ю., Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова (Владивосток, Россия)

Яковенко Н.В., Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова (Воронеж, Россия)

Яковлев Р.В., Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

EDITORIAL COUNCIL

Alexander Yu. Alekseev, Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine (Novosibirsk, Russia)

Zagirbeg M. Asadulaev, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences (Makhachkala, Russia)

Askhab M. Askhabov, Komi Scientific Centre, Russian Academy of Sciences (Syktyvkar, Russia)

Anzhela M. Asaturova, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (Krasnodar, Russia)

Abtahi Behrooz, Mohammad Hossein, Faculty of Life Sciences & Biotechnology, Shahid Beheshti University (Tehran, Iran)

Vitaliy V. Bratkov, Moscow State University of Geodesy and Cartography (Moscow, Russia)

Dmitry Yu. Vlasov, Saint-Petersburg State University (St. Petersburg, Russia)

Mikhail I. Voevoda, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine" (Novosibirsk, Russia)

Sergey V. Volobuev, Komarov Botanical Institute, RAS (St. Petersburg, Russia)

Nazirkhan G. Gadzhiev, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Aziza G. Gasangadzhieva, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Aleksandr G. Glotov, Institute of Experimental Veterinary Medicine of Siberia and the Far East (Krasnoobsk, Russia)

Vyacheslav F. Zaitsev, Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

Viktor N. Irza, Federal Centre for animal health (Vladimir, Russia)

Assylbek Sh. Kanbetov, Caspian Research Institute, Atyrau University of Oil and Gas (Atyrau, Kazakhstan)

Nikolay S. Kasimov, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Magomedrasul D. Magomedov, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, RAS (Makhachkala, Russia)

Gennady G. Matishov, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences (Rostov-on-Don, Russia)

Victor A. Minoranskii, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

Nina S. Moskvitina, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia)

Maxim V. Nabozhenko, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Research Center, RAS (Makhachkala, Russia)

Galina N. Ogureeva, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Vladimir G. Onipchenko, M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Nukhkadi I. Rabazanov, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Research Center, RAS (Makhachkala, Russia)

Viatcheslav V. Rozhnov, Institute of Problems of Ecology and Evolution A.N. Severtsov, RAS (Moscow, Russia)

Tatyana A. Trifonova, Vladimir State University (Vladimir, Russia)

Falk Huettmann, University of Alaska Fairbanks (Alaska, USA)

Lidia V. Shestopalova, Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russia)

Mikhail Yu. Shchelkanov, G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology (Vladivostok, Russia)

Nataliya V. Yakovenko, G.F. Morozov Voronezh State University Forestry and Technologies (Voronezh, Russia)

Roman V. Yakovlev, Altai State University (Barnaul, Russia)

ВИРУСОЛОГИЯ

- Толкач В.Ф., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Щелканов М.Ю.
Потексвирусы (Tymovirales: Alphaflexiviridae, Potexvirus) и их актуальность
для юга российского Дальнего Востока.....8-24
- Алексеев А.Ю., Гаджиев А.А., Шаршов К.А., Гуляева М.А., Мацвай А.Д.,
Шипулин Г.А., Шестопалов А.М.
Опыт организации мониторинга вирусов диких животных, потенциально опасных
для человека и сельскохозяйственных животных: организация сбора полевого материала.....25-36

БОТАНИКА

- Гаджиатаев М.Г., Асадулаев З.М.
Возрастные особенности конструкции кустов *Nitraria schoberi* L. в условиях Низменного Дагестана.....37-46
- Бийболатова З.А., Аджиева А.И., Аскерова У.М.
Мониторинг виталитетного состояния ценопопуляций *Scabiosa gumbetica* Boiss.
в разных локалитетах горного Дагестана.....47-56
- Дудогова Э.Ш., Тайсумов М.А., Теймуров А.А., Астамирова М.А.-М., Байбатырова Э.Р.
Пространственная организация ареалогической структуры флоры бассейна реки Аргун.....57-65

ЗООЛОГИЯ

- Щелканов Е.М., Чернова О.Ф., Мануков Ю.И., Панкратов Д.В.
Экологические и морфофункциональные особенности водяного оленя
(*Hydropotes inermis*) – нового вида в фауне России.....66-81
- Соколова Н.А., Фуфачев И.А., Соколов А.А.
Оценка плотности куропаток (*Lagopus* spp.) как основного пищевого ресурса кречета
(*Falco rusticolus*) в осенний период на Ямале.....82-92
- Harutyunova L.J., Manaseryan N.H., Gyonjyan A.A., Mirumyan L.S., Harutyunyan R.G.,
Vardanyan M.V., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Gabrielyan I.G.
Mollusks on bone remains from Holocene deposits of Lake Sevan basin, Armenia.....93-102

ЭКОЛОГИЯ

- Исрапилова А.И., Адиева А.А., Джафарова А.М., Гусейнова Н.О., Лютова Ж.Б.,
Борисенкова А.А., Яхьяев Р.Г., Абдуллаев В.Р.
Высокогидроксилированные фуллеренолы $C_{60}(OH)_{36}$ как потенциальные загрязнители
окружающей среды: оценка антиоксидантной активности в клетках печени.....103-114
- Храмова А.И., Парсанов А.С., Красина И.В.
Формирование экологичного сознания у студентов через активные методы обучения.....115-121
- Мамедова К.К., Власова Е.В., Алиева З.М.
Регенерационная и фотосинтетическая активность сортов винограда при засолении среды.....122-132

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Баяева Ю.И., Черных Н.А.
Уровни содержания и закономерности распространения тяжелых металлов
в воде и донных отложениях озера Селигер.....133-144
- Святоха Н.Ю., Чибилёв А.А.
Особенности формирования ландшафтно-экологического каркаса на примере ключевых
районов Оренбургской области.....145-154
- Полубоярцев С.А., Шапков Ю.В., Мешенина Н.В., Хлюпина Е.Г.
Оценка экологического состояния поймы реки Вятки и её притоков в Кировской области.....155-168

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Рабаданов М.Х., Омарова Н.О., Пирбудагова Д.Ш., Омарова М.А.
Духовно-нравственное воспитание в поликультурной и многоконфессиональной среде молодежи СПО.....169-174
- Рабаданов М.Х., Ниналаев С.А., Куцулова Ф.А., Абдуллаев М.А.
«Точка кипения» в развитии коммуникационных аспектов социальной экологии современного общества.....175-181
- Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Харада Г.И., Кубрина Л.В.
Учет и аудит квот на выбросы CO_2 и их влияние на финансовые результаты.....182-193

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ*Кареева И.С., Оздемиров А.А., Хожиков А.А.*

Генетическое разнообразие кандидатных маркеров у овец локальной породы Дагестана
в контексте адаптации к горным пастбищным экосистемам.....194-200

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ*Гаджибеков М.И., Кадыров Р.В., Нуруллина Г.Н., Терехина Ю.В.,**Богданова В.И., Курбанов Г.А.*

Моделирование деятельности индустрии глэмпингов в Республике Татарстан:
экология, сервис и качество.....201-209

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....210

VIROLOGY

Tolkach V.F., Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Shchelkanov M.Yu.

Potexviruses (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*) and their significance

for the South of the Russian Far East.....8-24

Alekseev A.Yu., Gadzhiev A.A., Sharshov K.A., Gulyaeva M.A., Matsvay A.D.,

Shipulin G.A., Shestopalov A.M.

Experience in organizing monitoring of wild animal viruses potentially dangerous

to humans and farm animals: The specifics of organization of field material sampling.....25-36

BOTANY

Gadzhiaev M.G., Asadulaev Z.M.

Age-related design features of *Nitraria schoberi* L. bushes in the conditions of low-lying Dagestan.....37-46

Biybolatova Z.A., Adzhieva A.I., Askerova U.M.

Monitoring of the vitality state of the cenopopulations of *Scabiosa gumbetica* Boiss.

in different localities of mountainous Dagestan.....47-56

Dudagova E.Sh., Taisumov M.A., Teymurov A.A., Astamirova M.A.-M., Baybatyrova E.R.

Spatial organization of the arealogical structure of the Argun River basin flora, Russia.....57-65

ZOOLOGY

Shchelkanov E.M., Chernova O.F., Manukov Yu.I., Pankratov D.V.

Ecological and morphofunctional features of the water deer (*Hydropotes inermis*):

A new species in the fauna of Russia.....66-81

Sokolova N.A., Fufachev I.A., Sokolov A.A.

Assessment of ptarmigan (*Lagopus* spp.) density as the main prey for gyrfalcon (*Falco rusticolus*)

in autumn on the Yamal Peninsula.....82-92

Harutyunova L.J., Manaseryan N.H., Gyonjyan A.A., Mirumyan L.S., Harutyunyan R.G.,

Vardanyan M.V., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Gabrielyan I.G.

Mollusks on bone remains from Holocene deposits of Lake Sevan basin, Armenia.....93-102

ECOLOGY

Israpilova A.I., Adieva A.A., Dzhafarova A.M., Guseynova N.O., Lyutova Zh.B.,

Borisenkova A.A., Yahyaev R.H., Abdullaev V.R.

Highly hydroxylated fullereneols $C_{60}(OH)_{36}$ as potential environmental pollutants:

Evaluation of antioxidant activity in liver.....103-114

Khramova A.I., Parsanov A.S., Krasina I.V.

The formation of environmentally friendly consciousness among students through active teaching methods.....115-121

Mamedova K.K., Vlasova E.V., Alieva Z.M.

Regenerative and photosynthetic activity of grape varieties during salinisation of medium.....122-132

GEOECOLOGY

Baeva Yu.I., Chernykh N.A.

Levels and distribution patterns of heavy metals in water and bottom sediments of Lake Seliger,

Tver and Novgorod Regions, Russia.....133-144

Svyatokha N.Yu., Chibilev A.A.

Features of the formation of a landscape-ecological framework: A case study of key districts

in the Orenburg region, Russia.....145-154

Poluboyartsev S.A., Shapkov Yu.V., Meshenina N.V., Khlyupina E.G.

Assessment of the ecological state of the floodplain of the Vyatka River

and its tributaries in the Kirov region, Russia.....155-168

GENERAL PROBLEMS

Rabadanov M.Kh., Omarova N.O., Pirbudagova D.Sh., Omarova M.A.

Spiritual and moral education in a multicultural and multi-confessional environment

of youth in secondary vocational education.....169-174

Rabadanov M.Kh., Ninalalov S.A., Kutsulova F.A., Abdullaev M.A.

The "Boiling Point" in the development of communication aspects of social ecology of modern society.....175-181

Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Harada G.I., Kubrina L.V.

Accounting and auditing of CO₂ emission quotas and their impacts on financial results.....182-193

BIOLOGICAL RESOURCES

Karaeva I.S., Ozdemirov A.A., Khozhokov A.A.
Genetic diversity of candidate markers in a local sheep breed from Dagestan
in the context of adaptation to mountain pastoral ecosystems.....194-200

RECREATIONAL GEOGRAPHY

Gadzhibekov M.I., Kadyrov R.V., Nurullina G.N., Terekhina Yu.V., Bogdanova V.I., Kurbanov G.A.
Modeling the glamping industry in the Republic of Tatarstan: ecology, service and quality.....201-209

CONTACT INFORMATION.....210

Потексвирусы (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*) и их актуальность для юга российского Дальнего Востока

Валентина Ф. Толкач¹, Надежда Н. Какарека^{1,2}, Юрий Г. Волков¹, Михаил Ю. Щелканов^{2,3}

¹Федеральный научный Центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Владивосток, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Школа медицины и наук о жизни, Владивосток, Россия

³Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора, Владивосток, Россия

Контактное лицо

Михаил Ю. Щелканов, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН; заведующий кафедрой эпидемиологии, микробиологии и паразитологии Школы медицины и наук о жизни Дальневосточного федерального университета; директор научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора; 690087, Приморский край, г. Владивосток, ул. Сельская, 1. Тел. +79245297109

Email adorob@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Формат цитирования

Толкач В.Ф., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Щелканов М.Ю. Потексвирусы (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*) и их актуальность для юга российского Дальнего Востока // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 8-24. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-1

Получена 5 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: систематизация современных данных о фитовирусах из рода *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae), включая их актуальность для юга российского Дальнего Востока.

В работе описана ранняя (на протяжении первой половины XX века) история идентификации, таксономическое положение, видовой состав (включая действующие бинарные названия для всех известных, на сегодняшний день, 53 вирусов), морфология вириона, структура и схема экспрессии генома представителей рода *Potexvirus*. Подробно проанализированы биологические свойства штаммов 8 потексвирусов, обнаруженных на юге российского Дальнего Востока, хранящихся в коллекции Лаборатории вирусологии Федерального научного Центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук: X-вируса картофеля (PVX – Potato virus X), вируса кольцевой пятнистости гортензии (HRSV – Hydrangea ringspot virus), вируса мозаики цимбидиума (CyMV – Cymbidium mosaic virus), X-вируса лилии (LiVX – Lily virus X), вируса мозаики подорожника азиатского (PlaMV – *Plantago asiatica* mosaic virus), вируса мозаики белого клевера (WCIMV – White clover mosaic virus), аукуба-мозаики картофеля (PAMV – Potato aucuba mosaic virus), X-вируса хосты (HoVX – Hosta virus X).

Высокий уровень активности 8 вирусов из рода *Potexvirus* требует высокого уровня настороженности со стороны со стороны служб, обеспечивающих биологическую безопасность государства, а также обязательного учета при разработке научно-обоснованных мероприятий по обеспечению продовольственной безопасности российского Дальнего Востока.

Ключевые слова

Потексвирусы, Дальний Восток, X-вирус картофеля, вирус аукуба-мозаики картофеля, X-вирус лилии, X-вирус хосты, вирус кольцевой пятнистости гортензии, вирус мозаики цимбидиума, вирус мозаики подорожника азиатского, вирус мозаики белого клевера.

Potexviruses (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*) and their significance for the South of the Russian Far East

Valentina F. Tolkach¹, Nadezhda N. Kakareka^{1,2}, Yury G. Volkov¹ and Mikhail Yu. Shchelkanov^{2,3}

¹Federal Scientific Centre for Terrestrial Biota Biodiversity of East Asia, Vladivostok, Russia

²Far Eastern Federal University, School of Medicine and Life Sciences, Vladivostok, Russia

³G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare (Rospotrebnadzor), Vladivostok, Russia

Principal contact

Mikhail Yu. Shchelkanov, Doctor of Sciences (Biology), Head, Department of Epidemiology, Microbiology and Parasitology, School of Medicine and Life Sciences, Far Eastern Federal University & Director, G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Federal Service for the Oversight of Consumer Protection and Welfare (Rospotrebnadzor), (Rospotrebnadzor); 1 Selskaya St, Vladivostok, Primorsky Krai, Russia 690087.

Tel. +79245297109

Email adorob@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

How to cite this article

Tolkach V.F., Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Shchelkanov M.Yu. Potexviruses (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*) and their significance for the South of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):8-24. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-1

Received 5 May 2025

Revised 14 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. Systematisation of modern data on phytoviruses from the genus *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae) including their relevance for the South of the Russian Far East.

The paper describes the early (during the first half of the XX century) identification history, taxonomic configuration, species composition (including valid binary names for all 53 viruses known to date), virion morphology, genome structure and expression scheme of members of *Potexvirus*. The biological properties of eight potexvirus strains described in the South of the Russian Far East and stored in the collection of the Laboratory of Virology in the Federal Scientific Centre for Terrestrial Biodiversity of East Asia, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences: Potato virus X (PVX), Hydrangea ringspot virus (HRSV), Cymbidium mosaic virus (CyMV), Lily virus X (LiVX), *Plantago asiatica* mosaic virus (PlaMV), White clover mosaic virus (WCIMV), Potato aucuba mosaic virus (PAMV), Hosta virus X (HoVX) have been analysed in detail.

The high level of activity of 8 viruses from *Potexvirus* requires a high level of vigilance on the part of the services ensuring the biological security of the state, as well as mandatory consideration when developing scientifically-based measures to ensure the food security of the Russian Far East.

Key Words

Potexviruses, Far East, Potato virus X, Potato aucuba mosaic virus, Lily virus X, Hosta virus X, Hydrangea ringspot virus, Cymbidium mosaic virus, *Plantago asiatica* mosaic virus, White clover mosaic virus.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на низкое естественное плодородие почв восточной оконечности Северной Евразии по сравнению с ее западной частью [1], а также климатические особенности Дальнего Востока, выражающиеся в недостатке влаги в начале вегетационного периода растений и ее переизбытке во второй половине лета и осенью вследствие муссонного характера климата [2], сельское хозяйство не только является одной из важнейших отраслей экономики региона, но его значение последовательно возрастает от года к году – особенно заметна эта тенденция в последнее десятилетие [3]. Согласно Федеральному закону № 119-ФЗ от 1 мая 2016 г. «Об особенностях предоставления гражданам земельных участков в Дальневосточном федеральном округе» каждый гражданин России имеет возможность безвозмездно получить один гектар земли на Дальнем Востоке для хозяйственного использования, что заметно подстегнуло региональную экономику. Сегодня сельскохозяйственное производство на Дальнем Востоке динамично развивается, демонстрируя одни из лучших показателей в нашей стране [4].

Одним из факторов, существенно снижающим эффективность сельского хозяйства, являются фитовирусы – обширная экологическая группа представителей домена Virae, вызывающие инфекции растений (Plantae) с различным уровнем развития патогенетического процесса [5]. Одним из таксонов, привлекающим к себе пристальное внимание специалистов-практиков, является род *Potexvirus*, который включает ряд чрезвычайно вредоносных вирусов. Представители этого рода повсеместно поражают цветковые растения, в том числе – актуальны для российского Дальнего Востока [6; 7].

Естественным следствием вступлением в силу Федерального закона N 212-ФЗ от 13 июля 2015 г. «О свободном порте Владивосток» стала интенсификация грузо-пассажирских потоков [8], что резко увеличило вероятность проникновения новых фитовирусов на территорию российского Дальнего Востока. Особую опасность такие интродукции представляют для Приморского края, который характеризуется чрезвычайно высоким уровнем биологического разнообразия, включая флористическое [9; 10]. Потексвирусы, обладающие высокой контагиозностью и способные распространяться в результате механических повреждений потенциальных хозяев, требуют постоянной настороженности со стороны служб, обеспечивающих биологическую и продовольственную безопасность государства.

В представленном обзоре обобщены современные представления о биологии, таксономии и патогенетическом потенциале потексвирусов, что необходимо для разработки научно-обоснованных мероприятий по купированию существующих и профилактике возможных угроз со стороны этого рода фитовирусов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ранний этап изучения вирусов из рода *Potexvirus*

Потексвирусы были описаны уже в первой трети прошлого века, когда стала широко применяться ультрафильтрация вирусов, с помощью которой выдающийся русский физиолог растений Д.И. Ивановский

открыл вирус табачной мозаики (TMV – Tobacco mosaic virus) (Martellivirales: Virgaviridae, *Tobamovirus*) [6; 11].

В 1921 г. профессор фитопатологии Вагенингенского сельскохозяйственного колледжа (с 1966 г. – университета; Нидерланды) Н.М. Quanjers описал первый потексвирус – аукуба-мозаики картофеля (PAMV – Potato aucuba mosaic virus) [12].

В 1931 г. директор Кембриджской научно-исследовательской станции по изучению вирусов растений (Великобритания) К.М. Smith в процессе дифференциации возбудителей мозаичных болезней пасленовых впервые изолировал X-вирус картофеля (PVX – Potato virus X), отделив его от Y-вируса картофеля (PVY – Potato virus Y) (Patatavirales: Potyviridae, *Potyvirus*) [13]. Впоследствии PVX стал прототипным вирусом рода *Potexvirus*, и, более того, название этого рода этимологически восходит к названию своего прототипного представителя.

Вирус клевера 1-го типа (TrV-1 – *Trifolium virus 1*) был идентифицирован W.H. Pierce (1935) [14] и позже изолирован F. Weiss (1939) на модели гороха посевного (*Pisum sativum*) в качестве индикаторного растения [15]. В 1942 г. F. Johnson, используя для TrV-1 более широкий спектр индикаторов, установил, что этот вирус представляет собой микст: первый компонент, который поражал повилику полевую (*Cuscuta campestris*), но не вызывал инфекционный процесс в корневом горохе (*Vigna sinensis*), получил название вирус желтой мозаики клевера (CIYMV – Clover yellow mosaic virus); а второй компонент, действовавший противоположным образом, был назван вирус мозаики белого клевера (WCIMV – White clover mosaic virus) [16]. Несмотря на свои названия, CIYMV и WCIMV имеют широкий спектр потенциальных хозяев [17; 18].

Вирус кольцевой пятнистости гортензии (HRSV – *Hydrangea ringspot virus*) был открыт американским фитовирусологом Р. Брайли в 1954 г. Естественным хозяином этого вируса является гортензия крупнолистная (*Hydrangea macrophylla*). HRSV вызывает ярко-выраженную системную инфекцию у примулы мягковатой (*Primula malacoides*), а в качестве растений-индикаторов используются гомфрена шаровидная (*Gomphrena globosa*) и марь киноа (*Chenopodium quinoa*) [19].

В 1958 г. F. Amelunxen установил, что инфекционный агент, который распространялся в результате прививки декоративных кактусов, является вирусом, по своим биохимическим и электронно-микроскопическим характеристикам близким к PVX.

¹ Знаменитый голландский фитопатолог Hendrik Marius Quanjers (1879–1961), внесший большой вклад в изучение вирусов растений, вписал свое имя и в историю дальневосточной фитовирусологии благодаря своей полемике с основоположником этого научного направления на Дальнем Востоке – Вольфом Григорьевичем Рейфманом (1917–1996) – о природе ржавой пятнистости картофеля: первый отстаивал концепцию вирусной этиологии, но В.Г. Рейфман доказал возникновение этого заболевания в результате неблагоприятных почвенных условий (см. подробности в [6]). The famous Dutch phytopathologist Hendrik Marius Quanjers (1879–1961), who made a great contribution to the study of plant viruses, inscribed his name in the history of Far Eastern phytopathology thanks to his polemic with the founder of this scientific field in the Far East, Wolf Grigorievich Reifman (1917–1996), about the nature of the potato rust spotting: the first defended the concept of viral etiology, but V.G. Reifman proved the occurrence of this disease as a result of unfavorable soil conditions (see details in [6]).

Новый вирус получил название X-вирус кактуса (CaVX – Cactus virus X) [20].

На советском Дальнем Востоке PVX был впервые идентифицирован в 1950-х гг. сотрудниками Дальневосточного научно-исследовательского института земледелия и животноводства (г. Хабаровск) [21] и лаборатории физиологии растений на Дальнем Востоке (г. Владивосток) [22] (в то время в отечественной научной литературе PVX именовался как *Solanum virus 1* [6]). В 1960-ые гг. в отделе физиологии и вирусологии растений Биолого-почвенного института Дальневосточного научного Центра АН СССР (в настоящее время – ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН) было показано широкое распространение PVX в сельхозугодиях: до разработки технологии оздоровления растений методом апикальной меристемы, PVX лидировал среди фитовирусов по уровню зараженности картофеля и обнаруживался в 80–100 % больных растений [23; 24]. Несколько позже в посадках картофеля на территории Приморского края был обнаружен PAMV [24; 25].

В 1980-ые гг. А.Х. Чунян и В.Ф. Толкач из БПИ ДВНЦ АН СССР обнаружили PVX в декоративных и садовых растениях [6; 26–28]. В процессе эколого-фитовирусологического мониторинга на Дальнем Востоке нашей страны на рубеже XX–XXI вв. были впервые выявлены CuMV [7; 29], HoVX [7; 29], HRSV [30; 31], LiVX [7; 29], PlaMV [32–34], WCIMV [29; 35; 36]. В настоящее время, штаммы этих вирусов сохраняются в коллекции лаборатории вирусологии ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (ЛВ ФНЦБ ДВО РАН) [6; 7; 37]. Оказалось, что потексвирусы достаточно широко представлены не

только среди возделываемых культур, но и в естественных фитоценозах. Многие из них вызывают серьезные поражения растений, имеют широкий круг хозяев, что делает их опасными, особенно для вегетативно размножаемых культур.

Таксономическое положение и видовой состав рода *Potexvirus*

Международный Комитет по таксономии вирусов (ICTV – International Committee on the Taxonomy of Viruses) сформировал таксон-предшественник *Potexvirus* в 1971 г., присвоив ему наименование «Potato virus X group». Этот таксон изначально включал CaVX, CIYMV, HRSV, PAMV, PVX, WCIMV. В разное время, к нему ошибочно относили вирусы из других таксономических групп: *Belladonna mottle virus* (BeMoV) (Tymovirales: Tymoviridae, *Tymovirus*), *Brome mosaic virus* (BrMV) (Alsuviricetes: Bromoviridae, *Bromovirus*), *Sowbane mosaic virus* (SoMV) (Sobelivirales: Solemoviridae, *Sobemovirus*), TMV [38].

В 1975 г. ICTV изменил название «Potato virus X group» на «Potexvirus group», а в 1993 г. наименование рода приобрело современный вид. Вплоть до 2004 г. *Potexvirus* существовал в качестве отдельного рода, а затем его ввели во вновь образованное семейство Flexiviridae, которое в 2009 г. разделили на 4 новых семейства (Alpha-, Beta-, Gamma- и Deltaflexiviridae), включив их в порядок Tymovirales. В настоящее время, *Potexvirus* входит в состав семейства Alphaflexiviridae, порядка Tymovirales, класса Alsuviricetes, типа Kitrinoviricota, царства Orthornavirae. Согласно релизу ICTV 2025 г. этот род включает 53 вида, представленных в табл. 1.

Таблица 1. Представители рода *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae)*

Table 1. Members of the genus *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae)*

Название вируса / Virus name			
собственное specific	аббревиатура abbreviation	бинарное binary	GenBank ID
Х-вирус тучного адениума <i>Adenium obesum virus X</i>	AoVX	<i>P. ecsadenii</i>	OR039325
Х-вирус альстромерии <i>Alstroemeria virus X</i>	AlstVX	<i>P. ecsalstroemeriae</i>	NC_007408
Вирус мозаики альтернантеры <i>Alternanthera mosaic virus</i>	AltMV	<i>P. alternantherae</i>	NC_007731
Х-вирус лука <i>Allium virus X</i>	AIVX	<i>P. ecsallii</i>	NC_012211
Асимптоматичный вирус амброзии 1-го типа <i>Ambrosia asymptomatic virus 1</i>	AmAV-1	<i>P. nesignambrosiae</i>	NC_055542
Вирус аспарагуса 3-го типа <i>Asparagus virus 3</i>	AspV-3	<i>P. triasparagi</i>	NC_010416
Вирус мозаики бабако <i>Babaco mosaic virus</i>	BabMV	<i>P. babaci</i>	NC_036587
Вирус мозаики бамбука <i>Bamboo mosaic virus</i>	BamVX	<i>P. bambusae</i>	NC_001642
Х-вирус кактуса <i>Cactus virus X</i>	CaVX	<i>P. ecsacti</i>	NC_002815
Колумбийский бессимптомный вирус маниоки <i>Cassava Colombian symptomless virus</i>	CsCSV	<i>P. colombiense</i>	KC505252
Вирус обыкновенной мозаики маниоки <i>Cassava common mosaic virus</i>	CsCMV	<i>P. marmormanihotis</i>	NC_001658
Х-вирус маниоки <i>Cassava virus X</i>	CsVX	<i>P. ecsmanihotis</i>	OP852337

Потексвирус хеностомы Chaenostoma potexvirus	ChPXV	<i>P. chaenostomae</i>	OL979628
Вирус желтой пятнистости цитрусовых Citrus yellow mottle-associated virus	CiYMAV	<i>P. citriflavimaculae</i>	PQ567898
Вирус желтого просветления жилок цитрусовых Citrus yellow vein clearing virus	CiYVCV	<i>P. citriflavivenae</i>	NC_026592.1
Вирус желтой мозаики клевера Clover yellow mosaic virus	CiYMV	<i>P. flavitriifolii</i>	NC_001753
Х-вирус книдиума Cnidium virus X	CnVX	<i>P. ecscnidii</i>	NC_055546.1
Вирус мозаики цимбидиума Cymbidium mosaic virus	CyMV	<i>P. cymbidii</i>	NC_001812.1
Вирус желтой крапчатости бересклета Euonymus yellow mottle associated virus	EuYMAV	<i>P. flavimaculae</i>	NC_055574.1
Вирус желтых жилок бересклета Euonymus yellow vein virus	EuYVV	<i>P. flavivenae</i>	NC_035190
Вирус мозаики лисохвоста Foxtail mosaic virus	FxMV	<i>P. setariae</i>	NC_001483
Х-вирус гибискуса Hibiscus virus X	HiVX	<i>P. ecshibisci</i>	PP115950
Х-вирус хосты Hosta virus X	HoVX	<i>P. ecshostae</i>	NC_011544
Вирус кольцевой пятнистости гортензии Hydrangea ringspot virus	HRSV	<i>P. hydrangeae</i>	NC_006943
Индийский вирус кольцевой пятнистости цитрусовых Indian citrus ringspot virus	ICiRSV	<i>P. citrindicum</i>	NC_003093
Х-вирус лилии Lily virus X	LiVX	<i>P. ecslilii</i>	NC_007192
Х-вирус салата Lettuce virus X	LVX	<i>P. ecslactucae</i>	NC_010832
Вирус слабой мозаики лагенарии Lagenaria mild mosaic virus	LaMMV	<i>P. lagenariae</i>	NC_043079
Вирус мозаики мальвы Malva mosaic virus	MalMV	<i>P. malvae</i>	NC_008251
Х-вирус мяты Mint virus X	MVX	<i>P. ecsmenthae</i>	NC_006948
Вирус мозаики нандины Nandina mosaic virus	NaMV	<i>P. ecsnandinae</i>	AY800279
Х-вирус нерины Nerine virus X	NerVX	<i>P. ecsnerinis</i>	NC_007679
Вирус мозаики нарцисса Narcissus mosaic virus	NMV	<i>P. narcissi</i>	NC_001441
Х-вирус опунции Opuntia virus X	OpVX	<i>P. ecsopuntiae</i>	NC_006060
Вирус мозаики папайи Papaya mosaic virus	PaMV	<i>P. papayae</i>	D13957
Х-вирус папайи Papaya virus X	PaVX	<i>P. ecscaricae</i>	MN265368
Вирус мозаики пепино Pepino mosaic virus	PeMV	<i>P. pepini</i>	NC_004067
Вирус аукуба-мозаики картофеля Potato aucuba mosaic virus	PAMV	<i>P. marmoraucuba</i>	NC_003632
Х-вирус фаюса Phaius virus X	PhaVX	<i>P. ecsphaii</i>	NC_010295
Х-вирус питайи Pitaya virus X	PitVX	<i>P. ecspitayae</i>	NC_024458
Вирус мозаики азиатского подорожника Plantago asiatica mosaic virus	PlaMV	<i>P. marmorplantagonis</i>	NC_003849
Вирус мозаики подорожника Plantago mosaic virus	PlMV	<i>P. ecsplantagonis</i>	PV167217
Х-вирус картофеля Potato virus X	PVX	<i>P. ecspotati</i>	EU021215
Х-вирус шлюмбергеры Schlumbergera virus X	SchIVX	<i>P. ecslumbergerae</i>	NC_011659

Вирус мозаики сенны Senna mosaic virus	SeMV	<i>P. marmorsennae</i>	NC_030746
Вирус слабого пожелтения кромки листа клубники Strawberry mild yellow edge virus	StMYEV	<i>P. fragariae</i>	NC_003794
Вирус красной мозаики диоскореи Tamus red mosaic virus	TaRMV	<i>P. marmordioscoreae</i>	NC_016003
X-вирус черепаховой травы Turtle grass virus X	TGVX	<i>P. ecsthalassiae</i>	NC_040644
X-вирус тюльпана Tulip virus X	TuVX	<i>P. ecstulipae</i>	NC_004322
X-вирус ванили Vanilla virus X	VVX	<i>P. ecsvanillae</i>	NC_035205
Вирус мозаики белого клевера White clover mosaic virus	WCIMV	<i>P. trifolii</i>	NC_001441
X-вирус ямса Yam virus X	YVX-WX1	<i>P. ecdioscoreae</i>	NC_025252
X-вирус зигокактуса Zygocactus virus X	ZygVX	<i>P. ecszygocacti</i>	NC_006059

* Порядок перечисления вирусов соответствует латинскому алфавиту. Синим фоном выделены вирусы, обнаруженные на территории российского Дальнего Востока

* The virus enumeration order is according to the Latin alphabet. The viruses found in the Russian Far East are highlighted with a blue background

Тонкая структура рода *Potexvirus* разработана недостаточно подробно: выделен пока лишь единственный подрод *Mandarivirus*, который включает вирусы, поражающие цитрусовые (Citrinae): ICiRSV, CiYMAV и CiYVCV. Вместе с тем, молекулярно-генетические данные (см. рис. 2) свидетельствует в пользу того, что в *Potexvirus* должны быть выделены ещё, по меньшей мере, четыре подрода. *Mandarivirus* в статусе рода был сформирован в 2004 г. в составе бывшего семейства Flexiviridae, в 2009 г. был перемещён в семейство Alphaflexiviridae, а в 2020 г. был реформирован в подрод [39].

В марте 2021 г. ICTV предложил самую радикальную новацию за все время существования вирусологии — переход от собственных названий вирусов к бинарному формату [40; 41]. Однако это предложение ещё не нашло всеобщего признания, поэтому в табл. 1 представлены как бинарные, так и более привычные собственные названия потексвирусов.

Характеристика вириона представителей рода *Potexvirus*

Вирионы потексвирусов являются безоболочечными (т.е. лишены внешнего липидного бислоя), имеют гибкую нитевидную форму с характерными размерами 470–580 × 12–13 нм — это минимальная длина² по сравнению с другими родами Alphaflexiviridae: 780–800 нм у *Allexivirus*; 710–720 нм у *Botrexvirus*; 630–640 нм у *Lolavirus* (диаметр у всех 12–13 нм). Плавучая плотность потексвирусных вирионов в градиенте хлорида цезия составляет 1,31 г/см³, коэффициент седиментации в водных растворах S_{20,w}=115–130 S [42]. На электронно-микроскопических фотографиях вирионы выглядят

слегка изогнутыми проволокоподобными структурами (рис. 1).

Поверхность вирионов формируется молекулами оболочечного белка (CP — coat protein) массой 20–28 кДа, которые укладываются в надмолекулярную структуру спиральной симметрии с шагом 3,3–3,7 нм (чуть менее 9 молекул CP на шаг спирали). Поскольку вирион потексвирусов состоит из 1000–1500 молекул CP, уложенных однослойно, то, следовательно, вирион содержит 110–170 витков белковой спирали. Вирионная РНК уложена во внутреннем канале диаметром 3,3 нм. Имеются данные о том, что N-конец CP у PVX гликозилирован и способствует формированию сольватной оболочки близ поверхности вириона [43].

Вирионы потексвирусов термостабильны, хорошо переносят замораживание-размораживание, однако при длительном криохранении молекулы CP могут подвергаться частичному протеолизу [42].

Потексвирусные CP иммуногенны и способствуют получению антисывороток с высокими титрами. Вместе с тем, внутриродовая иммунологическая кросс-реактивность у *Potexvirus* выражена слабо, поэтому серологическая идентификация вирусов этого рода характеризуется высокой специфичностью [6; 42; 44; 45].

Организация и экспрессия генома у представителей рода *Potexvirus*

Геном потексвирусов представлен односегментной одноцепочечной плюс-смысловой 5'-m⁷G-кэпированной и 3'-полиаденилированной РНК, способной выступать в качестве мРНК длиной 5,7–6,8 kb. Иерархия полногеномных нуклеотидных последовательностей вирусов из рода *Potexvirus* представлены на рис. 2.

Обогащенная А-С-парами 5'-некодирующая область (UTR — untranslated region) длиной 80–110 нуклеотидов расположена выше пяти открытых рамок считывания (ORF — reading frame): ORF1 кодирует РНК-зависимую РНК-полимеразу (RdRp — RNA-dependent RNA-polymerase) (147–191 кДа), также имеющую активность геликазы и метилтрансферазы; ORF2 — белок TGB1 (triple gene block 1) (24–26 кДа), участвующий в

² Если не учитывать род *Sclerodarnavirus*, единственный представитель которого — вирус ослабления склеротинии (SsDARV — *Sclerotinia sclerotiorum* debilitation-associated RNA virus) — не имеет оболочечных белков и не формирует вирион [42].

If we ignore the genus *Sclerodarnavirus*, the only representative of which is the *Sclerotinia attenuation* virus (SsDARV — *Sclerotinia sclerotiorum* debilitation-associated RNA virus), it does not have envelope proteins and does not form a virion [42].

осуществлении геликазной активности и перемещении вируса от клетки к клетке через плазмодесмы (направляет к плазмодесмам везикулы, сформированные из мембран эндоплазматического ретикулума белками TGB2 и TGB3); ORF3 – белок TGB2 (11–14 кДа), который совместно с TGB3 формирует в

эндоплазматическом ретикулуме вирус-содержащие везикулы; ORF4 – белок TGB3 (6–11 кДа), который совместно с TGB2 формирует в эндоплазматическом ретикулуме вирус-содержащие везикулы; ORF4 – структурный белок CP (20–28 кДа). Длина 3'-UTR составляет 100–120 нуклеотидов (рис. 3) [42; 46–48].

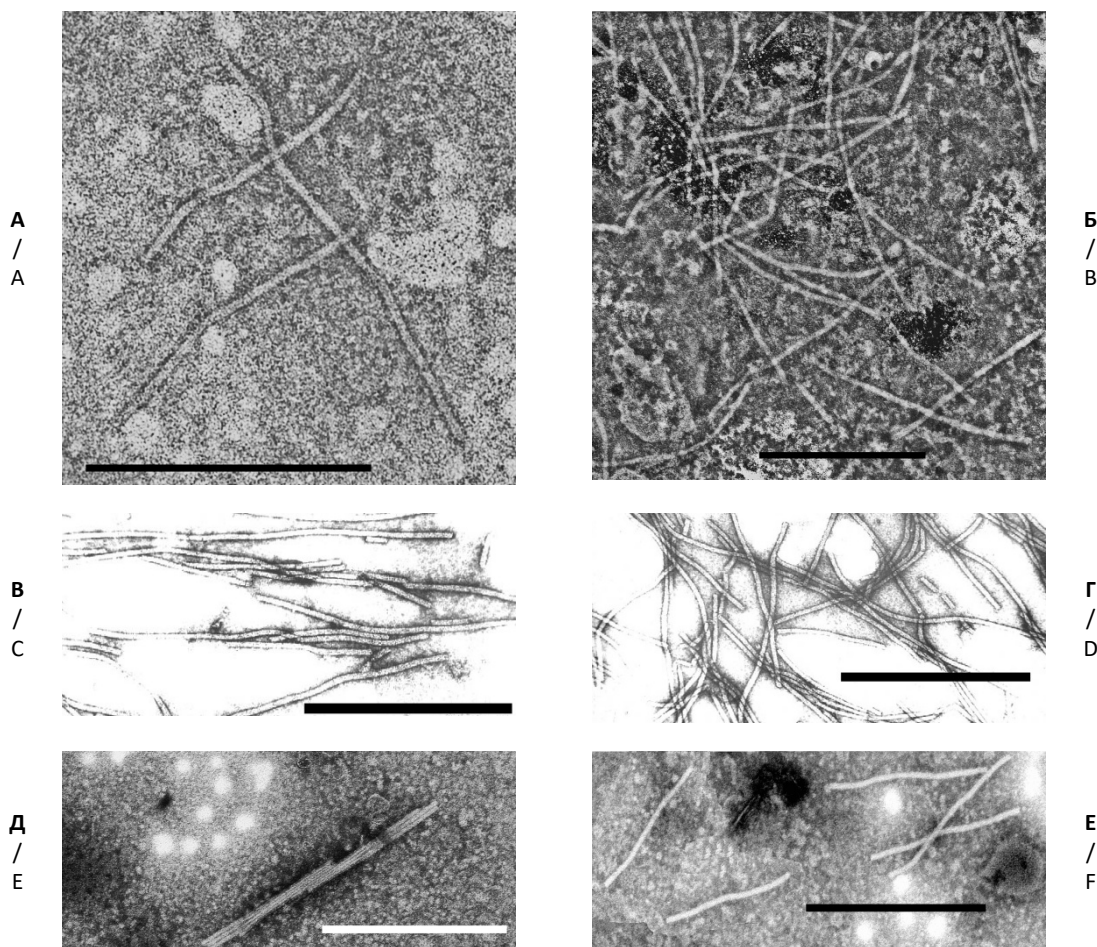


Рисунок 1. Морфология вирионов представителей рода *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae) на примере штаммов из коллекции ЛВ ФНЦБ ДВО РАН (длина масштабной линии равна 500 нм): А – X-вирус картофеля (PVX); Б – вирус мозаики белого клевера (WCIMV); В – приморский вариант вируса мозаики азиатского подорожника (PlaMV); Г – сахалинский вариант PlaMV; Д – X-вирус лилии (LiVX); Е – X-вирус хосты (HoVX)

Figure 1. Virion morphology of members of *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae) using the example of strains from the collection of the Laboratory of Virology, Federal Scientific Centre, East Asia Terrestrial Biodiversit, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (length of scale line - 500 nm):

A – potato virus X (PVX); B – white clover mosaic virus (WCIMV); C – Primorsky variant of the *Plantago asiatica* mosaic virus (PlaMV); D – Sakhalin variant of PlaMV; E – lily virus X (LiVX); F – hosta virus X (HoVX)

После заражения хозяина (как правило – механическим путем, хотя возможен и векторный путь передачи листогрызущими насекомыми) и проникновения вируса в клетку-мишень вирионная РНК выступает в роли мРНК и с неё транслируется RdRp, которая синтезирует минус-смысловую РНК, выступающую в роли матрицы для трех субгеномных плюс смысловых РНК (сРНК, она же мРНК), которые транслируются в вирусные белки. Первая сРНК включает ORF1; вторая сРНК – ORF2, ORF3, ORF4; третья сРНК – ORF5 [42].

Потексвирусы, выявленные на юге российского Дальнего Востока

Первым – в научно-историческом отношении – потексвирусом в регионе является PVX, который был

идентифицирован здесь ещё в начале 1950-х гг. [6; 21; 22]. Впрочем, этот же вирус является и первым по степени своей вредоносности и уровню угроз, создаваемых для продовольственной безопасности: PVX чрезвычайно контагиозен, легко передается механически, быстро и в значительных количествах накапливается в тканях хозяина и поэтому широко используется как модельный объект в вирусологических и молекулярно-биологических исследованиях. Например, успехи в изучении именно потексвирусов в существенной мере способствовали расшифровке механизмов взаимодействия факторов вирулентности и продуктов генов резистентности (R-генов) хозяйского организма [48; 49].

PVX характеризуется высоким уровнем штаммового разнообразия [7; 37]. По характеру симптомов, молекулярно-биологическим свойствам и антигенной активности штаммы этого вируса были разделены на 4 группы: высоковирулентные (некротизирующие); средневирulentные (мозаичные); низковирulentные (хлоротичные) и латентные (бессимптомные) [50]. На юге российского Дальнего Востока были выявлены несколько штаммов, резко отличающихся по симптоматике. Наиболее суровым проявлением

отличался штамм, получивший наименование «Таежный», который вызывал некротизацию листьев вплоть до опадения [51]. Были изучены латентные штаммы, никак не проявляющиеся на растениях. Один из таких бессимптомных штаммов, названный «Уссурийский», был использован в экспериментах по перекрестной противовирусной защите [52]. При этом была показана возможность вакцинации картофеля от заражения сильновирulentными штаммами [53].

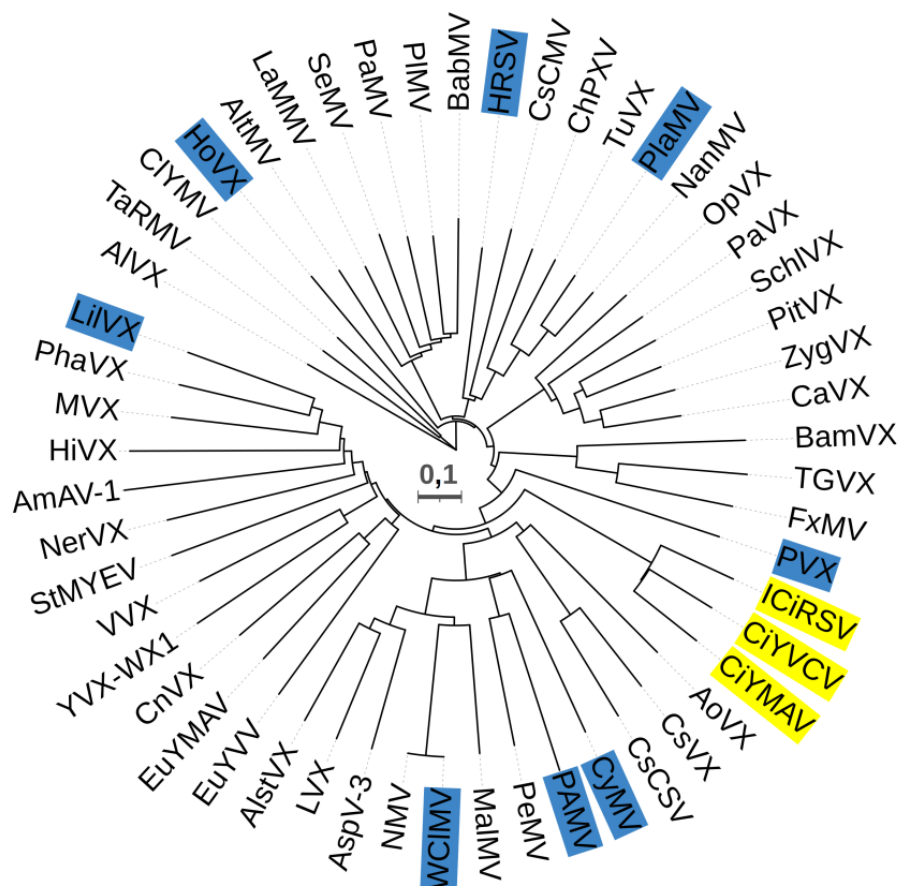


Рисунок 2. Дендрограмма иерархических отношений между полногеномными нуклеотидными последовательностями вирусов из рода *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae): аббревиатуры и идентификационный номера GenBank – см. в табл. 1; желтым фоном выделены вирусы из подрода *Mandarivirus*, синим – обнаруженные на юге российского Дальнего Востока

Figure 2. Dendrogram of hierarchical relationships between complete nucleotide sequences of viruses from *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae): for abbreviations and GenBank identification numbers – see Table 1; viruses of the subgenus *Mandarivirus* are highlighted in yellow, whilst those found in the south of the Russian Far East are highlighted in blue

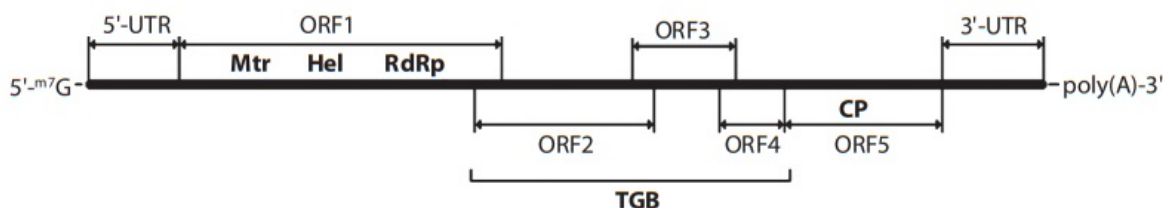


Рисунок 3. Структура генома представителей рода *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae)
 Подробности – в тексте статьи

Figure 3. Genome structure of members of *Potexvirus* (Tymovirales: Alphaflexiviridae)
 See details in text of article



Рисунок 4. Симптомы инфекции вируса аукуба-мозаики картофеля (PAMV) на картофеле
Figure 4. Symptoms of potato aucuba mosaic virus (PAMV) infection on potatoes

В 1970-ые гг. изоляты PVX регулярно выделялись в теплицах цветоводческих хозяйств Владивостока, Уссурийска и Находки на петунии гибридной (*Petunia hybrida*) с симптомами угнетения роста, мозаичными листьями загнутыми вниз. Зараженность растений в некоторых теплицах достигала 100 %. Физико-химические характеристики вирионов из петунии (рис. 1А): точка термической инактивации (ТТИ) 65–66 °С; период сохранения инфекционности (ПСИ) – 30 сут.; предельное разведение сока (ПРС) – 10^{-3} – 10^{-4} . На растениях белены черной (*Hyoscyamus niger*) с симптомами морщинистости листьев и крапчатой мозаики PVX изолировался в смеси с TMV, избавиться от которого удавалось только в результате многократного пассирования. Для штамма из белены: ТТИ 67–68 °С, ПСИ 30 сут., ПРС 10^{-5} – 10^{-6} . Все изоляты из белены и петунии обладали хорошим аффинитетом с антисывороткой к штаммам PVX, выделенным из картофеля. На петунии выявлялся и более термостабильный изолят PVX с ТТИ 69–70 °С и ПРС 10^{-5} – 10^{-6} . Установлено, что это самостоятельные штаммы PVX, обладающие высокой степенью адаптации к указанным хозяевам [27].

На производственном участке Ботанического сада ДВО РАН во Владивостоке с помощью серологических методов выявлен PVX в хризантемах со слабо крапчатыми и слегка деформированными листьями. Симптомы проявлялись наиболее отчетливо в период интенсивного роста растений [28]. Изученные штаммы по биологическим характеристикам были отнесены к опасным штаммам PVX (высоко- и средневирulentным), вызывающим серьезные заболевания растений. Были получены высокочувствительные и специфичные антисыворотки к разным штаммам X-вируса картофеля, которые, впоследствии были использованы для выявления вируса в полевых и лабораторных исследованиях. Причем наиболее чувствительной была антисыворотка к слабовирulentному штамму.

В 1960–1970-ые гг. с использованием специфических антисывороток в Приморском крае на картофеле был идентифицирован PAMV [24; 25; 31]. Этот вирус (известный также как F-вирус картофеля)

менее распространен по сравнению с PVX (как на Дальнем Востоке, так и во всем мире), хотя тоже представляет серьезную опасность для биоразнообразия и сельского хозяйства, поражая значительный круг потенциальных хозяев. Наиболее характерные симптомы, вызываемые PAMV на картофеле – образование ярких желтых пятен (аукуба-мозаика) (рис. 4), хотя может встречаться и бессимптомное носительство. Длина вирионов PAMV больше, чем у большинства потексвирусов (порядка 580 нм). А.В. Крыловым и Р.В. Гнутовой (1973, 1975) установлено распространение PAMV на отдельных сортах в коллекционных посевах Дальневосточной опытной станции ВИР и семеноводческих посевах ряда хозяйств Приморского и Хабаровского краев [54; 55].

PAMV в присутствии PVY может неперсистентно передаваться тлями (Hemiptera: Aphidoidea), что не свойственно другим представителям *Potexvirus* [56] – это объясняется уникальным хелперным механизмом PVY по отношению к PAMV: N-концевой участок CP PAMV содержит триплет Asp-Ala-Gly, который при помощи хелперной протеазы (HC-Pro – helper component protease) PVY способен связываться с эпикутикой стилета тли [42].

В качестве индикаторных растений для PAMV лучше всего подходят перец однолетний (*Capsicum annuum*) и табак клейкий (*Nicotiana glutinosa*), на которых вирус вызывает яркую мозаику на 10 сут. после инокуляции. PAMV хорошо накапливается в дурмане обыкновенном (*Datura stramonium*), но не вызывает у него видимых симптомов [57]. Для штаммов PAMV: ТТИ 65 °С (некоторые штаммы выдерживают температуру до 70 °С), ПСИ 3–4 сут., ПРС 10^{-4} – 10^{-6} [58]. Была обнаружена гетерогенность CP PAMV вследствие частичного протеолиза этого белка во время хранения: 27,6, 24,1 и 21,6 кДа [59; 60].

PAMV является сильным иммуногеном и легко идентифицируется с помощью серологических методов. До сих пор отсутствуют данные иммунологической кросс-реактивности PAMV с другими потексвирусами [6; 54; 55; 61].

PAMV на Дальнем Востоке России был впервые выделен в 1968 г. в естественном фитоценозе южной

части о. Сахалин, а в 1971 г. – на юге Приморского края, в окрестностях с. Нежино. Однако первая научная публикация о PlaMV появилось в 1976 г. [33]. Были изучены физико-химические и молекулярно-биологические характеристики, антигенные и биологические свойства PlaMV, по результатам которых этот патоген был включен в группу (впоследствии род) потексвирусов. Выявлена циркуляция на юге российского Дальнего Востока, по крайней мере, двух вариантов PlaMV: приморского и сахалинского (рис. 1Б–Г, 5) [31; 34; 45]. Приморский штамм удалось передать на 87 видов из 238 инокулированных, а

сахалинский – на 59 из 139. Среди хозяев этого вируса – значительное количество декоративных растений из астровых (Asteraceae), гвоздичных (Caryophyllaceae), амарантовых (Amaranthaceae), лилейных (Liliaceae). Характерной особенностью PlaMV является возможность бессимптомного вирусоносительства. Еще одной особенностью выявленных изолятов являлось то, что они не заражали пасленовые (*Solanaceae*). Следует отметить, что на о. Сахалин на подорожнике был выявлен еще и PVX, который хорошо передавался на пасленовые.



Рисунок 5. Симптомы инфекции вируса мозаики азиатского подорожника (PlaMV)

в подорожнике азиатском: А – приморский штамм; Б – сахалинский штамм

Figure 5. Symptoms of *Plantago asiatica* mosaic virus (PlaMV) infection in Asian plantain:

A – Primorsky strain; B – Sakhalin strain

PlaMV довольно стабилен: при 18–22°C сохраняет инфекционность 3–5 сут. (приморский вариант) и до 18 сут. (сахалинский вариант). При 4°C полуочищенный препарат вируса сохранял инфекционность свыше 2 лет [34]. Важным свойством PlaMV является его высокая генетическая и фенотипическая гетерогенность [34; 62–64]. В коллекции ЛВ ФНЦБ ДВО РАН хранятся несколько штаммов этого вируса, изолированных в южной части Приморского края. Было проведено секвенирование полноразмерного генома PlaMV (табл. 1) и доказано его существенное отличие от PVX [65], что важно в связи с тем, что PlaMV имеет, хотя и слабую, но все же ненулевую кросс-реактивность с PVX.

В естественных фитоценозах на территории Приморского края были обнаружены штаммы PlaMV, различающиеся по вызываемым ими симптомам и разделенные территориально. Один из штаммов вызывал некротическую реакцию и на подорожнике азиатском, и на пасленовых (рис. 6), которые ранее изолированными штаммами этого вируса штаммами не заражались.

Как фундаментальный, так и практический интерес представляет вопрос о происхождении PlaMV. На юге о. Сахалин распространенность этого вируса значительна, а зараженность подорожника (по крайней мере – в окрестностях Долинска и Анивы) достигает 50–80 %. В северной части о. Сахалин (Тымовское, Александровск-Сахалинский) в 1970-ые гг. PlaMV

встречался намного реже. В Приморском крае наблюдаются отдельные очаги заболевания в южных районах (Хасанском, Надеждинском) и в пригороде Владивостока. Учитывая широкое распространение PlaMV на Японских о-вах [63; 64], наиболее вероятным сценарием была инвазия оттуда PlaMV на о. Сахалин и в Приморье.

На Дальнем Востоке в 1960–1970 гг. обширные посевные площади были заняты клевером полевым (*Trifolium pratense*). Имелись выведенные в регионе высокопродуктивные сорта, семена которых экспортировались за рубеж. Поскольку клевер – многолетняя культура, он накапливает высокий инфекционный фон. И одним из наиболее вредоносных вирусов, поражающих растения из рода *Trifolium* является WCIMV. Круг хозяев этого вируса включает в себя практически все виды культивируемых бобовых (Fabaceae) [6; 7; 17]. WCIMV является типичным природно-очаговым вирусом и наиболее часто встречается на клевере ползучем (*T. repens*), который во многих странах является основным пастбищным бобовым растением. Поскольку WCIMV, как и большинство потексвирусов, очень контагиозен, в ряде случаев зараженность этого растения достигает высокого уровня (до 60 %). При этом WCIMV снижает продуктивность клевера до 40 % по сухому веществу и заметно уменьшает длину ползучих побегов [66; 67].



Рисунок 6. Симптомы инфекции некротическим штаммом вируса мозаики азиатского подорожника (PlAMV), изолированным на территории Приморского края: А – в подорожнике азиатском; Б – в петунии гибридной
Figure 6. Symptoms of infection from necrotic strains of *Plantago asiatica* mosaic virus (PlAMV) isolated in Primorsky Krai: A – in Asian plantain; B – in hybrid petunia

WCIMV был впервые идентифицирован в Приморском крае и на о. Сахалин в 1977 г. [35]: на различных видах клевера инфекция этого вируса вызывает симптомы мозаики, крапчатости, хлоротичной пятнистости, деформации и морщинистости листьев и задержки роста растений (рис. 1Б, 7). На горохе посевном (*Pisum sativum* L.) в условиях Приморского края WCIMV вызывает темно-зеленую пятнистость, деформацию листьев, усыхание до полной гибели растения. При механической передаче вируса на инокулированных листьях растений-индикаторов – фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) бобе садовом (*Faba bona*), горохе коровьем (*Vigna sinensis*) – образуются хлоротичные пятна и кольца, локальные некрозы и некротические штрихи, системное заражение характеризуется мозаикой и хлоротичной пятнистостью [35; 36]. Выявленный в Приморском крае изолят имел следующие физико-химические характеристики: ТТИ 65–70 °С, ПСИ более 10 сут., ПРС 10^5 – 10^6 . Экспериментальный спектр хозяев WCIMV включал в себя 24 вида 7 семейств из 52 инокулированных. Среди пасленовых удалось заразить только петунию гибридную. В результате эколого-вирусологического мониторинга в популяциях дикорастущих видов бобовых WCIMV выявлен на горошке однопарном (*Vicia unijuga*) и клевере люпиновом (*T. lupinaster*) [29].

На юге российского Дальнего Востока WCIMV представлен двумя типами штаммов, получившими наименования «мозаичный» и «пятнистый». Была получена высокоспецифичная антисыворотка против WCIMV, с помощью которой во многих районах Приморского и Хабаровского краев были выявлены растения клевера, зараженные этим вирусом [36].

В 1970-х гг. в оранжереях Владивостокского треста зеленого строительства и Ботанического сада ДВО РАН были обнаружены растения гортензии древовидной (*Hydrangea arborescens*) с симптомами в виде хлоротичных колец, полуколец и пятен. Наблюдения показывали, что наиболее четкие симптомы выявлены на

старых листьях (слабая кольцевая пятнистость, иногда красноватого цвета, молодые листья чаще имели нормальную зеленую окраску). Позднее листьями пораженных растений гортензии инфицировали здоровые особи. Спустя 4 месяца на листьях зараженных растений появились симптомы в виде кольцевой пятнистости, характерной для естественно пораженных растений. В препаратах, приготовленных из сока больного растения, в электронном микроскопе были выявлены нитевидные вирусные частицы. Вирус сохранял свои инфекционные свойства в комнатных условиях 21 сут., ТТИ 72–73 °С. Передача через семена и тлями *Mysus persicae* не выявлена. В состав вирионов входит одноцепочечная РНК и единственный полипептид 25,8 кДа. Возбудитель был идентифицирован как дальневосточный вариант HRSV [30; 31; 59; 60].

На образцах орхидей в Приморском крае были выявлены заболевания вирусной этиологии. Симптомы у разных видов отличались: у *Odontoglossum* spp. наблюдалась некротическая кольцевая мозаика, а у *Laelia* spp. и *Phalenopsis* spp. – некротическая пятнистость листьев (рис. 8). В препаратах из сока больных растений обнаружены слегка изогнутые нитевидные вирионы длиной около 480 нм. Изоляты, выявленные на лелии и одонтоглосуме, были способны заражать марь амарантоцветную (*Chenopodium amaranticolor*), свеклу обыкновенную (*Beta vulgaris*), огурец посевной (*Cucumis sativus*), дурман обыкновенный (*Datura stramonium*), гомфрену шаровидную (*Gomphrena globosa*), циннию элегантную (*Zinnia elegans*), настурцию большую (*Tropaeolum majus*). В то же время, растения из семейств капустовые (Brassicaceae) и бобовые (Fabaceae) оказались резистентны к вирусной инфекции. Не удалось инфицировать и ряд растений из семейства пасленовые (Solanaceae): перец ягодный (*Capsicum frutescens*), томат съедобный (*Lycopersicon esculentum*), табак клейкий (*Nicotiana glutinosa*), табак настоящий (*N. tabacum*), петунию гибридную (*Petunia hybrida*).



Рисунок 7. Симптомы инфекции вируса мозаики белого клевера (WCIMV) на клевере ползучем

Figure 7. Symptoms of white clover mosaic virus (WCIMV) in *Trifolium repens*

Оба изолята вируса оказались достаточно стабильными. У изолята из *Odontoglossum* spp. ТТИ 60–65 °С, ПСИ 23 сут., ПРС 10^{-7} – 10^{-8} . Изолят из *Laelia* spp. был более термостабилен: ТТИ 70–75 °С, ПСИ 15 сут., ПРС 10^{-8} – 10^{-9} . Установлено отдаленное антигенное родство обоих вирусных штаммов с антитисыворотками против PVX. По физико-химическим и биологическим характеристикам патоген идентифицирован как CyMV. Этот вирус, как и большинство потексвирусов, не имеет насекомых-переносчиков, очень контагиозен, передается контактно при технологических операциях и инокуляцией соком зараженного растения.

Таким образом, было доказано присутствие в орхидеях в Приморском крае CyMV. Распространение этого контагиозного вируса в регионе, по-видимому, связано с завозом посадочного материала цветоводами-любителями из-за рубежа.

На юге российского Дальнего Востока выявлены культивируемые растения лилии белоснежной (*Lilium*



Рисунок 8. Симптомы инфекции вируса мозаики цимбидиума (CyMV) на листьях *Phalaenopsis* sp.

Figure 8. Symptoms of cymbidium mosaic virus (CyMV) in leaves of *Phalaenopsis* sp.

candidum) и дикорастущей лилии тигровой (*L. tigrinum*) с симптомами штриховатости и полосатости (рис. 9). Кроме того, на *L. tigrinum* выявлено заболевание, характеризующееся полосатостью, искривлением листьев и отмиранием верхушки. В препаратах всех штаммов выявлены нитевидные вирионы, характерные для *Potexvirus* (рис. 1Д).

С помощью антитисыворотки PVX в соке больных лилий выявили отдаленно родственный антиген. Вирус удавалось передать механическим путем на гомфрену шаровидную (*Gomphrena globosa*) (симптомы заболевания: некрозы с малиновым окаймлением), шпинат новозеландский (*Tetragonia expansa*) (хлоротические пятна) и марь киноа (*Chenopodium quinoa*) (некротические пятна). По комплексу биологических характеристик вирус был идентифицирован как LiVX, впервые выявленный на Дальнем Востоке России.

А
/
А



Б
/
В



Рисунок 9. Симптомы инфекции штаммами Х-вируса линии (LiVX), изолированными на территории Приморского края: А – в лилии белоснежной (*Lilium candidum*); Б – в дикорастущей лилии тигровой (*L. tigrinum*)

Figure 9. Symptoms of infection of lily virus X (LiVX) strains isolated in Primorsky kraj: А – *Lilium candidum*; В – *L. tigrinum*

НоVX был выявлен в городских посадках и в частных коллекциях декоративных растений хосты (*Hosta* spp.) на территории Владивостока. Заболевание, связанное с

этим вирусом, характеризовалось мозаичными полосами, часто некротизирующимися (рис. 10). На электронно-микроскопических фотографиях сока

больных растений были обнаружены нитевидные вирусные частицы (рис. 1Е). Вирус имеет ограниченный круг хозяев и заражает лишь несколько видов растений-

индикаторов. Установлено слабое серологическое родство с PVX.



Рисунок 10. Симптомы инфекции вируса мозаики хосты (HoMV) на хосте

Figure 10. Symptoms of hosta mosaic virus (HoMV) in *Hosta* sp.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потексвирусы являются актуальными патогенами культурных и дикорастущих представителей флоры Дальнего Востока России. Было выявлено 8 видов, представленных рядом штаммов, различающихся по своим биологическим свойствам: X-вирус картофеля (PVX), вирус кольцевой пятнистости гортензии (HRSV), вирус мозаики цимбидиума (CuMV), X-вирус лилии (LiVX), вирус мозаики подорожника азиатского (PlaMV), вирус мозаики белого клевера (WCIMV), аукуба-мозаики картофеля (PAMV), X-вирус хосты (HoVX). Эти данные следует учитывать при разработке научно-обоснованных мероприятий по обеспечению продовольственной безопасности российского Дальнего Востока.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания в ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН по теме НИР «Научные основы биотехнологии и бионанотехнологии для рационального природопользования, увеличения продолжительности и качества жизни» № 124012200181-4 и в НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора по теме НИР «Пространственно-временная структура природных очагов инфекционных заболеваний на юге российского Дальнего Востока» № 122041800133-9.

ACKNOWLEDGMENT

The work was undertaken as part of the state assignment at the Federal Research Centre for East Asia Terrestrial Biodiversity, Russian Academy of Sciences on the research topic "Scientific Foundations of Biotechnology and Bionanotechnology for Rational Use of Natural Resources, Increasing Life expectancy and Quality of Life" No. 124012200181-4, as well as at the G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology of Rospotrebnadzor on the research topic "Spatial and Temporal Structure of Natural Foci of Infectious Diseases in the South of the Russian Federation Far East" No. 122041800133-9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Национальный атлас почв Российской Федерации. Москва: Астрель, 2011. 632 с.
2. Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 656 с.
3. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Дальний Восток России: глобальные и региональные аспекты развития сельского хозяйства // Век глобализации. 2024. N 2. С. 171–183. <https://doi.org/10.30884/vglob/2024.02.14>
4. Егорова А.И., Яковлев В.А. Роль сельского хозяйства в социально-экономическом развитии Дальнего Востока России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. N 10А. С. 209–219. <https://doi.org/10.34670/AR.2023.12.60.027>
5. Zaitlin M., Palukaitis P. Advances in understanding plant viruses and virus diseases // Annual Review of Phytopathology. 2000. V. 38. P. 117–143. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.117>
6. Щелканов М.Ю., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф. Становление фитовирусологии на Дальнем Востоке в контексте развития отечественной вирусологии. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2022. 142 с. <https://doi.org/10.24866/7444-5353-4>
7. Щелканов М.Ю., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Сапоцкий М.В., Толкач В.Ф., Плешакова Т.И., Гапека А.В., Галкина И.В. Организация Российской государственной коллекции вирусов Восточной Азии на базе ДВО РАН // Материалы международной конференции «Приморские Зори 2017», Владивосток, 20–22 апреля, 2017. С. 466–470.
8. Samoylenko P.Yu. Image of Vladivostok as seaport city and problems of Russian international cooperation in Asia-Pacific region // Asia-Pacific Journal of Marine Science and Education. 2018. V. 8. N 2. P. 4–13.
9. Крестов П.В., Верхолат В.П. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2003. 198 с.
10. Щелканов М.Ю., Галкина И.В., Арамилев С.В., Суровый А.Л., Фоменко П.В., Журавлёв Ю.Н. Дальневосточный банк биологических материалов (ДВ ББМ) от крупных кошачьих (Pantherinae) как инструмент совершенствования практики правоприменения статей 226.1 и 258.1 Уголовного Кодекса Российской Федерации // Всероссийский криминологический журнал. 2017. Т. 11. N 1. С. 146–153. [https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11\(1\).146-153](https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11(1).146-153)
11. Lvov D.K., Shchelkanov M.Yu., Alkhovsky S.V., Deryabin P.G. Zoonotic viruses of Northern Eurasia. Taxonomy and Ecology. Academic Press, 2015. 452 p. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01020-9>
12. Quanjier H.M. New work on the leaf curl and allied diseases in Holland. *Proceedings of Interregional Conference, Royal Horticultural Society of London*. London, 1921, pp. 127–145.
13. Smith K.M. On the composite nature of certain potato virus diseases of the mosaic group as revealed by the use of plant indicators and selected methods of transmission // *Proceedings of Royal Society of London*. Ser. B, 1931, vol. 109, pp. 251–267.

<https://doi.org/10.1098/rspb.1931.0080>

14. Pierce W.H. Identification of certain viruses affecting leguminous plants // *Journal of Agricultural Research*. 1935. V. 51. P. 1017–1039.
15. Weiss F. A key to the typical viruses of leguminous crops // *Plant Disease Reporter*. 1939. V. 23. N 22. P. 352–361.
16. Johnson F. The complex nature of white-clover mosaic // *Phytopathology*. 1942. V. 32. N 2. P. 103–116.
17. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф., Табакаева Т.В., Белов Ю.А., Муратов А.А., Щелканов М.Ю. Вирусные болезни бобовых культур на юге Российского Дальнего Востока // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. N 4. С. 71–85. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-4-71-85>
18. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Толкач В.Ф., Щелканов М.Ю. Вирусные заболевания плодово-ягодных культур на юге российского Дальнего Востока // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. N 4. С. 88–100. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>
19. Brierley P. Symptoms in the florist's hydrangea caused by tomato ringspot virus and an unidentified sap-transmissible virus // *Phytopathology*. 1954. V. 44. N 12. P. 696–698.
20. Amelunxen F. Virus-Eiweissspindeln der Kakteen. Darstellung, elektronen-mikroskopische und biochemische Analyse des Virus // *Protoplasma*. 1958. V. 49. N 1. P. 140–178. (In German)
21. Абрамов И.Н. Болезни картофеля на Дальнем Востоке. Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во, 1953. 221 с.
22. Рейфман В.Г. Агротехника картофеля в Приморье. Владивосток: Приморское книжное изд-во, 1955. 100 с.
23. Рейфман В.Г. Вирусные болезни картофеля на Дальнем Востоке // Материалы Всесоюзной конференции «Семеноводство и меры борьбы с болезнями вырождения картофеля на Дальнем Востоке», Владивосток, 28 июня – 09 июля, 1963. С. 9–13.
24. Рейфман В.Г. Вирусные болезни картофеля и их распространение на Дальнем Востоке // Вирусные болезни картофеля. Москва: Наука, 1966. С. 94–107.
25. Крылов А.В. Некоторые вопросы эпидемиологии, диагностики и терапии мозаичных вирусов картофеля // Вирусологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1969. С. 166–167.
26. Толкач В.Ф. Идентификация вирусов, выявленных на растениях семейства Orchidaceae в Приморском крае // *Вестник защиты растений*. 2016. Т. 4. N 90. С. 33–37.
27. Чуян А.Х. Два изолята X вируса картофеля, выделенных из петунии и белены // *Вироzy растений*. Владивосток, 1979. С. 107–114.
28. Чуян А.Х., Крылов А.В. X-вирус картофеля на хризантеме // *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1975. N 96. С. 64–67.
29. Костин В.Д. Вироzy дикорастущих растений Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2005. 121 с.
30. Чуян А.Х., Крылов А.В., Степаненко В.И. Вирус гортензии *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) в Приморском крае // Вирусные растения Дальнего Востока. Владивосток, 1975. Т. 31(134). С. 118–120.
31. Крылов А.В. Вирусы растений Дальнего Востока. Москва: Наука, 1992. 112 с.
32. Костин В.Д. Заболевания типа мозаик и желтух дикорастущих растений Дальнего Востока. Сообщение 1 // Вирусные болезни растений Дальнего Востока. Владивосток, 1976. С. 196–204.
33. Костин В.Д., Волков Ю.Г. Некоторые свойства вируса поражающего подорожник азиатский // Вирусные болезни растений Дальнего Востока. Труды Биолого-почвенного института. Владивосток, 1976. С. 205–210.
34. Волков Ю.Г., Костин В.Д. Два штамма вируса, поражающего подорожник азиатский на Дальнем Востоке // Вирусные болезни растений. Владивосток, 1981. С. 82–92.
35. Поливанова Т.А., Слепухина Л.П., Степаненко В.И. Вирусы, поражающие клевера в Приморском крае. Сообщение II. Вирусы мозаики белого клевера и мозаики люцерны // Вирусы и вирусные болезни растений Дальнего Востока. Владивосток, 1977. С. 76–83.
36. Поливанова Т.А., Слепухина Л.П., Степаненко В.И. Вирусы, поражающие клевера в Приморском крае. Сообщение III. Получение антисыворотки к вирусу мозаики белого клевера // Вирусные болезни растений и меры борьбы с ними. Владивосток, 1980. С. 111–114.
37. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф., Щелканов М.Ю. Разнообразие штаммов фитовирусов на юге российского Дальнего Востока // *Юг России: экология, развитие*. 2024. Т. 19. N 3. С. 18–34. <https://www.doi.org/10.18470/1992-1098-2024-3-2>
38. Koenig R. Nucleic acids in the potato virus X group and in some other plant viruses: comparison of the molecular weights by electrophoresis in acrylamide-agarose composite gels // *Journal of General Virology*. 1971. V. 10. N 1. P. 111–114. <https://www.doi.org/10.1099/0022-1317-10-1-111>
39. Cinque M., Minutolo M., Pugliese C., Griffo R.V., Di Serio F., Navarro B., Alioto D. First report of citrus yellow vein clearing virus (CYVCV) on citrus in Italy // *Plant Diseases*. 2024. <https://www.doi.org/10.1094/PDIS-06-24-1208-PDN>
40. Walker P.J., Siddell S.G., Lefkowitz E.J., Mushegian A.R., Adriaenssens E.M., Alfenas-Zerbini P., Davison A.J., Dempsey D.M., Dutilh B.E., Garcia M.L., Harrach B., Harrison R.L., Hendrickson R.C., Junglen S., Knowles N.J., Krupovic M., Kuhn J.H., Lambert A.J., Lobocka M., Nibert M.L., Oksanen H.M., Orton R.J., Robertson D.L., Rubino L., Sabanadzovic S., Simmonds P., Smith D.B., Suzuki N., Van Dooerslaer K., Vandamme A.M., Varsani A., Zerbini F.M. Changes to virus taxonomy and to the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses // *Archive Virology*. 2021. V. 166. N 9. P. 2633–2648. <https://www.doi.org/10.1007/s00705-021-05156-1>
41. Khotimchenko Yu.S., Shchelkanov M.Yu. Viruses of the Ocean: On the shoes of the aqua incognita. Horizons of taxonomic diversity // *Russian Journal of Marine Biology*. 2024. V. 50. N 1. P. 1–24. <https://www.doi.org/10.1134/S106307402401005X>
42. Руководство по вирусологии. Вирусы и вирусные инфекции человека и животных. Москва: МИА, 2013. 1200 с.
43. Какарека Н.Н., Черников О.В., Чикалов И.В., Молчанова В.И., Курика А.В., Волков Ю.Г., Козловская З.Н. Изучение взаимодействия лектинов, выделенных из морских беспозвоночных, с вирусами растений и человека // *Успехи современной биологии*. 2007. Т. 127. N 5. С. 452–457.
44. Крылов А.В. Некоторые вопросы эпидемиологии, диагностики и терапии мозаичных вирусов картофеля // Вирусологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1969. С. 166–167.
45. Костин В.Д., Минская Л.А., Гнутова Р.В., Волков Ю.Г. Антигенные свойства вируса, поражающего подорожник азиатский // *Метаболизм больного растения*. Владивосток, 1976. С. 110–115.
46. Park M.R., Seo J.K., Kim K.H. Viral and nonviral elements in potexvirus replication and movement and in antiviral responses // *Advances in Virus Research*. 2013. V. 87. P. 75–112. <https://www.doi.org/10.1016/B978-0-12-407698-3.00003-X>
47. Park M.R., Jeong R.D., Kim K.H. Understanding the intracellular trafficking and intercellular transport of potexviruses in their host plants // *Frontiers in Plant Science*. 2014. V. 5. Article id: 60. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2014.00060>
48. Verchot-Lubicz J., Ye C.M., Bamunusinghe D. Molecular biology of potexviruses: recent advances // *Journal of General Virology*. 2007. V. 88. N 6. P. 1643–1655. <https://www.doi.org/10.1099/vir.0.82667-0>
49. Малиновский В.И. Механизмы устойчивости растений к вирусам. Владивосток, 2010. 323 с.
50. Шелудько Ю.М. Штаммы X-вируса картофеля и их критерии // Штаммы вирусов. Владивосток, 1977. С. 100–106.
51. Романова С.А. Итоги изучения вирусных, виroidных и микоплазменных болезней картофеля на Дальнем Востоке России // *Становление и развитие фитовирусологии на Дальнем Востоке России*. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 175–192.
52. Рейфман В.Г., Романова С.А. Применение слабопатогенного штамма X-вируса картофеля в опытах по защитной вакцинации // Материалы Всесоюзного совещания «Штаммы вирусов растений», Владивосток, 23–27 октября, 1975. С. 146–154.
53. Романова С.А., Рейфман В.Г., Леднева В.А. Вакцинный штамм X-вируса картофеля № 2, используемый для защиты растений картофеля. Авторское свидетельство № 1169209, 1985.
54. Гнутова Р.В., Крылов А.В. Применение адсорбционных методов серодиагностики и реакции связывания комплемента при изучении фитопатогенных вирусов // Вирусные болезни растений Дальнего Востока. Владивосток, 1973. С. 99–107.
55. Гнутова Р.В., Крылов А.В. Сравнительная характеристика чувствительности адсорбционных методов серодиагностики, реакции связывания комплемента и индикаторного метода //

Научные доклады Высшей школы. Биологические науки. 1975. N 10. С. 137–144.

56. Какарека Н.Н., Толкач В.Ф., Сапоцкий М.В., Волков Ю.Г., Щелканов М.Ю. Насекомые-переносчики вирусных заболеваний картофеля на Дальнем Востоке // В сб.: Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. 2019. N 30. С. 191–199. <https://www.doi.org/10.25221/kurentzov.30.18>

57. Крылов А.В. Растения-индикаторы для диагностики мозаичных вирусов картофеля // Вирусные болезни сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Владивосток, 1971. С. 54–128.

58. Рейфман В.Г., Крылов А.В., Степаненко В.И., Костин В.Д. Возбудители вирусных болезней картофеля на Дальнем Востоке // Вирусные болезни сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Владивосток, 1971. С. 31–49.

59. Артюкова Е.В., Горбулев В.Г., Родионова Н.П. Сравнительное изучение структурных особенностей и трансляции РНК потексвирусов // Молекулярная Биология. 1985. Т. 19. N 4. С. 1021–1027.

60. Артюкова Е.В., Крылов А.В. Вирусы группы Potexvirus // Фитовирусологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1989. С. 30–53.

61. Гнутова Р.В. Получение антисыворотки к F-вирусу картофеля // Материалы Всесоюзной конференции «Некоторые вопросы биологии и медицины на Дальнем Востоке». Владивосток, 1968. С. 10–12.

62. de Kock M.J.D., Slootweg G., Aanholt J.T.M., Lemmers M.E.C., Pham K.T.K., Dees R.H.L., Boer F.A., Hollinger T.C. Understand and combat groundbreaking spread of PIAMV and TVX // Lisse, The Netherlands: Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit. 2013. N 1. P. 1–13.

63. Komatsu K., Yamashita K., Sugawara K., Verbeek M., Fujita N., Hanada K., Uehara-Ichiki T., Fuji S.I. Complete genome sequences of two highly divergent Japanese isolates of *Plantago asiatica* mosaic virus // Archive Virology. 2017. V. 162. N 2. P. 581–584. <https://www.doi.org/10.1007/s00705-016-3110-6>

64. Tanaka M., Verbeek M., Takehara M., Pham K., Lemmers M., Slootweg C., Arie T., Komatsu K. Differences in infectivity and pathogenicity of two *Plantago asiatica* mosaic virus isolates in lilies // European Journal of Plant Pathology. 2019. V. 153. N 3. P. 813–823. <https://www.doi.org/10.1007/s10658-018-1594-5>

65. Solovyev A.G., Novikov V.K., Merits A., Savenkov E.I., Zelenina D.A., Tyulikina L.G., Morozov S.Yu. Genome characterization and taxonomy of *Plantago asiatica* mosaic potexvirus // Journal of General Virology. 1994. V. 75. N 2. P. 259–267. <https://www.doi.org/10.1099/0022-1317-75-2-259>

66. Dudas B., Woodfield D.R., Tong P.M., Nicholls M.F., Cousins G.R., Burgess R., White D.W.R., Beck D.L., Lough T.J., Forster R.L.S. Estimating the agronomic impact of white clover mosaic virus on white clover performance in the North Island of New Zealand // New Zealand Journal of Agricultural Research. 1998. V. 41. N 2. P. 171–178. <https://www.doi.org/10.1080/00288233.1998.9513300>

67. Guy P.L. Viruses of New Zealand pasture grasses and legumes: a review // Crop and Pasture Science. V. 65. N 9. P. 841–853. <https://doi.org/10.1071/CP14017>

REFERENCES

1. *Natsional'nyi atlas pochv Rossiiskoi Federatsii* [National Atlas of Soils of the Russian Federation]. Moscow, Astrel Publ., 2011, 632 p. (In Russian)

2. *Klimat Rossii* [Climate of Russia]. St. Petersburg, Hydrometeoizdat Publ., 2001, 656 p. (In Russian)

3. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Russian Far East: Global and regional aspects of agricultural development. *Age of Globalization*, 2024, no. 2, pp. 171–183. (In Russian) <https://doi.org/10.30884/vglob/2024.02.14>

4. Egorova A.I., Yakovlev V.A. The role of agriculture in the socio-economic development of the Russian Far East. *Economics: yesterday, today, tomorrow*, 2023, vol. 13, no. 10A, pp. 209–219. (In Russian) <https://doi.org/10.34670/AR.2023.12.60.027>

5. Zaitlin M., Palukaitis P. Advances in understanding plant viruses and virus diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 2000, vol. 38, pp. 117–143. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.117>

6. Shchelkanov M.Yu., Kakareka N.N., Volkov YU.G., Tolkach V.F.

Stanovlenie fitovirusologii na Dal'nem Vostoke v kontekste razvitiya otechestvennoi virusologii [Formation of phyto-virology in the Far East in the context of the development of domestic virology]. Vladivostok, Far Eastern University Publ., 2022, 142 p. (In Russian) <https://doi.org/10.24866/7444-5353-4>

7. Shchelkanov M.Yu., Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Kozlovskaya Z.N., Sapotsky M.V., Tolkach V.F., Pleshakova T.I., Gapeka A.V., Galkina I.V. Organizatsiya Rossiiskoi gosudarstvennoi kollektzii virusov Vostochnoi Azii na baze DVO RAN [Organization of the Russian State Collection of viruses of East Asia on the basis of the FEB RAS]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Primorskies Zori 2017»*, Vladivostok, 20–22 aprelya, 2017 [Proceedings of Interregional Conference "Primorsky Dawns 2017", Vladivostok, April 20–22, 2017]. Vladivostok, 2017, pp. 466–470. (In Russian)

8. Samoylenko P.Yu. Image of Vladivostok as seaport city and problems of Russian international cooperation in Asia-Pacific region. *Asia-Pacific Journal of Marine Science and Education*, 2018, vol. 8, no. 2, pp. 4–13.

9. Krestov P.V., Verholat V.P. *Redkie rastitel'nye soobshchestva Primor'ya i Priamur'ya* [Rare plant communities of Primorye and Amur region]. Vladivostok, Biosoil Institute of FEBRAS, 2003, 198 p. (In Russian)

10. Shchelkanov M.Yu., Galkina I.V., Aramilev S.V., Surovy A.L., Fomenko P.V., Zhuravlev Yu.N. Far Eastern Bank of Biological materials (DV BBM) from large felines (Pantherinae) as a tool for improving the practice of law enforcement of Articles 226.1 and 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation. *Russian Journal of Criminology*, 2017, vol. 11, no. 1, pp. 146–153. (In Russian) [https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11\(1\).146-153](https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11(1).146-153)

11. Lvov D.K., Shchelkanov M.Yu., Alkhovsky S.V., Deryabin P.G. Zoonotic viruses of Northern Eurasia. *Taxonomy and Ecology*. Academic Press, 2015, 452 p. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01020-9>

12. Quanjier H.M. New work on the leaf curl and allied diseases in Holland. *Proceedings of Interregional Conference, Royal Horticultural Society of London*. London, 1921, pp. 127–145.

13. Smith K.M. On the composite nature of certain potato virus diseases of the mosaic group as revealed by the use of plant indicators and selected methods of transmission. *Proceedings of Royal Society of London. Ser. B*, 1931, vol. 109, pp. 251–267. <https://doi.org/10.1098/rspb.1931.0080>

14. Pierce W.H. Identification of certain viruses affecting leguminous plants. *Journal of Agricultural Research*, 1935, vol. 51, pp. 1017–1039.

15. Weiss F. A key to the typical viruses of leguminous crops. *Plant Disease Reporter*, 1939, vol. 23, no. 22, pp. 352–361.

16. Johnson F. The complex nature of white-clover mosaic. *Phytopathology*, 1942, vol. 32, no. 2, pp. 103–116.

17. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Tabakaeva T.V., Belov Yu.A., Muratov A.A., Shchelkanov M.Yu. Viral diseases of legumes in the South of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 71–85. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-4-71-85>

18. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Tolkach V.F., Shchelkanov M.Yu. Viral diseases of fruit and berry crops in the south of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 88–100. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>

19. Brierley P. Symptoms in the florist's hydrangea caused by tomato ringspot virus and an unidentified sap-transmissible virus. *Phytopathology*, 1954, vol. 44, no. 12, pp. 696–698.

20. Amelunxen F. Virus-Eiweisspindeln der Kakteen. Darstellung, elektronen-mikroskopische und biochemische Analyse des Virus. *Protoplasma*, 1958, vol. 49, no. 1, pp. 140–178. (In German)

21. Abramov I.N. *Bolezni kartofelya na Dal'nem Vostoke* [Potato diseases in the Far East]. Khabarovsk, Khabarovsk Book Publishing House, 1953, 221 p. (In Russian)

22. Reifman V.G. *Agrotehnika kartofelya v Primor'e* [Potato agrotechnics in Primorye]. Vladivostok, Primorsky Book Publishing House, 1955, 100 p. (In Russian)

23. Reifman V.G. Virusnye bolezni kartofelya na Dal'nem Vostoke [Viral potato diseases in the Far East]. *Materialy Vsesoyuznoi konferentsii «Semenovodstvo i mery bor'by s boleznyami vyrozhdeniya kartofelya na Dal'nem Vostoke»*, Vladivostok, 28 iyunya – 09 iyulya, 1963 [Proceedings of the All-Union Conference "Seed production and measures to combat potato degeneration diseases in the Far East",

- Vladivostok, June 28 – July 09, 1963]. Vladivostok, 1963, pp. 9–13. (In Russian)
24. Reifman V.G. Virusnye bolezni kartofelya i ikh rasprostranenie na Dal'nem Vostoke [Viral potato diseases and their spread in the Far East]. In: *Virusnye bolezni kartofelya* [Viral potato diseases]. Moscow, Nauka Publ., 1966, pp. 94–107. (In Russian)
 25. Krylov A.V. Nekotorye voprosy epidemiologii, diagnostiki i terapii mozaichnykh virusov kartofelya [Some issues of epidemiology, diagnosis and therapy of potato mosaic viruses]. In: *Virusologicheskie issledovaniya na Dal'nem Vostoke* [Virological research in the Far East]. Vladivostok, 1969, pp. 166–167. (In Russian)
 26. Tolkach V.F. Identification of viruses detected on plants of the Orchidaceae family in Primorsky krai. *Vestnik zashchity rastenii* [Bulletin of Plant Protection]. 2016, vol. 4, no. 90, pp. 33–37. (In Russian)
 27. Chuyan A.H. Dva izolata X virusa kartofelya, vydelennykh iz petunii i beleny [Two potato virus X isolates isolated from petunia and henbane]. In: *Virozy rastenii* [Virosis of plants]. Vladivostok, 1979, pp. 107–114. (In Russian)
 28. Chuyan A.Kh., Krylov A.V. X-potato virus on chrysanthemum. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden]. 1975, no. 96, pp. 64–67. (In Russian)
 29. Kostin V.D. *Virozy dikorastushchikh rastenii Dal'nego Vostoka Rossii* [Virosis of wild plants of the Russian Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2005, 121 p. (In Russian)
 30. Chuyan A.Kh., Krylov A.V., Stepanenko V.I. Virus gortenzii *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) v Primorskom krae [Hydrangea macrophylla (Thunb.) hydrangea virus in Primorsky Krai]. In: *Virusnye rasteniya Dal'nego Vostoka* [Viral plants of the Far East]. Vladivostok, 1975, pp. 118–120. (In Russian)
 31. Krylov A.V. *Virusy rastenii Dal'nego Vostoka* [Plant viruses of the Far East]. Moscow, Nauka Publ., 1992, 112 p. (In Russian)
 32. Kostin V.D. Zabolevaniya tipa mozaiki i zheltukh dikorastushchikh rastenii Dal'nego Vostoka. Soobshchenie 1 [Diseases such as mosaics and jaundices of wild plants of the Russian Far East. Message 1]. In: *Virusnye bolezni rastenii Dal'nego Vostoka* [Viral diseases of plants of the Far East]. Vladivostok, 1976, pp. 196–204. (In Russian)
 33. Kostin V.D., Volkov Yu.G. Nekotorye svoystva virusa porazhayushchego podorozhnik aziatskii [Some properties of the virus affecting the Asian plantain]. In: *Virusnye bolezni rastenii Dal'nego Vostoka. Trudy Biologo-pochvennogo instituta* [Viral diseases of plants of the Far East. Proceedings of the Biological and Soil Institute]. Vladivostok, 1976, pp. 205–210. (In Russian)
 34. Volkov Yu.G., Kostin V.D. Dva shtamma virusa, porazhayushchego podorozhnik aziatskii na Dal'nem Vostoke [Two strains of the virus affecting the Asian plantain in the Far East]. In: *Virusnye bolezni rastenii* [Viral diseases of plants]. Vladivostok, 1981, pp. 82–92. (In Russian)
 35. Polivanova T.A., Slepukhina L.P., Stepanenko V.I. Virusy, porazhayushchie klevra v Primorskom krae. Soobshchenie II. Virusy mozaiki belogo klevra i mozaiki lyutserny [Viruses infecting clover in Primorsky Krai II. White clover mosaic and alfalfa mosaic viruses]. In: *Virusy i virusnye bolezni rastenii Dal'nego Vostoka* [Viruses and viral diseases of plants of the Far East]. Vladivostok, 1977, pp. 76–83. (In Russian)
 36. Polivanova T.A., Slepukhina L.P., Stepanenko V.I. Virusy, porazhayushchie klevra v Primorskom krae. Soobshchenie III. Poluchenie antisывorotki k virusu mozaiki belogo klevra [Viruses infecting clover in Primorsky Krai. Message III. Obtaining antiserum to the white clover mosaic virus]. In: *Virusnye bolezni rastenii i mery bor'by s nimi* [Viral plant diseases and control measures]. Vladivostok, 1980, pp. 111–114. (In Russian)
 37. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Shchelkanov M.Yu. Diversity of phytovirus strains in the South of the Russian Far East. *South of Russia: ecology, development*, 2024, vol. 19, no. 3, pp. 18–34. (In Russian) <https://www.doi.org/10.18470/1992-1098-2024-3-2>
 38. Koenig R. Nucleic acids in the potato virus X group and in some other plant viruses: comparison of the molecular weights by electrophoresis in acrylamide-agarose composite gels. *Journal of General Virology*, 1971, vol. 10, no. 1, pp. 111–114. <https://www.doi.org/10.1099/0022-1317-10-1-111>
 39. Cinque M., Minutolo M., Pugliese C., Griffo R.V., Di Serio F., Navarro B., Alioto D. First report of citrus yellow vein clearing virus (CYVCV) on citrus in Italy. *Plant Diseases*, 2024, <https://www.doi.org/10.1094/PDIS-06-24-1208-PDN>
 40. Walker P.J., Siddell S.G., Lefkowitz E.J., Mushegian A.R., Adriaenssens E.M., Alfenas-Zerbini P., Davison A.J., Dempsey D.M., Dutilh B.E., Garcia M.L., Harrach B., Harrison R.L., Hendrickson R.C., Junglen S., Knowles N.J., Krupovic M., Kuhn J.H., Lambert A.J., Łobocka M., Nibert M.L., Oksanen H.M., Orton R.J., Robertson D.L., Rubino L., Sabanadzovic S., Simmonds P., Smith D.B., Suzuki N., Van Dooerslaer K., Vandamme A.M., Varsani A., Zerbini F.M. Changes to virus taxonomy and to the International Code of Virus Classification and Nomenclature ratified by the International Committee on Taxonomy of Viruses (2021). *Archive Virology*, 2021, vol. 166, no. 9, pp. 2633–2648. DOI: 10.1007/s00705-021-05156-1
 41. Khotimchenko Yu.S., Shchelkanov M.Yu. Viruses of the Ocean: On the shoes of the aqua incognita. Horizons of taxonomic diversity. *Russian Journal of Marine Biology*, 2024, vol. 50, no. 1, pp. 1–24. DOI: 10.1134/S106307402401005X
 42. *Rukovodstvo po virusologii. Virusy i virusnye infektsii cheloveka i zhivotnykh* [Manual of Virology. Viruses and viral infections of humans and animals]. Moscow, MIA Publ., 2013, 1200 p. (In Russian)
 43. Kakareka N.N., Chernikov O.V., Chikalovets I.V., Molchanova V.I., Kurika A.V., Volkov Yu.G., Kozlovskaya Z.N. Studying the interaction of lectins isolated from marine invertebrates with plant and human viruses. *Uspekhi sovremennoi biologii* [The Successes of Modern Biology]. 2007, vol. 127, no. 5, pp. 452–457. (In Russian)
 44. Krylov A.V. Nekotorye voprosy epidemiologii, diagnostiki i terapii mozaichnykh virusov kartofelya [Some issues of epidemiology, diagnosis and therapy of potato mosaic viruses]. In: *Virusologicheskie issledovaniya na Dal'nem Vostoke* [Virological research in the Far East]. Vladivostok, 1969, pp. 166–167. (In Russian)
 45. Kostin V.D., Minskaya L.A., Gnutova R.V., Volkov Yu.G. Antigennye svoystva virusa, porazhayushchego podorozhnik aziatskii [Antigenic properties of the virus affecting the Asian plantain]. In: *Metabolizm bol'nogo rasteniya* [Metabolism of a diseased plant]. Vladivostok, 1976, pp. 110–115. (In Russian)
 46. Park M.R., Seo J.K., Kim K.H. Viral and nonviral elements in potexvirus replication and movement and in antiviral responses. *Advances in Virus Research*, 2013, vol. 87, pp. 75–112. <https://www.doi.org/10.1016/B978-0-12-407698-3.00003-X>
 47. Park M.R., Jeong R.D., Kim K.H. Understanding the intracellular trafficking and intercellular transport of potexviruses in their host plants. *Frontiers in Plant Science*, 2014, vol. 5, article id: 60. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2014.00060>
 48. Verchot-Lubicz J., Ye C.M., Bamunusinghe D. Molecular biology of potexviruses: recent advances. *Journal of General Virology*, 2007, vol. 88, no. 6, pp. 1643–1655. <https://www.doi.org/10.1099/vir.0.82667-0>
 49. Malinovsky V.I. *Mekhanizmy ustoychivosti rastenii k virusam* [Mechanisms of plant resistance to viruses]. Vladivostok, 2010, 323 p. (In Russian)
 50. Sheludko Yu.M. Shtammy X-virusa kartofelya i ikh kriterii [Potato X-virus strains and their criteria]. In: *Shtammy virusov* [Virus strains]. Vladivostok, 1977, pp. 100–106. (In Russian)
 51. Romanova S.A. Itogi izucheniya virusnykh, viroidnykh i mikoplazmennyykh boleznei kartofelya na Dal'nem Vostoke Rossii [Results of the study of viral, viral and mycoplasma diseases of potatoes in the Russian Far East]. In: *Stanovlenie i razvitie fitovirusologii na Dal'nem Vostoke Rossii* [Formation and development of phytovirology in the Russian Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2002, pp. 175–192. (In Russian)
 52. Reifman V.G., Romanova S.A. Primenenie slabopatogennogo shtamma Kh-virusa kartofelya v opytakh po zashchitnoi vaksinatсии [The use of a weakly pathogenic strain of potato X-virus in protective vaccination experiments]. *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya «Shtammy virusov rastenii», Vladivostok, 23–27 oktyabrya, 1975* [Proceedings of the All-Union Meeting "Plant virus strains", Vladivostok, October 23–27, 1975]. Vladivostok, 1975, pp. 146–154. (In Russian)
 53. Romanova S.A. Reifman V.G., Lesneva V.A. Vaccine strain of potato X-virus No. 2 used to protect potato plants. Copyright certificate No. 1169209, 1985. (In Russian)
 54. Gnutova R.V., Krylov A.V. Primenenie adsorbtsionnykh metodov serodiagnostiki i reaktsii svyazyvaniya komplementa pri izuchenii fitopatogennykh virusov [Application of adsorption methods of serodiagnostics and complement binding reactions in the study of phytopathogenic viruses]. In: *Virusnye bolezni rastenii Dal'nego Vostoka* [Viral diseases of plants of the Far East]. Vladivostok, 1973, pp.

99–107. (In Russian)

55. Gnutowa R.V., Krylov A.V. Comparative characteristics of the sensitivity of adsorption methods of serodiagnostics, complement binding reaction and indicator method. *Nauchnye doklady Vysshei shkoly. Biologicheskie nauki* [Scientific reports of the Higher School. Biological sciences]. 1975, no. 10, pp. 137–144. (In Russian)
56. Kakareka N.N., Tolkach V.F., Sapotsky M.V., Volkov Yu.G., Shchelkanov M.Yu. Insect vectors of viral diseases of potatoes in the Far East. In: *Chteniya pamyati Aleksey Ivanovich Kurentsova* [Readings in memory of Alexei Ivanovich Kurentsov]. 2019, no. 30, pp. 191–199. (In Russian) <https://www.doi.org/10.25221/kurentsov.30.18>
57. Krylov A.V. Rasteniya-indikatory dlya diagnostiki mozaichnykh virusov kartofelya [Indicator plants for the diagnosis of potato mosaic viruses]. In: *Virusnye bolezni sel'skokhozyaistvennykh rastenii Dal'nego Vostoka* [Viral diseases of agricultural plants of the Far East]. Vladivostok, 1971, pp. 54–128. (In Russian)
58. Reifman V.G., Krylov A.V., Stepanenko V.I., Kostin V.D. Vozbuditeli virusnykh boleznei kartofelya na Dal'nem Vostoke [Pathogens of viral potato diseases in the Far East]. In: *Virusnye bolezni sel'skokhozyaistvennykh rastenii Dal'nego Vostoka* [Viral diseases of agricultural plants of the Far East]. Vladivostok, 1971, pp. 31–49. (In Russian)
59. Artyukova E.V., Gorbulev V.G., Rodionova N.P. Comparative study of structural features and translation of potexvirus RNA. *Molekulyarnaya Biologiya* [Molecular Biology]. 1985, vol. 19, no. 4, pp. 1021–1027. (In Russian)
60. Artyukova E.V., Krylov A.B. Virusy gruppy Potexvirus [Viruses of the Potexvirus group]. In: *Fitovirusologicheskie issledovaniya na Dal'nem Vostoke* [Phytovirusological studies in the Far East]. Vladivostok, 1989, pp. 30–53. (In Russian)
61. Gnutowa R.V. Poluchenie antisыворотки к F-вирусу kartofelya [Obtaining antiserum to potato F-virus]. *Materialy Vsesoyuznoi konferentsii «Nekotorye voprosy biologii i meditsiny na Dal'nem*

- Vostoke»*. Vladivostok, 1968 [Proceedings of the All-Union Conference "Some issues of biology and medicine in the Far East"]. Vladivostok, 1968, pp. 10–12. (In Russian)
62. de Kock M.J.D., Slootweg G., Aanholt J.T.M., Lemmers M.E.C., Pham K.T.K., Dees R.H.L., Boer F.A., Hollinger T.C. Understand and combat groundbreaking spread of PIAMV and TVX. Lisse, The Netherlands: Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit, 2013, no. 1, pp. 1–13. (In Dutch)
63. Komatsu K., Yamashita K., Sugawara K., Verbeek M., Fujita N., Hanada K., Uehara-Ichiki T., Fuji S.I. Complete genome sequences of two highly divergent Japanese isolates of *Plantago asiatica* mosaic virus. *Archiv Virology*, 2017, vol. 162, no. 2, pp. 581–584. <https://www.doi.org/10.1007/s00705-016-3110-6>
64. Tanaka M., Verbeek M., Takehara M., Pham K., Lemmers M., Slootweg C., Arie T., Komatsu K. Differences in infectivity and pathogenicity of two *Plantago asiatica* mosaic virus isolates in lilies. *European Journal of Plant Pathology*, 2019, vol. 153, no. 3, pp. 813–823. <https://www.doi.org/10.1007/s10658-018-1594-5>
65. Solov'yev A.G., Novikov V.K., Merits A., Savenkov E.I., Zelenina D.A., Tyulkina L.G., Morozov S.Yu. Genome characterization and taxonomy of *Plantago asiatica* mosaic potexvirus. *Journal of General Virology*, 1994, vol. 75, no. 2, pp. 259–267. <https://www.doi.org/10.1099/0022-1317-75-2-259>
66. Dudas B., Woodfield D.R., Tong P.M., Nicholls M.F., Cousins G.R., Burgess R., White D.W.R., Beck D.L., Lough T.J., Forster R.L.S. Estimating the agronomic impact of white clover mosaic virus on white clover performance in the North Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1998, vol. 41, no. 2, pp. 171–178. <https://www.doi.org/10.1080/00288233.1998.9513300>
67. Guy P.L. Viruses of New Zealand pasture grasses and legumes: a review. *Crop and Pasture Science*, vol. 65, no. 9, pp. 841–853. <https://doi.org/10.1071/CP14017>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Валентина Ф. Толкач, Надежда Н. Какарека, Юрий Г. Волков и Михаил Ю. Щелканов разработали концепцию статьи, подготовили ее текст, подбирали научную литературу по тематике статьи и проводили ее анализ. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Valentina F. Tolkach, Nadezhda N. Kakareka, Yuriy G. Volkov and Mikhail Yu. Shchelkanov developed the concept of the article, prepared its text, selected scientific literature on the subject of the article and analysed it. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Валентина Ф. Толкач / Valentina F. Tolkach <https://orcid.org/0000-0002-1893-9580>
 Надежда Н. Какарека / Nadezhda N. Kakareka <https://orcid.org/0000-0002-2567-0452>
 Юрий Г. Волков / Yuriy G. Volkov <https://orcid.org/0000-0002-4631-1678>
 Михаил Ю. Щелканов / Mikhail Yu. Shchelkanov <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>



Опыт организации мониторинга вирусов диких животных, потенциально опасных для человека и сельскохозяйственных животных: организация сбора полевого материала

Александр Ю. Алексеев^{1,2}, Алимурад А. Гаджиев², Кирилл А. Шаршов¹, Марина А. Гуляева¹,
Алина Д. Мацвай³, Герман А. Шипулин³, Александр М. Шестопалов¹

¹НИИ вирусологии, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Москва, Россия

Контактное лицо

Александр Ю. Алексеев, кандидат биологических наук, доцент, руководитель лаборатории экспериментальной биологии патогенных микроорганизмов, НИИ вирусологии, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины; 630060 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2.
Тел. +73832749423
Email ayalekseev@frcftm.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

Формат цитирования

Алексеев А.Ю., Гаджиев А.А., Шаршов К.А., Гуляева М.А., Мацвай А.Д., Шипулин Г.А., Шестопалов А.М. Опыт организации мониторинга вирусов диких животных, потенциально опасных для человека и сельскохозяйственных животных: организация сбора полевого материала // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 25-36.
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-2

Получена 29 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 17 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель. Дикие животные представляют собой важный природный резервуар для опасных вирусов. Их миграция и взаимодействие с домашними или сельскохозяйственными животными и человеком, создают условия для передачи и распространения зоонозных инфекций. Это подчеркивает важность и необходимость мониторинга и исследований в этой области для предотвращения потенциальных вспышек заболеваний человека и животных. В связи с этим встает важный вопрос, как правильно организовать сбор образцов от диких животных, поскольку это первый и наиболее важный этап мониторинга за патогенами и в зависимости от его оптимального выполнения мы получим в дальнейшем адекватные результаты о вирусных патогенах, заносимых или циркулирующих на исследуемой территории.

В данной аналитической работе мы постарались обобщить наш двадцатипятилетний опыт изучения вирусных патогенов у диких животных практически на всей территории России.

Обоснован выбор ключевых мест сбора образцов (локаций) для мониторинга за зоонозными инфекциями у летучих мышей и птиц. Определены периоды для основного сбора образцов, в зависимости от региона. Описаны критерии выбора списка видов птиц и летучих мышей и количества отбираемых образцов.

Сбор полевого материала от объектов живой природы является базовой и очень важной для мониторинговых исследований по циркуляции вирусных патогенов у диких животных задачей. Неправильный сбор может привести к ошибочным результатам и соответственно к неправильным выводам о наличии потенциально опасных вирусов на обследуемой территории.

Ключевые слова

Вирусы диких животных, мониторинг, птицы, летучие мыши, сбор материала.

Experience in organizing monitoring of wild animal viruses potentially dangerous to humans and farm animals: The specifics of organization of field material sampling

Alexander Yu. Alekseev^{1,2}, Alimurad A. Gadzhiev², Kirill A. Sharshov¹, Marina A. Gulyaeva¹, Alina D. Matsvay³, German A. Shipulin³ and Alexander M. Shestopalov¹

¹Research Institute of Virology, Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Centre for Strategic Planning, Federal Medical and Biological agency, Moscow, Russia

Principal contact

Alexander Yu. Alekseev, PhD, Associate Professor, Head, Laboratory of Experimental Biology of Pathogenic Microorganisms, Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine; 2 Timakova St., Novosibirsk, Russia 630060.
Tel. +73832749423
Email avalekseev@frcftm.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

How to cite this article

Alekseev A.Yu., Gadzhiev A.A., Sharshov K.A., Gulyaeva M.A., Matsvay A.D., Shipulin G.A., Shestopalov A.M. Experience in organizing monitoring of wild animal viruses potentially dangerous to humans and farm animals: The specifics of organization of field material sampling. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):25-36. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-2

Received 29 May 2025

Revised 17 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. Wild animals serve as an important natural reservoir for dangerous viruses. Their migration and interaction with domestic or farm animals and also humans may create conditions for the transmission and spreading of zoonotic infections. This emphasises the importance and necessity of monitoring and research in this area for potential outbreaks of human and animal diseases for prevention. In this regard, an important question arises of how to organize properly the sampling from wild animals. This is the first and the most important stage of monitoring for pathogens and, depending on its optimal implementation, we will subsequently receive adequate results on viral pathogens introduced or circulating in the study area.

In this analytical work, we tried to summarise our twenty-five years of experience in studying viral pathogens in wild animals throughout almost the entire territory of Russia.

The choice of key sampling sites (locations) for monitoring zoonotic infections in bats and birds is substantiated. Depending on the region, the periods for the principal sampling activities are determined. The criteria for selecting a list of bird and bat species and the number of collecting samples are described.

Collection of field material from wildlife is a basic and very important task for monitoring the circulation of viral pathogens in wild animals. Inadequate collection methods can lead to erroneous results and, accordingly, to erroneous conclusions about the presence of potentially dangerous viruses in the surveyed area surveyed.

Key Words

Wild animal viruses, surveillance, birds, bats, sampling.

ВВЕДЕНИЕ

Дикие животные представляют собой важный природный резервуар для опасных вирусов. Их миграция и взаимодействие с домашними животными и человеком, создают условия для передачи и распространения зоонозных инфекций [1–4]. Это подчеркивает важность и необходимость мониторинга и исследований в этой области для предотвращения потенциальных вспышек заболеваний человека и сельскохозяйственных животных. Считается, что 75 % всех возникающих инфекционных заболеваний человека происходят от животных. В связи с этим встает важный вопрос, как правильно организовать сбор образцов от диких животных, поскольку это первый и наиболее важный этап мониторинга за патогенами и в зависимости от его оптимального выполнения мы получим в дальнейшем адекватные результаты о вирусных патогенах, заносимых или циркулирующих на исследуемой территории [5; 6].

Поскольку наибольшую опасность представляют животные, совершающие большие миграции и в связи с этим способные переносить вирусы на большие расстояния в не эндемичные регионы, основное внимание нами было уделено организации мониторинга за вирусами, природными резервуарами которых являются рукокрылые [7; 8] и птицы [9–11].

Учитывая, что не реально проверить на наличие вирусов всех мигрирующих животных – их возможно сотни миллионов, встает важная практическая задача о условной «достаточности» таких исследований, которые могут дать достоверную информацию о вирусах, заносимых во время миграций на территорию Российской Федерации. Учитывая огромные размеры территории России первым и важным встает вопрос о местах наблюдения (сбора образцов). Не менее важный и трудный вопрос – достоверность выборки: сколько летучих мышей или птиц обследовать в каждой точке наблюдения. В данной публикации мы приводим результаты нашего опыта мониторинговых исследований вирусов, переносчиками которых являются рукокрылые и птицы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Рукокрылые как природный резервуар

Рукокрылые (а применительно к территории России только летучие мыши) являются природным резервуаром огромного количества вирусов, опасных для человека и сельскохозяйственных животных. Наиболее известные среди них – это конечно вирус Эбола, но кроме этого – вирус Нипах, вирус бешенства, парамиксовирусы, коронавирусы и многие другие [12]. На территории Российской Федерации обитает около 50 видов летучих мышей, наибольшее видовое разнообразие которых отмечается на пограничных территориях (Причерноморье, Северный Кавказ, Южная Сибирь, Приморье).

Черноморский регион – это один из важных центров разнообразия летучих мышей в Палеарктике. В Черноморском регионе проходят важнейшие зоогеографические рубежи, и прежде всего – граница между Средиземноморской и Европейской подобластями Палеарктики, являющаяся северной границей субтропического Черноморья и прилегающих территорий. Описываемый регион окружают горные леса Крыма, Балкан, Кавказа и Малой Азии, в которые

проникают многие виды, встречающиеся на субтропическом побережье. Степи отделяют изолированную часть ареала европейских видов летучих мышей Черноморье от остальной части ареала. В субтропических районах Черноморья и прилегающих территориях зарегистрированы около 35 видов рукокрылых [13].

Кавказ является границей Европы и Азии и одновременно местом обитания многих мигрирующих видов летучих мышей. На территории восточной части Кавказа – Республике Дагестан обитает 26 видов рукокрылых, что составляет 54 % от хироптерофауны России [14]. Это один из самых высоких показателей разнообразия в стране. Пять обитающих здесь видов представлены в Российской Федерации только на Кавказе. Этот регион Российской Федерации граничит с южной стороны через Кавказские горы с территорией Грузии, вдоль Каспийского моря, по восточной стороне Кавказских гор идет граница с Азербайджаном и Ираном, а по морской границе с Казахстаном и Туркменистаном.

Далее на Восток – на южном Урале обитает 13 видов летучих мышей, относящихся к 6 родам одного семейства. По характеру пребывания в регионе 6 вида рукокрылых относятся к группе перелетных, встречающихся на Южном Урале только в весенне-осенний период, а 7 видов – к группе оседлых, постоянно обитающих на Южном Урале [15].

Сибирь и Дальний Восток отличаются низкой степенью сельскохозяйственного освоения и низкой заселенностью. Крупные агломерации городов, поселков и мелких населенных пунктов в основном сосредоточены вдоль южной границы. Там же сосредоточены соответственно и основные хозяйства по разведению и содержанию сельскохозяйственных животных. Места обитания летучих мышей на этой территории, начиная от Урала и заканчивая Дальним Востоком слабо изучены. Так на территории юга Западной Сибири известно 13 видов летучих мышей. Все они не образуют больших колоний. Как минимум 4 вида являются перелетными, а для двух этот регион является самым северным местом обитания [16]. На сегодняшний день на юге Восточной Сибири зарегистрировано 11 видов рукокрылых, общая численность этих животных на такой обширной территории оценивается примерно в 100 тысяч особей [17]. Это несколько видов ночниц, два вида кожанков, ушаны, большие трубконосы и северные кожанки.

В Приморском крае и на южных курильских островах обитает по 15 видов рукокрылых из 18 видов, достоверно обитающих на Дальнем Востоке России [18]. Находки многих редких видов рукокрылых известны в России только на территории Кунашира или юге Приморского края России в силу того, что на данных территориях проходят северные границы ареалов многих южных видов, обитающих в Китае и Корее. Кроме того, часть перелетных видов рукокрылых присутствует на юге Дальнего Востока России только в летний период времени, вероятно, откочевывая на зимовку в соседние страны: Китай, КНДР, Южную Корею, Японию. Все это делает южную границу Сибири и Дальнего Востока перспективной и в плане вирусологических исследований, включая трансграничный мониторинг зоонозных инфекций.

Исторически сложилось два подхода к сбору материала. Большинство исследований в мировой практике проводится в соответствии с протоколами отбора прижизненных проб (кровь, выделения, фекалии, разные мазки и т.п.), рекомендованных Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций [19]. Другие протоколы связаны с умерщвлением летучих мышей и отбором внутренних органов [20], что часто невозможно ввиду природоохранного статуса животных. Выполнено и опубликовано множество успешных научных мониторинговых работ с использованием материалов, взятие которых не наносит вреда для жизни летучих мышей.

Время сбора прижизненного материала (фекалии) от летучих мышей ограничено временем их активной жизни – летним периодом. В зимний период животные или мигрируют в южные регионы или впадают в спячку, что затрудняет сбор материала. Весенний период сбора также затруднен нежелательностью отлова и нанесения вреда животным во время беременности, рождения детенышей и начального их вскармливания.

Летний и начально-осенний периоды являются оптимальными для сбора материала, так как не только взрослые животные, но уже и молодые подростки

особи совершают вылеты и кормление, что позволяет их отловить и собрать требуемый материал. Возможен отлов животных в местах их дневных убежищ. В поздний осенний период сокращается лет насекомых – источника пищи для летучих мышей, и они начинают готовиться к спячке или мигрируют, что также уменьшает шансы на получение достаточного полевого материала для вирусологических исследований [21].

В настоящее время нет полной информации о миграционных путях летучих мышей на Евразийском континенте и поэтому трудно точно определить маршруты залетов мышей с приграничных территорий в Российскую Федерацию. Информация об этом постепенно накапливается, также, как и информация о вирусах у летучих мышей [22].

Таким образом, учитывая, что летучие мыши в основном обитают в южных районах России, мы остановились на некоторых приграничных территориях Российской Федерации, потенциально важных для изучения вирусов у летучих мышей. Это российское Причерноморье (в том числе Западный Кавказ), Восточный Кавказ, Южный Урал, Юг Западной и Восточной Сибири, юг Дальнего Востока (Хабаровский и Приморский края, Еврейский АО, Сахалинская область) (рис. 1).

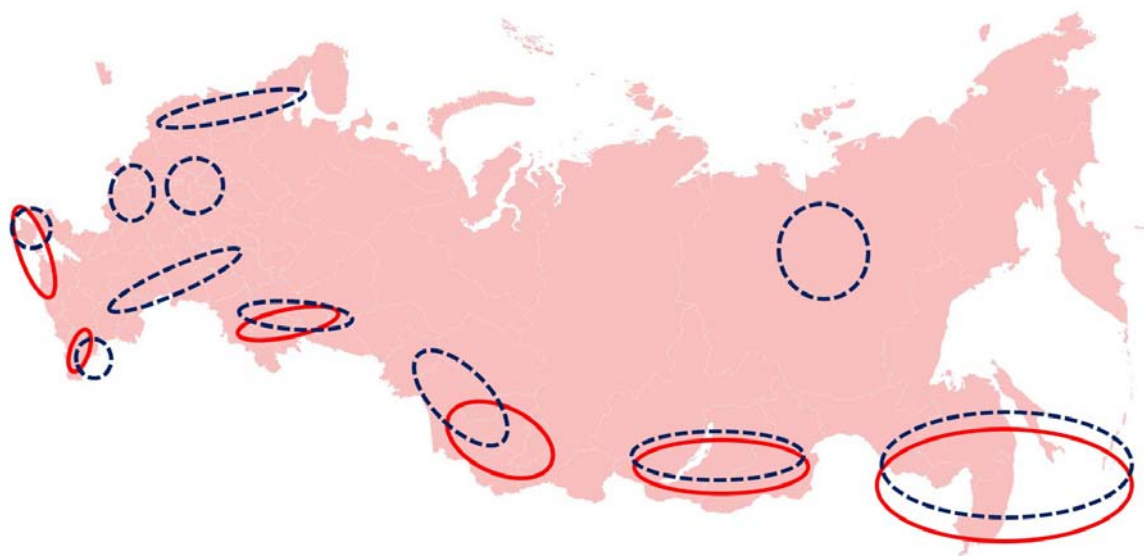


Рисунок 1. Точки для наблюдения и сбора материала в рамках мониторинга за вирусами, переносимыми летучими мышами и птицами на территории РФ (сплошная линия – районы для летучих мышей, пунктирная линия – районы для водоплавающих птиц)

Figure 1. Observation and material collection points in bat and bird viruses monitoring framework of the Russian Federation (solid line for bat areas; dotted line for waterbird areas)

Птицы как природный резервуар вирусов

Важным природным резервуаром и переносчиком различных вирусов опасных для человека сельскохозяйственных животных являются птицы. Они являются природным резервуаром таких опасных вирусов как вирус гриппа, вируса Западного Нила, вируса болезни Ньюкасла, вируса Сент-Луис и многих других [23]. Огромное количество птиц является дальними мигрантами и два раза в год совершают большие перелеты с севера на юг и обратно. Их миграция и взаимодействие с другими видами, включая домашних животных и человека, создают условия для

передачи и распространения зоонозных вирусов, что подчеркивает необходимость мониторинга и исследований вирусносительства у диких птиц для контроля и предотвращения потенциальных вспышек заболеваний человека и сельскохозяйственных [24].

Существуют примеры сопоставимых программ мониторинга за рубежом. Европейский союз с 2005 года поддерживает обязательный мониторинг AIV у диких птиц; обобщения по данным 2006–2007 гг. показали эффективность комбинированного активного и пассивного надзора [25; 26]. В Германии и странах ЦА/Европы апробированы модели «сентинельных» уток

и точечной активной выборки на ключевых узлах пролёта [27]. Международные обзоры подчёркивают необходимость устойчивых, риск-ориентированных схем отбора и прицельного поиска генетического разнообразия вирусов [28; 29].

О путях миграции птиц известно достаточно много: через территорию Российской Федерации

проходят пять основных миграционных путей птиц: Восточно-Атлантический, Черноморский-Средиземноморский, Евразийский-Восточноафриканский, Центрально-Азиатский и Восточноазиатский-Австралийский (рис. 2).

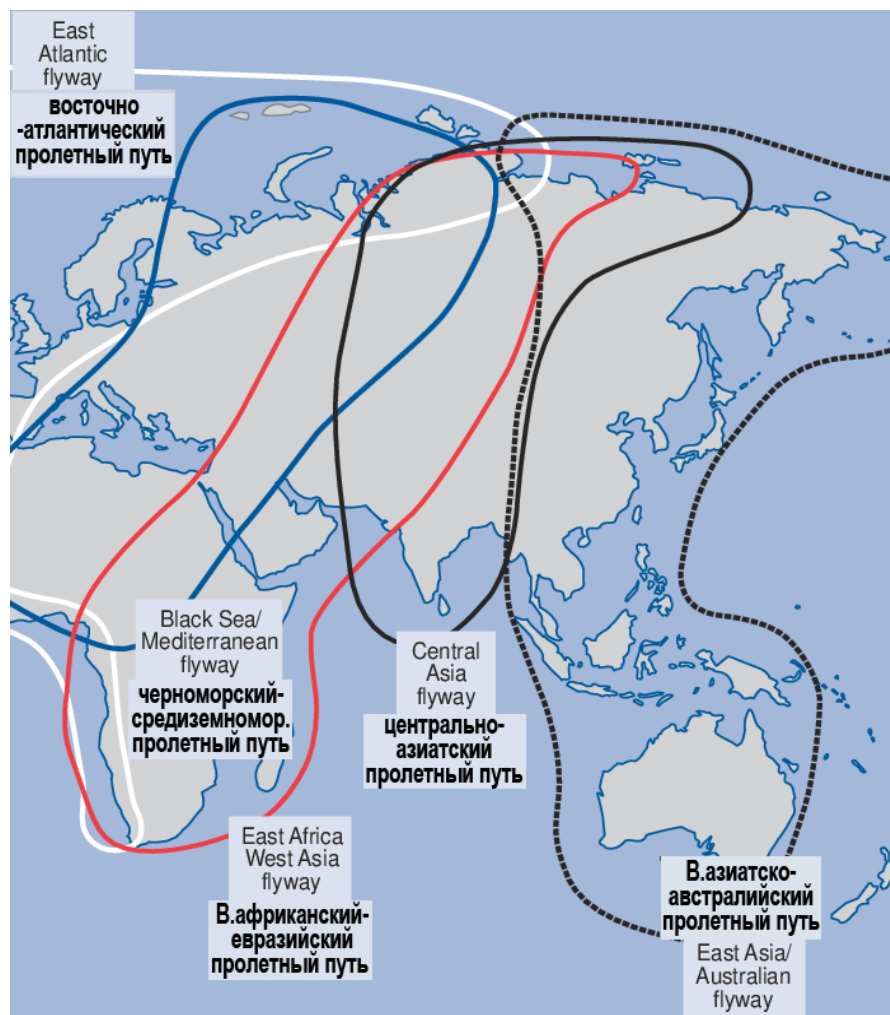


Рисунок 2. Основные мировые миграционные пути перелетных птиц по территории России. Источник: [30].

Figure 2. The main global migration routes (flyway) of migratory birds on Russian territory. Source: [30].

И по каждому из этих миграционных путей два раза в год миллионы птиц мигрируют на огромные расстояния. Учитывая, что птицы являются природным резервуаром многих опасных вирусов, контроль за их перелетом и мониторинг патогенов, переносимых птицами, является важной задачей биобезопасности территории Российской Федерации.

Исходя из имеющейся информации, мы считаем, что территорию Российской Федерации можно условно разделить на 11 основных зон контроля за заносом вирусов при миграции птиц.

Огромное значение имеют четыре европейских региона:

1. Северо-Западный регион России, включающий в себя Карелию, Ленинградскую, Псковскую, Новгородскую и Калининградскую области.
2. Юго-западный регион России (Белгородская, Орловская, Воронежская и др. области).
3. Центральная Россия (условно Тульская, Московская, Рязанская и другие области).

4. Республика Крым.

Для этих четырех регионов России важными являются Черноморский-Средиземноморский и Западноазиатский-Восточноафриканский пролетные пути, которые связывают эту огромную территорию со странами Европы и Африки [30].

5. Следующим пятым важным регионом для сбора материала от птиц мы считаем Западный Каспий и Восточный Кавказ. Этот регион представляет собой уникальную экосистему с разнообразной фауной птиц и сложными миграционными процессами. Только на территории Республики Дагестан зарегистрировано более 300 видов птиц, что делает ее одной из самых богатых по биоразнообразию в России. Для данной локализации важными являются Черноморский-Средиземноморский, Западноазиатский-Восточноафриканский, и что важно Центрально-Азиатский пролетные пути диких мигрирующих птиц который связывает этот регион с Сибирью и Центральноазиатскими странами [31].

6. Шестой регион – Поволжье (Татарстан, Башкирия, Нижегородская область) географически такие значимые системы как Волга–Кама и Каспийская дельта. Поволжье – один из ключевых узлов миграций водоплавающих и околоводных птиц между Сибирью, Каспием и Черноморско-Средиземноморским бассейном: здесь сходятся Центрально-азиатский и Черноморско-Средиземноморский пролетные пути, а Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги обеспечивают массовые сезонные концентрации птиц [32; 33].

Для мониторинга вирусов у диких птиц регион приоритетен по двум причинам: (i) регулярное наличие крупных смешанных скоплений гусей и лебедей, утиных и чаек/крачек на пролете и линьке, что повышает вероятность межвидового обмена вирусами; (ii) прямая связность с путями заноса высокопатогенных H5-вирусов по линии Западная Сибирь—Каспий—Черное море—Средиземноморье [30; 34]

Рекомендуемые точки отбора материала (птицы и среда): 1) дельта Волги (Астраханская область: ерики, «плавни», иловые острова) – фекальные пробы, смывы с субстратов стоянок, отбор воды/донных отложений на местах концентраций Anatidae и Laridae; 2) Куйбышевское и Саратовское водохранилища (Самарская, Саратовская области) – места ночёвок чаек и отмели осенних скоплений утиных; 3) Нижнекамское водохранилище и устье Камы (Республика Татарстан) – песчаные косы и острова дневных стоянок; 4) зимующие скопления на незамерзающих участках ниже ГЭС [35; 36].

7. Седьмой регион – Юг Урала (Челябинская область, Оренбургская область). Южный Урал – транзитная «перемычка» между Западной Сибирью, Поволжьем и Казахстанскими степями, входящая в Центрально-азиатский пролетный путь; вдоль долины р. Урал и системы степных озёр формируются крупные остановки водоплавающих. Ниже по течению, в пределах Казахстана, дельта р. Урал – международно значимое водно-болотное угодье. Юг Урала, включая Челябинскую и Оренбургскую области, характеризуется степными ландшафтами, которые являются местом обитания для многих мигрирующих видов птиц. Миграции следуют в основном по оси северо-восток – юго-запад, с пересечением Центрально-Азиатского и Западноазиатского-Восточноафриканского пролетных путей. Это делает регион ключевым для мониторинга, поскольку он соединяет европейскую и азиатскую части континента, способствуя обмену патогенами [37].

Для вирусологического мониторинга это комбинация мест интенсивного межвидового контакта водоплавающих (стоянки и линьки утиных/гусей) и присутствия разнообразной хищно-насекомоядной орнитофауны, способной переносить вирусы на большие расстояния; риск заноса H5-вирусов подтверждён многолетними наблюдениями в евразийских пролетных путях [30].

Рекомендуемые точки отбора материала (птицы и среда): 1) верхняя и средняя долина р. Урал (районы Оренбурга, Орска) – песчано-илистые отмели и заплавы; 2) озёрные системы Челябинского Зауралья (в т.ч. Чебаркуль, Увильды, Куяш) – осенние скопления утиных и чаек; 3) пойма р. Белая и водохранилища Башкортостана – дневные стоянки и места ночёвок. Временные окна: август–октябрь (осенний пролёт, линька), апрель–май (весенний пролёт). Для незамерзающих участков – точечный зимний контроль.

8. Юг Западной Сибири представляет собой важный регион для миграции птиц и изучения их фауны. Юг Западной Сибири пересекают три перелетных пути (Черноморский-Средиземноморский, Западноазиатский-Восточноафриканский, Центрально-азиатский) основным из которых является Центрально-Азиатский. Разнообразные биотопы региона обеспечивают необходимые ресурсы для мигрирующих птиц, включая доступ к воде и корму. Водные пути, такие как реки Оба и Иртыш, служат естественными ориентирами для миграции. Исследования миграций показывают, что водоплавающие птицы гнездящиеся здесь совершают перелеты от Исландии до Японских островов [38]. При массовых скоплениях возникают контакты птиц разных видов и популяций, что создает благоприятные условия для распространения различных вирусных и инфекционных заболеваний [39].

9. Забайкалье, включая Республику Бурятия, представляет собой еще один важный регион, который характеризуется разнообразием экосистем и является ключевым пунктом на миграционных маршрутах птиц в Восточной Сибири, что делает его важным как для орнитологических, так и для вирусологических исследований. Птицы из Забайкалья следуют на зимовку в основном в центральные и южные районы Монголии и Китая [40]. Исследования показывают, что многие водоплавающие птицы на зиму также мигрируют в Корею, Вьетнам и другие страны Юго-Восточной Азии. Для данной локации важными являются Центрально-азиатский и Восточноазиатский-Австралийский пролетные пути.

10. Центральная Якутия (Республика Саха-Якутия). Подавляющее большинство видов, составляющих орнитофауну Якутии, представлено мигрирующими птицами. Якутия включает территории гнездования не менее 30 млн. птиц, в том числе около 6 млн. уток, 1,5 млн. чаек, 200 тыс. гусей, 40 тыс. лебедей [41]. Здесь сосредоточено 70–99 % мировых популяций стерха, розовой чайки *Rhodostethia rosea* и других. В последние 70 лет состав орнитологической фауны Якутии пополнилась более чем 70 видами, включая 37 видов, имеющих статус залетных. В настоящее время здесь насчитывается более 320 видов из 20 отрядов. Миграции птиц, гнездящихся на территории Якутии, приходится в основном по Восточноазиатско–Австралоазиатскому пролетному пути, который здесь соприкасается также с Восточноафриканским-Западноазиатским и Центрально-Азиатским пролетными путями птиц [30]. Миграционные пути более 50 млн. особей водно-болотных видов птиц с территориями зимовок преимущественно в Юго-Восточной Азии и Австралии, а также на Североамериканском и Африканском континентах, создают условия для распространения многих инфекционных заболеваний, переносимых птицами.

11. Дальний Восток. В этом регионе зарегистрировано более 300 видов птиц. Среди них как местные, так и мигрирующие виды. Основная масса мигрирующих птиц совершает перелеты в страны Юго-Восточной Азии, включая Китай и Японию. Некоторые виды, такие как черные журавли и даурские журавли, могут лететь в Австралию или даже в Новую Зеландию. Для данной локации основным являющимся Восточноазиатский-Австралийский пролетный путь [42].

Таким образом, выбор ключевых мест сбора образцов (локаций) для мониторинга за зоонозными

инфекциями у летучих мышей и птиц включает в себя несколько соображений, направленных на максимальное выявление и понимание механизмов циркуляции вирусов. При создании нашей карты-схемы локаций для сбора образцов мы учитывали следующие ключевые факторы, важные для мониторинга [5; 6]:

1. География сбора: целесообразно наблюдение в приграничных районах, эндемичных по различным зоонозным инфекциям, с целью прогноза заноса новых вирусных патогенов на территорию России во время миграций.

2. Пути перелета: определение основных путей миграции имеет решающее значение. Эти пути пролета связаны с повышенным риском заноса вирусов из мест, где они уже вызвали вспышки тех или иных зоонозных инфекций.

3. Территории максимального контакта различных видов диких, домашних животных и человека. Районы, где мигрирующие птицы и летучие мыши контактируют с домашними животными, и регионы с высоким производством сельхозпродукции, имеют важное значение для наблюдения. Эти районы часто являются местами реассортации вирусов гриппа и их вторичного распространения.

4. Сезонные особенности: усилия по мониторингу должны учитывать сезоны размножения и миграции, когда дикие птицы и/или летучие мыши наиболее активны. Это время имеет решающее значение для определения пиковой распространенности вируса и понимания динамики его распространения. Так, для большинства водоплавающих птиц-резервуаров патогенных вирусов (гусеобразные, ржанкообразные), зимний период не актуален, поскольку они улетают в зимовочные ареалы, и численность их в РФ практически нулевая.

5. Доступность инфраструктуры и возможности сотрудничества: наличие биологических стационаров, любой доступной инфраструктуры для оптимального сбора, хранения и транспортировки образцов. Взаимодействие с региональными организациями может улучшить сбор данных и распределение ресурсов при проведении мониторинга. Скоординированные усилия могут быть сосредоточены на нескольких целевых объектах, которые известны высоким вирусным разнообразием, тем самым повышая эффективность программ мониторинга [43].

Таким образом, по нашему мнению, имеется следующие факторы, которые мы в дальнейшем обозначили как «критерии», которые представляются наиболее важными при организации мониторинга за вирусами диких животных:

- 1) выбор места сбора,
- 2) выбор оптимального времени сбора,
- 3) выбор наиболее важных видов животных, носителей вирусов,
- 4) определение достаточного количества собираемых образцов,
- 5) квалификация и подготовка специалиста по сбору полевых образцов.

1. Критерии «Место сбора»

Для выбора мест сбора материала в различных географических регионах учитывали следующие параметры [5; 6]:

1.1 *Широкая географическая представленность* – места в разных регионах и природных

зонах, отдаленность. В рамках мониторинга следует уделять приоритетное внимание районам в северных широтах, где в целом по результатам многолетних исследований разнообразие зоонозных вирусов наиболее велико. Также целесообразно наблюдение в приграничных районах, со странами эндемичными по различным зоонозным инфекциям.

1.2 *Максимальное разнообразие видов.*

1.3 *Максимальная численность и плотность особей (наличие мест концентрации, пункты остановки мигрантов на отдых, наличие водно-болотных угодий и водоемов для мигрирующих птиц; наличие пещер, местобитаний для летучих мышей и др.).*

1.4 *Связь с пролетными путями для мигрирующих птиц (Восточно-Атлантический, Черноморский-Средиземноморский, Западноазиатский-Восточноафриканский, Центрально-азиатский и Восточноазиатский-Австралийский).*

1.5 *Близость крупных животноводческих сельхозпредприятий.* Территории максимального экологического взаимодействия видов диких и домашних животных и человека.

1.6 *Близость населённых пунктов, близость к человеку (синантропизм животных).*

1.7 *Доступность логистики/инфраструктуры* в месте сбора и возможности сотрудничества «на местах»: наличие биологических стационаров, любой доступной инфраструктуры для оптимального сбора, хранения и транспортировки образцов [44].

2. Критерий «Время сбора»

Для определения сбора материала в различных географических регионах учитывали следующие параметры:

2.1 *Время/сезон максимальной численности и плотности особей* целевых видов (окончание сезона размножения, концентрация мигрантов, линька и пр.).

2.2 *Время сезонных миграций и локальных перемещений* (особенно диких птиц и летучих мышей).

2.3 *Официальные периоды охоты*, ежегодно утверждаемые разрешенные даты охоты в соответствии с законодательством РФ в отношении тех видов, которые входят в список целевых для мониторинга.

Исходя из приведенных критериев/факторов, мы определили следующие периоды для основного сбора образцов, в зависимости от региона:

- 15 апреля – 15 июня и 15 августа – 30 ноября для птиц

- 1 марта – 30 апреля и 30 июля – 30 сентября для летучих мышей

3. Критерии «Целевые виды»

Для определения списка целевых видов для сбора материала в различных географических регионах учитывали следующие параметры:

3.1 *Встречаемость/массовость вида.*

3.2 *Вовлеченность вида в циркуляцию вирусов (по собственным данным и данным литературных источников).*

3.3 *Приуроченность вида к различным миграционным путям, описанные паттерны миграций (пункт 1.4).*

3.4 *Доступность вида для отлова/добычи.*

3.5 *Наличие разрешений на изъятие/добычу вида.*

При проведении мониторинга вируса гриппа среди диких птиц важно выбирать определенные виды, которые являются основными резервуарами вируса и могут поддерживать циркуляцию вируса в экосистеме без значительного ущерба своему здоровью [45].

Так, для азиатских локаций сбора наиболее целесообразно делать акцент на перелетных видах утиных и водно-болотных птиц, среди которых основными видами являются кряква, чирок-свистунок, чирок-трескунок, свиязь, шилохвость, широконоска. Для дальневосточной локации основные мигрирующие виды – это клектун, черная кряква, красноголовый нырок.

Таким образом, исходя из приведенных критериев/факторов, следует обосновать и определить список видов диких птиц и летучих мышей для сбора образцов, в зависимости от места сбора.

4. Критерии «Количество образцов»

Для определения количества образцов материала в различных точках сбора мы считаем, что следуют учитывать следующие параметры:

4.1 *Репрезентативность для статистической обработки.*

4.2 *Процент выявления у данных видов животных вирусов (по данным литературных источников и собственным исследованиям), для создания статистически достоверной выборки.* Например, исходя из наших предыдущих исследований по изучению циркуляции вирусов гриппа у перелетных птиц водного и околводного комплекса, вирус гриппа выделяется у 3–10 % особей (в среднем около 7 %). Для обеспечения репрезентативности выборки рекомендуется, чтобы материал для мониторинга отбирался у той численности животных, которая позволит выявить циркуляцию вируса при инфицировании изучаемого вида. Исходя из нашего опыта, мы рекомендуем проводить сбор материала от десятикратного количества животных, относительно процента выявления вирусов.

4.3 *Численность диких животных и количество различных видов в конкретной точке.*

4.4 *Внешнее состояние животных в популяции (худоба, вши, клещи), наличие клинических признаков заболевания у животных.*

4.5 *Минимальное количество образцов для исследования должно быть достаточным для обеспечения статистической значимости и репрезентативности данных о распространении вирусов.*

4.6 *Ограничение на отлов/добычу.*

Исходя из приведенных выше критериев для эффективного мониторинга и изучения вирусов диких птиц и/или летучих мышей из одной локации требуется собирать материал не менее чем от 10 животных каждого вида.

Для летучих мышей в среднем в каждой локации встречается до 10–13 видов. Таким образом, в каждой локации требуется собирать материал от 100 до 130 летучих мышей.

Для птиц – исходя из ранее полученных результатов, материал от не менее 10 особей основных

мигрирующих видов для данной территории. Учитывая, что количество основных видов для каждого региона колеблется от 5 до 10 видов и с учетом 10 % количества положительного на наличие вирусов материала, в каждой локации требуется собирать материал не менее чем от 100 птиц.

При наличии подозрений на заболевание (грипп птиц или другое), обнаруживая внезапной гибели, следует собирать образцы патологического материала от 5–10 трупов или клоакальные мазки от 10–15 особей. Образцы отбираются индивидуально с фиксацией вида животного, от которого они взяты.

Исходя из опыта нашей предыдущей работы необходимо отбирать не менее 100 образцов из одной локации в течение одного сезона – годовой сбор может варьировать от 100 до 400 образцов.

5. Критерии «Специалист по сбору полевых образцов»

5.1 *Образцы материала от диких животных собирает специалист – зоолог, имеющий опыт экспедиционной работы и опыт определения вида животного в полевых условиях.*

5.2 *В случае отсутствия подобного специалиста (орнитолог, хироптеролог и т.д.) сбор образцов материала от диких животных проводит специально обученный/проинструктированный сотрудник. Для точного определения вида животного он фотографирует каждую особь (животное) для дальнейшего определения его биологического вида специалистом.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведение сбора полевого материала от объектов живой природы является базовой и очень важной для мониторинговых исследований по циркуляции вирусных патогенов у диких животных задачей. Неправильный сбор полевого материала может привести к ошибочным результатам и соответственно к неправильным выводам о наличии потенциально опасных вирусов на обследуемой территории. Наш опыт, а это двадцатипятилетний опыт изучения вирусных патогенов у диких животных практически на всей территории России, мы постарались обобщить в данной аналитической работе. Естественно, это не догма и каждая исследовательская команда может иметь свой алгоритм сбора первичного материала от диких животных. Возможно, что мы не учли все необходимые критерии для сбора первичного материала, а некоторые из приведенных нами будут в дальнейшем уточнены и расширены. Но, учитывая постоянно меняющуюся экологическую и климатическую обстановку в мире, и в том числе на территории Российской Федерации, важным остается необходимость проведения постоянного системного мониторинга за появлением и распространением новых и активизацией старых вирусных патогенов в дикой природе.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Аналитические работы, связанные с птицами выполнены в рамках гранта Российского научного фонда № 23-44-00026. Аналитические работы, связанные с летучими мышами выполнены в рамках Государственного задания 125031903984-1 Министерства науки и высшего образования РФ.

ACKNOWLEDGMENT

The analytical work related to birds was carried out with the support of the Russian Science Foundation, scientific project No. 23-44-00026. The analytical work relating to bats was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, State Assignment 125031903984-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Львов Д.К., Ильичев В.Д. Миграции птиц и перенос возбудителей инфекции: (Экол.-геогр. связи птиц с возбудителями инфекции). Москва: Наука, 1979. 270 с.
2. Daszak P., Cunningham A.A., Hyatt A.D. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife // *Acta Tropica*. 2001. V. 78. Iss. 2. P. 103–116. [https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(00\)00179-0](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(00)00179-0)
3. Daszak P., Epstein J.H., Kilpatrick A.M., Aguirre A.A., Karesh W.B., Cunningham A.A. Collaborative research approaches to the role of wildlife in zoonotic disease emergence // *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 2007. V. 315. P. 463–475. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70962-6_18
4. Шестопалов А.М., Алексеев А.Ю., Глухов В.В., Воевода М.И. Миграции диких животных как потенциальная угроза заноса новых вирусов на территорию России // *Вестник РАН*. 2022. Т. 92. N 8. С. 766–774. <https://doi.org/10.1134/S1019331622040220>
5. Taylor L.H., Latham S.M., Woolhouse M.E.J. Risk factors for human disease emergence // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2001. V. 356 (1411). P. 983–989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0888>
6. Jones K.E., Patel N.G., Levy M., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L., Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases // *Nature*. 2008. V. 451(7181). P. 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
7. Schatz J., Fooks A.R., McElhinney L., Horton D., Echevarria J., Vázquez-Moron S., Kooi E.A., Rasmussen T.B., Müller T., Freuling C.M. Bat rabies surveillance in Europe // *Zoonoses and Public Health*. 2013. V. 60(1). P. 22–34. <https://doi.org/10.1111/zph.12002>
8. Latinne A., Hu B., Olival K.J., Zhu G., Zhang L.-B., Li H., Chmura A.A., Field H.E., Zambrana-Torrel C., Epstein J.H., Li B., Zhang W., Wang L.-F., Shi Z.-L., Daszak P. Origin and cross-species transmission of bat coronaviruses in China // *Nature Communications*. 2024. V. 15. Article number: 10705. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-55384-7>
9. Olsen B., Munster V.J., Wallensten A., Waldenström J., Osterhaus A.D.M.E., Fouchier R.A.M. Global patterns of influenza A virus in wild birds // *Science*. 2006. V. 312(5772). P. 384–388. <https://doi.org/10.1126/science.1122438>
10. Hesterberg U., Harris K., Stroud D.A., Guberti V., Busani L., Pittman M., Piazza V., Cook A., Brown I. Avian influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006 // *Influenza and Other Respiratory Viruses*. 2009. V. 3(6). P. 271–279. <https://doi.org/10.1111/j.1750-2659.2008.00058.x>
11. Pannwitz G., Wolf C., Harder T. Active surveillance for avian influenza virus infection in wild birds by analysis of hunter-harvested specimens in Germany, 2006–2008 // *Journal of Wildlife Diseases*. 2009. V. 45(2). P. 421–426. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.2.421>
12. Han H.J., Wen H.L., Zhou C.M., Chen F.F., Luo L.M., Liu J.W., Yu X.J. Bats as reservoirs of severe emerging infectious diseases // *Virus Research*. 2015. V. 205. Iss. 2. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.05.006>
13. Иваницкий А.Н., Алексеев А.Ю. Распространение рукокрылых в субтропических районах Черноморья и прилегающих территориях // *Юг России: экология, развитие*. 2023. Т. 18. N 4. С. 8–30. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-4-8-30>
14. Смирнов Д.Г., Джамирозев Г.С., Вехник В.П., Быков Ю.А., Газарян С.В. Оценка изученности фауны рукокрылых (Chiroptera) Дагестана // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2021. N 4. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-4-1>
15. Снитко В.П. Летние местообитания оседлых видов рукокрылых на Южном Урале // *Plecotus et al*. 2005. N 8. С. 43–53.
16. Жигалин А.В., Гаджиев А.А., Даудова М.Г., Салимханов Н.Г., Шестопалов А.М. Экология рукокрылых Алтае-Саянской горной страны юга Сибири // *Юг России: экология, развитие*. 2019. Т. 14. N 1. С. 9–25. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-9-25>
17. Ботвинкин А.Д., Беликов Д.С., Казаков Д.В., Матвеев В.А., Росина В.В., Хатсон А.М., Шумкина А.П. Разнообразие и относительное обилие рукокрылых в южном Прибайкалье в местообитаниях с различной степенью урбанизации // *Байкальский зоологический журнал*. 2016. Т. 19. N 2. С. 101–106.
18. Картавцева И.В., Горобейко У.В., Тиунов М.П. Современное состояние хромосомных исследований рукокрылых (Chiroptera) Дальнего востока России // *Зоологический журнал*. 2014. Т. 93. N 7. С. 1–14.
19. Newman S.H., Field H.E., de Jong C.E., Epstein J.H. Investigating the role of bats in emerging zoonoses: Balancing ecology, conservation and public health interests // *Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome: FAO Animal Production and Health Manual N 12*, 2011.
20. Sasaki M., Setiyono A., Handharyani E., Rahmadani I., Taha S., Adiani S., Subangkit M., Sawa H., Nakamura I., Kimura T. Molecular detection of a novel paramyxovirus in fruit bats from Indonesia // *Virology Journal*. 2012. Iss. 9. Article number: 240. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-9-240>
21. Irving A.T., Ahn M., Goh G., Anderson D.E., Wang L.F. Lessons from the host defences of bats, a unique viral reservoir // *Nature*. 2021. Iss. 589. P. 363–370. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03128-0>
22. Streicker D.G., Turmelle A.S., Vonhof M.J., Kuzmin I.V., McCracken G.F., Rupprecht C.E. Host phylogeny constrains cross-species emergence and establishment of rabies virus in bats // *Science*. 2010. V. 329. Iss. 5992. P. 676–679. <https://doi.org/10.1126/science.1188836>
23. Chan J.F., To K.K., Chen H., Yuen K.Y. Cross-species transmission and emergence of novel viruses from birds // *Current Opinion in Virology*. 2015. V. 10. P. 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.01.006>
24. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly Pathogenic Avian Influenza Viruses at the Wild-Domestic Bird Interface in Europe: Future Directions for Research and Surveillance // *Viruses*. 2021. V. 13(2). P. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
25. Hesterberg U., Harris K., Stroud D., Guberti V., Busani L., Pittman M., Piazza V., Cook A., Brown I. Avian influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006 // *Influenza Other Respir Viruses*. 2009. V. 3. Iss. 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1750-2659.2008.00058.x>
26. Snit'ko V.P. Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) from the Cis-Urals and South Urals (Republic of Bashkortostan) // *Biology Bulletin*. 2016. Iss. 43. P. 587–598. <https://doi.org/10.1134/S1062359016070177>
27. Pannwitz G., Wolf C., Harder T. Active surveillance for avian influenza virus infection in wild birds by analysis of hunter-harvested specimens in Germany, 2006–2008 // *Journal of Wildlife Diseases*. 2009. V. 45. Iss. 2. P. 421–426. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.2.421>
28. Machalaba C.C., Elwood S.E., Forcella S., Smith K.M., Hamilton K., Jebara K.B., Swayne D.E., Webby R.J., Mumford E., Mazet J.A., Gaidet N., Daszak P., Karesh W.B. Global avian influenza surveillance in wild birds: a strategy to capture viral diversity // *Emerging Infectious Diseases*. 2015. V. 21. Iss. 4. P. e1–e7. <https://doi.org/10.3201/eid2104.141415>
29. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe // *Viruses*. 2021. V. 13. Iss. 2. P. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
30. Veen J., Yurlov A.K., Delany S., Mihantiev A.I., Selivanova M., Boere G.C. An Atlas of Movements of Southwest Siberian Waterbirds. Wageningen: Wetlands International. Netherlands. 2005. 60 p.
31. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A. Waterbirds around the world. Edinburgh: TSO Scotland Ltd. UK. 2006. 940 p.
32. Rozenfeld S.B., Strelnikov E.G., Volkov S.V. Migration routes

- and key stopovers of *Anser fabalis fabalis* (Anseriformes): critical protection gaps // Nature Conservation Research: Заповедная наука. 2024. V. 9. Iss. 4. P. 80–92.
<https://doi.org/10.24189/ncr.2024.033>
33. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A. A Bird's-Eye View on Flyways: A Brief Tour by the Convention on Migratory Species of Wild Animals (second edition). Bonn: UNEP/ CMS Secretariat, Germany. 2012. 64 p. URL:
https://www.cms.int/sites/default/files/publication/cms_pub_pop-series_bird-eye-view-flyways_2ed_web.pdf (дата обращения: 12.04.2025)
34. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe: Future Directions for Research and Surveillance // Viruses. 2021. V. 13. Iss. 2. P. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
35. Klenina A.A., Ruchin A., Bykov E. Occurrence of the birds of the Middle Volga Region (South-East of the European part of Russia) // Biodiversity Data Journal. 2021. V. 9. Article number: e72075. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e72075>
36. Golubev S. Status of the Pallas's Gull *Ichthyaeus ichthyaeus* during Summer/Autumn in the Fairway Volga-Kama Reservoirs (East European Plain) in Russia // Birds. 2023. N 4. P. 46–60. <https://doi.org/10.3390/birds4010004>
37. Zakharov V.D. The influence of climate change on the dates of bird arrival to the Ilmen State Reserve, Southern Urals // Russian Journal of Ecology. 2016. V. 47. P. 543–550. <https://doi.org/10.1134/S1067413616060138>
38. Юрлов К.Т. Экология и биоценологические связи перелетных птиц Западной Сибири. Новосибирск: Наука: Сиб. отделение, 1981. 288 с.
39. Онищенко Г.Г., Бережнов С.П., Шестопалов А.М., Алексеев А.Ю., Терновой В.А., Хайтович А.Б., Кривякова М.Т., Нетесов С.В., Дроздов И.Г. Молекулярно-биологический анализ изолятов вируса гриппа, вызвавших эпизоотию на Юге Западной Сибири и в Республике Крым // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2007. N 5. С. 28–32.
40. Мельников Ю.И. Водоплавающие птицы Прибайкалья: пространственная структура и успешность размножения // Известия Иркутского государственного университета: Серия «Биология. Экология». 2010. Т. 3. N 1. С. 49–59.
41. Дегтярев А.Г. Охотничье-промысловые птицы Республики Саха (Якутия). Якутск: Издательство СО РАН, 2004. 142 с.
42. Shan T., Yang S., Wang H., Wang H., Zhang J., Gong G., Xiao Y., Yang J., Wang X., Lu J., Zhao M., Yang Z., Lu X., Dai Z., He Y., Chen X., Zhou R., Yao Y., Kong N., Zeng J., Ullah K., Wang X., Shen Q., Deng X., Zhang J., Delwart E., Tong G., Zhang W. Virome in the cloaca of wild and breeding birds revealed a diversity of significant viruses // Microbiome. 2022. V. 10. Iss. 1. P. 60. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01246-7>
43. Michel F., Fischer D., Eiden M., Fast C., Reuschel M., Müller K., Rinder M., Urbaniak S., Brandes F., Schwehn R., Lühken R., Groschup M.H., Ziegler U. West Nile Virus and Usutu Virus Monitoring of Wild Birds in Germany // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. V. 15. Iss. 1. P. 171. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010171>
44. Chamings A., Nelson T.M., Vubin J., Wille M., Klaassen M., Alexandersen S. Detection and characterisation of coronaviruses in migratory and non-migratory Australian wild birds // Scientific Reports. 2018. V. 8. Article number: 5980. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24407-x>
45. Ng D.Y.M., Sun W., Sit T.H.C., Brackman C.J., Tse A.C.N., Bui C.H.T., Tang A.W.Y., Wong A.N.C., Tsang A.T.L., Koo J.C.T., Cheng S.M.S., Peiris M., Samborskiy D.V., Gorbalenya A.E., Chin A.W.H., Poon L.L.M. Surveillance of coronaviruses in wild aquatic birds in Hong Kong: expanded genetic diversity and discovery of novel subgenus in the Deltacoronavirus // Virus Evolution. 2025. V. 11. Iss. 1. Article number: veaf049. <https://doi.org/10.1093/ve/veaf049>
- (Ecol.-geogr. connections of birds with infectious agents)]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 270 p. (In Russian)
2. Daszak P., Cunningham A.A., Hyatt A.D. Anthropogenic environmental change and the emergence of infectious diseases in wildlife. *Acta Tropica*, 2001, vol. 78, iss. 2, pp. 103–116. [https://doi.org/10.1016/s0001-706x\(00\)00179-0](https://doi.org/10.1016/s0001-706x(00)00179-0)
3. Daszak P., Epstein J.H., Kilpatrick A.M., Aguirre A.A., Karesh W.B., Cunningham A.A. Collaborative research approaches to the role of wildlife in zoonotic disease emergence. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 2007, vol. 315, pp. 463–475. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70962-6_18
4. Shestopalov A.M., Alekseev A.Y., Glupov V.V., Voevoda M.I. Wild Animal Migration As a Potential Threat of Introduction of New Viruses into Russia. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2022, vol. 92, no. 8, pp. 766–774. <https://doi.org/10.1134/S1019331622040220>
5. Taylor L.H., Latham S.M., Woolhouse M.E.J. Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2001, vol. 356(1411), pp. 983–989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0888>
6. Jones K.E., Patel N.G., Levy M., Storeygard A., Balk D., Gittleman J.L., Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 2008, vol. 451(7181), pp. 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
7. Schatz J., Fooks A.R., McElhinney L., Horton D., Echevarria J., Vázquez-Moron S., Kooi E.A., Rasmussen T.B., Müller T., Freuling C.M. Bat rabies surveillance in Europe. *Zoonoses and Public Health*, 2013, vol. 60(1), pp. 22–34. <https://doi.org/10.1111/zph.12002>
8. Latinne A., Hu B., Olival K.J., Zhu G., Zhang L.-B., Li H., Chmura A.A., Field H.E., Zambrana-Torrel C., Epstein J.H., Li B., Zhang W., Wang L.-F., Shi Z.-L., Daszak P. Origin and cross-species transmission of bat coronaviruses in China. *Nature Communications*, 2024, vol. 15, article number: 10705. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-55384-7>
9. Olsen B., Munster V.J., Wallensten A., Waldenström J., Osterhaus A. D. M. E., Fouchier R. A. M. Global patterns of influenza A virus in wild birds. *Science*, 2006, vol. 312(5772), pp. 384–388. <https://doi.org/10.1126/science.1122438>
10. Hesterberg U., Harris K., Stroud D.A., Guberti V., Busani L., Pittman M., Piazza V., Cook A., Brown I. Avian influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 2009, vol. 3(6), pp. 271–279. <https://doi.org/10.1111/j.1750-2659.2008.00058.x>
11. Pannwitz G., Wolf C., Harder T. Active surveillance for avian influenza virus infection in wild birds by analysis of hunter-harvested specimens in Germany, 2006–2008. *Journal of Wildlife Diseases*, 2009, vol. 45(2), pp. 421–426. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.2.421>
12. Han H.J., Wen H.L., Zhou C.M., Chen F.F., Luo L.M., Liu J.W., Yu X.J. Bats as reservoirs of severe emerging infectious diseases. *Virus Research*, 2015, vol. 205, iss. 2, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.05.006>
13. Ivanitzky A.N., Alekseev A.Yu. Distribution of bats in the subtropical regions of the Black Sea coast and adjacent territories. *South of Russia: ecology, development*, 2023, vol. 18, no. 4, pp. 8–30. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-4-8-30>
14. Smirnov D.G., Jamirzoev G.S., Vechnik V.P., Bykov Yu.A., Gazaryan S.V. Assessment of the study of the fauna of bats (Chiroptera) Dagestan. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2021, no. 4. (In Russian) <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-4-1>
15. Snitko V.P. Summer habitats of sedentary bat species in the Southern Urals. *Plecotus et al*, 2005, no. 8, pp. 43–53. (In Russian)
16. Zhigalin A.V., Gadzhiev A.A., Daudova M.G., Salimkhanov N.G., Shestopalov A.M. Ecology of chiroptera bats in Altai-Sayan region of southern Siberia. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 9–25. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-9-25>
17. Botvinkin A.D., Belikov D.S., Kazakov D.V., Matveev V.A., Rosina V.V., Hutson A.M., Shumkina A.P. Diversity and relative abundance of bats in the southern Baikal region in habitats with varying degrees of urbanization. *Baikal Zoological Journal*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 101–106. (In Russian)
18. Kartavtseva I.V., Gorobeyko U.V., Tiunov M.P. The current state

REFERENCES

1. Lvov D.K., Ilyichev V.D. *Migracii ptic i perenos vospoditeley infekcii* [Bird migration and transmission of infectious agents:

- of chromosomal studies of bats (Chiroptera) The Russian Far East. *Zoological Journal*, 2014, vol. 93, no. 7, pp. 1–14. (In Russian)
19. Newman S.H., Field H.E., de Jong C.E., Epstein J.H. Investigating the role of bats in emerging zoonoses: Balancing ecology, conservation and public health interests. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome: FAO Animal Production and Health Manual N 12, 2011
20. Sasaki M., Setiyono A., Handharyani E., Rahmadani I., Taha S., Adiani S., Subangkit M., Sawa H., Nakamura I., Kimura T. Molecular detection of a novel paramyxovirus in fruit bats from Indonesia. *Virology Journal*, 2012, iss. 19, article number: 240. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-9-240>
21. Irving A.T., Ahn M., Goh G., Anderson D.E., Wang L.F. Lessons from the host defences of bats, a unique viral reservoir. *Nature*, 2021, iss. 589, pp. 363–370. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03128-0>
22. Streicker D.G., Turmelle A.S., Vonhof M.J., Kuzmin I.V., McCracken G.F., Rupprecht C.E. Host phylogeny constrains cross-species emergence and establishment of rabies virus in bats. *Science*, 2010, vol. 329, iss. 5992, pp. 676–679. <https://doi.org/10.1126/science.1188836>
23. Chan J.F., To K.K., Chen H., Yuen K.Y. Cross-species transmission and emergence of novel viruses from birds. *Current Opinion in Virology*, 2015, vol. 10, pp. 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.01.006>
24. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly Pathogenic Avian Influenza Viruses at the Wild-Domestic Bird Interface in Europe: Future Directions for Research and Surveillance. *Viruses*, 2021, vol. 13, iss. 2, pp. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
25. Hesterberg U., Harris K., Stroud D., Guberti V., Busani L., Pittman M., Piazza V., Cook A., Brown I. Avian influenza surveillance in wild birds in the European Union in 2006. *Influenza Other Respir Viruses*, 2009, vol. 3, iss. 1, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1750-2659.2008.00058.x>
26. Snit'ko V.P. Bats (Chiroptera, Vespertilionidae) from the Cis-Urals and South Urals (Republic of Bashkortostan). *Biology Bulletin*, 2016, iss. 43, pp. 587–598. <https://doi.org/10.1134/S1062359016070177>
27. Pannwitz G., Wolf C., Harder T. Active surveillance for avian influenza virus infection in wild birds by analysis of hunter-harvested specimens in Germany, 2006–2008. *Journal of Wildlife Diseases*, 2009, vol. 45, iss. 2, pp. 421–426. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.2.421>
28. Machalaba C.C., Elwood S.E., Forcella S., Smith K.M., Hamilton K., Jebara K.B., Swayne D.E., Webby R.J., Mumford E., Mazet J.A., Gaidet N., Daszak P., Karesh W.B. Global avian influenza surveillance in wild birds: a strategy to capture viral diversity. *Emerging Infectious Diseases*, 2015, vol. 21, iss. 4, pp. e1–e7. <https://doi.org/10.3201/eid2104.141415>
29. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe. *Viruses*, 2021, vol. 13, iss. 2, pp. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
30. Veen J., Yurlov A.K., Delany S., Mihantiev A.I., Selivanova M., Boere G.C. An Atlas of Movements of Southwest Siberian Waterbirds. Wageningen: Wetlands International. Netherlands, 2005, 60 p.
31. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A. Waterbirds around the world. Edinburgh: TSO Scotland Ltd. UK., 2006, 940 p.
32. Rozenfeld S.B., Strel'nikov E.G., Volkov S.V. Migration routes and key stopovers of Anser fabalis fabalis (Anseriformes): critical protection gaps. *Nature Conservation Research*, 2024, vol. 9, iss. 4, pp. 80–92. <https://doi.org/10.24189/ncr.2024.033>
33. Boere G.C., Galbraith C.A., Stroud D.A. A Bird's-Eye View on Flyways: A Brief Tour by the Convention on Migratory Species of Wild Animals (second edition). Bonn: UNEP/ CMS Secretariat, Germany, 2012, 64 p. Available at: https://www.cms.int/sites/default/files/publication/cms_pub_pop-series_bird-eye-view-flyways_2ed_web.pdf (accessed 12.04.2025)
34. Verhagen J.H., Fouchier R.A.M., Lewis N. Highly pathogenic avian influenza viruses at the wild-domestic bird interface in Europe: Future Directions for Research and Surveillance. *Viruses*, 2021, vol. 13, iss. 2, pp. 212. <https://doi.org/10.3390/v13020212>
35. Klenina A.A., Ruchin A., Bykov E. Occurrence of the birds of the Middle Volga Region (South-East of the European part of Russia). *Biodiversity Data Journal*, 2021, vol. 9, article number: e72075. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e72075>
36. Golubev S. Status of the Pallas's Gull *Ichthyetus ichthyetus* during Summer/Autumn in the Fairway Volga-Kama Reservoirs (East European Plain) in Russia. *Birds*, 2023, no. 4, pp. 46–60. <https://doi.org/10.3390/birds4010004>
37. Zakharov V.D. The influence of climate change on the dates of bird arrival to the Ilmen State Reserve, Southern Urals. *Russian Journal of Ecology*, 2016, vol. 47, pp. 543–550. <https://doi.org/10.1134/S1067413616060138>
38. Yurlov K.T. *Ekologiya i biotsenoticheskie svyazi pereletnykh ptits Zapadnoi Sibiri* [Ecology and biocenotic relationships of migratory birds of Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka: Siberian Branch Publ., 1981, 288 p. (In Russian)
39. Onishchenko G.G., Berezhnov S.P., Shestopalov A.M., Alekseev A.Yu., Ternovoy V.A., Khaytovich A.B., Krovyakova M.T., Netesov S.V., Drozdov I.G. Molecular biological analysis of influenza virus isolates that caused epizootics in the South of Western Siberia and in the Republic of Crimea. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Journal of Microbiology, epidemiology and immunobiology]. 2007, no. 5, pp. 28–32. (In Russian)
40. Melnikov Yu.I. Waterfowl of the Baikal region: spatial structure and breeding success. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta: Seriya «Biologiya. Ekologiya»* [Izvestiya Irkutsk State University: Series "Biology. Ecology"]. 2010, vol. 3, no. 1, pp. 49–59. (In Russian)
41. Degtyarev A.G. *Okhotnich'e-promyslovye ptitsy Respubliki Sakha (Yakutiya)* [Hunting and commercial birds of the Republic of Sakha (Yakutia)]. Yakutsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2004, 142 p. (In Russian)
42. Shan T., Yang S., Wang H., Wang H., Zhang J., Gong G., Xiao Y., Yang J., Wang X., Lu J., Zhao M., Yang Z., Lu X., Dai Z., He Y., Chen X., Zhou R., Yao Y., Kong N., Zeng J., Ullah K., Wang X., Shen Q., Deng X., Zhang J., Delwart E., Tong G., Zhang W. Virome in the cloaca of wild and breeding birds revealed a diversity of significant viruses. *Microbiome*, 2022, vol. 10, iss. 1, pp. 60. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01246-7>
43. Michel F., Fischer D., Eiden M., Fast C., Reuschel M., Müller K., Rinder M., Urbaniak S., Brandes F., Schwehn R., Lühken R., Groschup M.H., Ziegler U. West Nile Virus and Usutu Virus Monitoring of Wild Birds in Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, vol. 15, iss. 1, pp. 171. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010171>
44. Chamings A., Nelson T.M., Vibin J., Wille M., Klaassen M., Alexandersen S. Detection and characterisation of coronaviruses in migratory and non-migratory Australian wild birds. *Scientific Reports*, 2018, no. 8, article number: 5980. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24407-x>
45. Ng D.Y.M., Sun W., Sit T.H.C., Brackman C.J., Tse A.C.N., Bui C.H.T., Tang A.W.Y., Wong A.N.C., Tsang A.T.L., Koo J.C.T., Cheng S.M.S., Peiris M., Samborskiy D.V., Gorbalenya A.E., Chin A.W.H., Poon L.L.M. Surveillance of coronaviruses in wild aquatic birds in Hong Kong: expanded genetic diversity and discovery of novel subgenus in the Deltacoronavirus. *Virus Evolution*, 2025, vol. 11, iss. 1, article number: veaf049. <https://doi.org/10.1093/ve/veaf049>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр Ю. Алексеев, Алимурад А. Гаджиев, Кирилл А. Шаршов, Марина А. Гуляева, Алина Д. Мацвай, Герман А. Шипулин, Александр М. Шестопалов провели анализ накопленного материала, провели

AUTHOR CONTRIBUTION

Alexander Yu. Alekseev, Alimurad A. Gadzhiev, Kirill A. Sharshov, Marina A. Gulyaeva, Alina D. Matsvay, German A. Shipulin, Alexander M. Shestopalov analyzed the accumulated material and described the results.

описание результатов. Александр Ю. Алексеев, Алимурат А. Гаджиев выбрали критерии сбора полевого материала от летучих мышей. Александр Ю. Алексеев, Кирилл А. Шаршов выбрали критерии сбора материала от птиц. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Alexander Yu. Alekseev and Alimurad A. Gadzhiev selected criteria for collecting field material from bats. Alexander Yu. Alekseev and Kirill A. Sharshov selected criteria for collecting material from birds. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Александр Ю. Алексеев / Alexander Yu. Alekseev <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

Алимурат А. Гаджиев / Alimurad A. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-7359-1951>

Кирилл А. Шаршов / Kirill A. Sharshov <https://orcid.org/0000-0002-3946-9872>

Марина А. Гуляева / Marina A. Gulyaeva <https://orcid.org/0000-0003-3945-5339>

Алина Д. Мацвай / Alina D. Matsvay <https://orcid.org/0000-0002-6301-9169>

Герман А. Шипулин / German A. Shipulin <https://orcid.org/0000-0002-3668-6601>

Александр М. Шестопалов / Alexander M. Shestopalov <https://orcid.org/0000-0002-9734-0620>

Оригинальная статья / Original article

УДК 574.24:58.02:581.412

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-3



Возрастные особенности конструкции кустов *Nitraria schoberi* L. в условиях Низменного Дагестана

Магомед Г. Гаджиатаев, Загирбег М. Асадулаев

Горный ботанический сад Дагестанского ФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Магомед Г. Гаджиатаев, кандидат биологических наук, научный сотрудник Лаборатории флоры и растительных ресурсов, Горный ботанический сад ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45. Тел. +79604185430
Email gadzhiataev@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8969-6961>

Формат цитирования

Гаджиатаев М.Г., Асадулаев З.М. Возрастные особенности конструкции кустов *Nitraria schoberi* L. в условиях Низменного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 37-46. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-3

Получена 6 марта 2025 г.

Прошла рецензирование 15 мая 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Статья посвящена изучению особенностей конструкции кустов *Nitraria schoberi* L. в условиях Низменного Дагестана, включая детальное описание морфологических изменений кустов на разных этапах онтогенеза.

Установлено, что конструкция кроны изменяется в зависимости от условий экотопа и возраста растения. В условиях подвижного грунта Низменного Дагестана *N. schoberi* проявляет уникальные адаптивные стратегии: формирование парциальных структур с укорененными скелетными ветвями, обеспечивающими устойчивость кустов, и вегетативное размножение. Ключевыми механизмами адаптации к экстремальным условиям выступают развитие вторичной корневой системы, укоренение лежащих ветвей, а также способность сенильных кустов к образованию клонального потомства (партикул), что повышает долговечность и устойчивость вида в полупустынных ландшафтах.

Результаты исследования имеют важное значение для понимания экологии и биоморфологии вида *N. schoberi*, а также для разработки мер по восстановлению и защите аридных экосистем.

Ключевые слова

Nitraria schoberi L., биоморфология куста, парциальный куст, онтогенез.

Age-related design features of *Nitraria schoberi* L. bushes in the conditions of low-lying Dagestan

Magomed G. Gadzhiataev and Zagirbeg M. Asadulaev

Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Magomed G. Gadzhiataev, Candidate of Biological Sciences, Research Associate, Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhiev St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79604185430

Email gadzhiataev@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8969-6961>

How to cite this article

Gadzhiataev M.G., Asadulaev Z.M. Age-related design features of *Nitraria schoberi* L. bushes in the conditions of low-lying Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):37-46. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-3

Received 6 March 2025

Revised 15 May 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

The article is devoted to the study of the overall visual aspect of bushes of *Nitraria schoberi* L. in the conditions of lowland Dagestan, including a detailed description of morphological changes in bushes at different stages of ontogenesis.

It was established that the crown design varies depending on the conditions of the ecotope and the age of the plant. In the conditions of mobile soil in low-lying Dagestan, *N. schoberi* exhibits unique adaptive strategies: the formation of partial structures with rooted skeletal branches that ensure the stability of bushes, and vegetative reproduction. The key mechanisms of adaptation to extreme conditions are the development of a secondary root system, the rooting of lowest branches in contact with the soil, as well as the ability of canopy bushes to form clonal offspring (particulates), which increases the longevity and stability of the species in semi-desert landscapes.

The results of the study are important for understanding the ecology and biomorphology of the species *N. schoberi*, as well as to develop measures for the restoration and protection of arid ecosystems.

Key Words

Nitraria schoberi L., bush biomorphology, partial bush, ontogenesis.

ВВЕДЕНИЕ

Nitraria schoberi (*N. schoberi*) – уникальный вид, представитель древней пустынной флоры, который хорошо переносит как солнечное освещение, так и большие перепады температур. Данная пластичность вида связана с глубоким залеганием корневой системы, мясистыми листьями, и биоморфологическими особенностями конструкции кроны [1–4]. Селитрянки Шобера является кустарником со съедобными плодами, способным расти на засоленных почвах, выдерживать дефицит влаги, укореняться и восстанавливаться после значительного засыпания песком. Поэтому этот вид представляет значительный интерес в защитном лесоразведении и зеленом строительстве, особенно в засушливых регионах [5–7], что очень актуально на сегодня для аридных территорий Юга России.

В Северо-Западном Прикаспии кусты *N. schoberi* являются одними из ярких ценозоообразователей, которые формируют сложный рельеф с различными типами водно-солевого режима почв, структуры растительного покрова и животного населения. Средообразующая роль данного вида определяется в первую очередь способностью к накоплению снега в зимний период и созданием микроусловий в тени кроны куста в летний период [8; 9].

Форма кроны древесных растений видоспецифична. Тем не менее, в зависимости от условий произрастания и возраста она меняется, приобретая самые различные очертания и структуру, что является следствием реализации генетического потенциала в конкретных условиях и носит, несомненно, адаптивный характер [10].

В литературных источниках имеются некоторые сведения изучения биоморфологических особенностей кроны у видов рода *Nitraria* до виргинийского состояния (включительно) в условиях интродукции [11].

Конструкция кроны у селитрянки имеет достаточно широкую изменчивость в зависимости от условий экотопа. На засушливых склонах Внутреннегорного Дагестана (ботлихская популяция) встречаются кусты, в основном конической, штамбовой и яйцевидной форм. В Низменном Дагестане в местах с высоким залеганием грунтовых вод и оптимальными условиями – значительно больше кустов с полушаровидными и раскидистыми кронами. Следует отметить, что литературные данные по изучению особенностей онтоморфогенеза селитрянки в природе практически отсутствуют, что делает такое описание весьма актуальным.

Целью данной работы является изучение особенностей конструкции кустов *N. schoberi* в условиях Низменного Дагестана с подвижным песчаным грунтом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для описания возрастного состояния кустов, на основе комплекса количественных и качественных морфологических и биологических признаков до молодого генеративного онтогенетического состояния использовали сеянцы *N. schoberi* полученные в

условиях интродукции (Ботанический сад Дагестанского государственного университета (Махачкала)), так как в природе в изученных популяциях отсутствовали растения прегенеративного периода. Семена собраны в ходе экспедиционных выездов с Сулакской популяции *N. schoberi* в условиях Низменного Дагестана.

Изучение кустов *N. schoberi* генеративного и постгенеративного периодов проводилось в Сулакской популяции (рис. 1).

Сулакская популяция *N. schoberi* расположена на территории Бабаюртовского района у населенного пункта Сулак (вдоль федеральной трассы). Координаты: с.ш. 43°17'28,5" и в.д. 47°27'34,6", Н – -29,6 м. над у. м. Площадь популяции – 0,8 км². Численность популяции около 750 кустов. Территория, занимаемая сулакской популяцией, относится к Прикаспийской низменности и сложена аллювиальными отложениями различного механического состава и возраста в большей части суглинками и песками. Рельеф представлен небольшими курганами, сформировавшимися вокруг кустов *N. schoberi*, понижениями и ровными участками. Территория используется в качестве пастбища [12]. Климат в целом умеренно теплый с более или менее выраженной континентальностью. Средняя годовая температура 11,6° С, средняя температура теплого периода 18,2° С, а холодного периода 2,1° С. Среднее количество осадков составляет 323 мм, с осенним их максимумом (187 мм) [13]. Почвы солончаки и пески [14].

Биоморфологическое описание структуры куста *N. schoberi* проводили согласно классификациям М. Т. Мазуренко, А. П. Хохрякова [15; 16] и И. Г. Серебрякова [17].

Периоды и возрастные состояния кустов *N. schoberi* выделяли согласно периодизации онтогенеза растений, предложенной Т. А. Работновым [18] и дополненной А. А. Урановым [19; 20], а также сведений, приведенных в работах ряда авторов [21; 22].

Все характеристики онтогенетических состояний кустов приведены с учетом специфических особенностей изучаемого вида и соотнесены с их абсолютным возрастом.

Исследования выполнены в рамках диссертационной работы Гаджиатаева М.Г. [23].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенных нами наблюдений в сообществах Низменного Дагестана, сформированных на подвижных грунтах, была выделена следующая последовательность изменения конструкции кустов селитрянки, типов форм их крон в течение онтогенеза.

Латентный период – это период покоя, представлен семенами, форма которых варьирует от овальной до яйцевидной, кончик заострён, а цветовая гамма включает оттенки коричневого и желтого (рис. 2). Семена *N. schoberi* обладают высокой степенью покоя и могут оставаться жизнеспособными в сухих песчаных почвах в течение долгого периода (до 10 лет) до наступления благоприятных для прорастания условий [24].

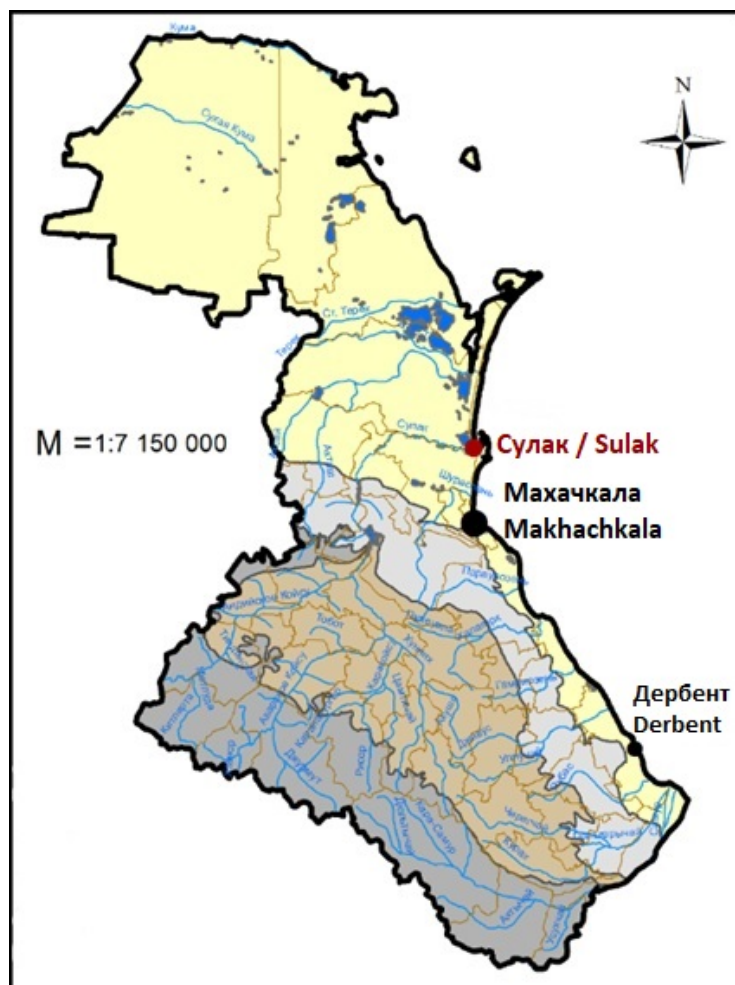


Рисунок 1. Сулакская популяция *N. schoberi* в Дагестане

Figure 1. Sulak population of *N. schoberi* in Dagestan



Рисунок 2. Семена *N. schoberi*

Figure 2. Seeds of *N. schoberi*

Прегенеративный период

Проростки (р) *N. schoberi* имеют две мясистые, прямые ланцетные, сидячие семядоли. Гипокотиль от 0,5 до 2 см, толстый, мясистый и изогнутый. Корешки тонкие, нитевидные. До появления первых настоящих листьев семядольные листья достигают максимального размера: длина – 1,2–2,0 см, ширина – 0,3–0,4 см. Состояние проростка продолжается около 12 дней.

Ювенильное онтогенетическое состояние (j)

фиксируется от момента появления первых настоящих листьев до начала ветвления. Рост семядолей прекращается при появлении второй и последующих пар листьев [25]. Первые настоящие листья узкие, ланцетные, к основанию суженные, темно-зеленого, зеленого цвета. Высота растений, обычно, около 6–9 см, Ювенильное состояние длится 1–1,5 месяца (рис. 3).

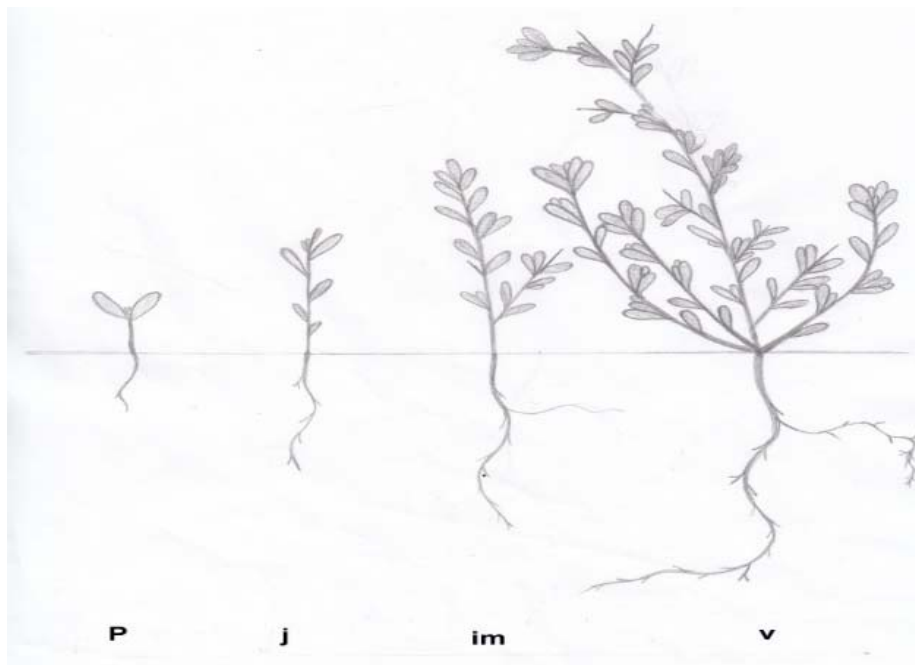


Рисунок 3. Особенности морфологии растения *N. schoberi* прегенеративного периода

Figure 3. Morphological features of the *N. schoberi* plant of the pregenerative period

Имматурное онтогенетическое состояние (im).

Имматурное состояние отмечается, когда на побеге сформировано более 10 метамеров. Растения при этом характеризуются частичным одревеснением нижней

части первичного побега на высоту от 5 до 8 см. В средней части побега наблюдается расположение листьев в пучках, на первичном побеге образуются побеги второго порядка (рис. 4А).



А



Б

Рисунок 4. Растения *N. schoberi* в имматурном (А) и виргинильном (Б) онтогенетическом состоянии

Figure 4. *N. schoberi* plants in an immature (A) and virginal (B) ontogenetic state

Виргинильное онтогенетическое состояние (v). В это состояние растения вступают на втором году жизни, и продолжается оно до пяти-шестилетнего возраста. При этом для *N. schoberi* характерно образование побегов формирования, преимущественно с анизотропным характером роста, т.е. побегов с изменяющимся направлением роста. На скелетных ветвях второго-третьего года жизни образуются разные типы побегов: вегетативные с колючкой наверху, вегетативные с апикальной почкой, побеги с одиночными очередными листьями и побеги с листьями, собранными в узлах в пучки (рис. 4Б).

Генеративный период

Молодое генеративное онтогенетическое состояние (g1). Это состояние отмечается у растений на 6–10 год жизни. Для *N. schoberi* характерно образование основных скелетных ветвей первого порядка, на которых закладываются все виды однолетних побегов, как и в виргинильном состоянии, и добавляются генеративные побеги с соцветием наверху. Цветки собраны в соцветия (завитки) (5–15 цветков). Корневая система уже глубокая и проникает на глубину до 1,5 м (рис. 5).

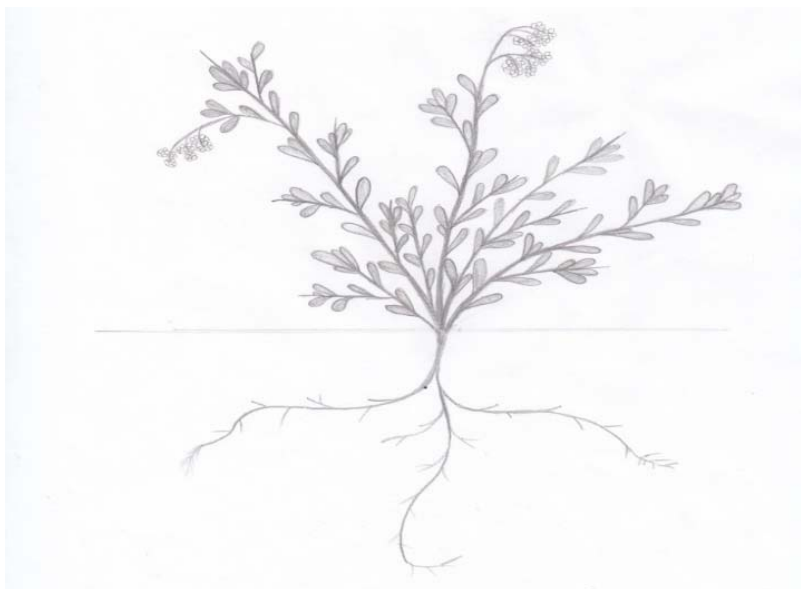


Рисунок 5. Молодой генеративный (g1) куст *N. schoberi*
Figure 5. Young generative (g1) bush of *N. schoberi*

Средневозрастное генеративное онтогенетическое состояние (g2). Это состояние отмечается у растений *N. schoberi* на 12–20 год жизни. Куст имеет полушаровидную форму. У основания скелетных ветвей образуются побеги замещения, загущающие крону. Идет активный процесс побегообразования,

с максимальными приростами вегетативной части. Цветение обильное, плодоношение и семенная продуктивность высокая. Корневая система проникает на глубину 2–3 м, до уровня залегания грунтовых вод (рис. 6).

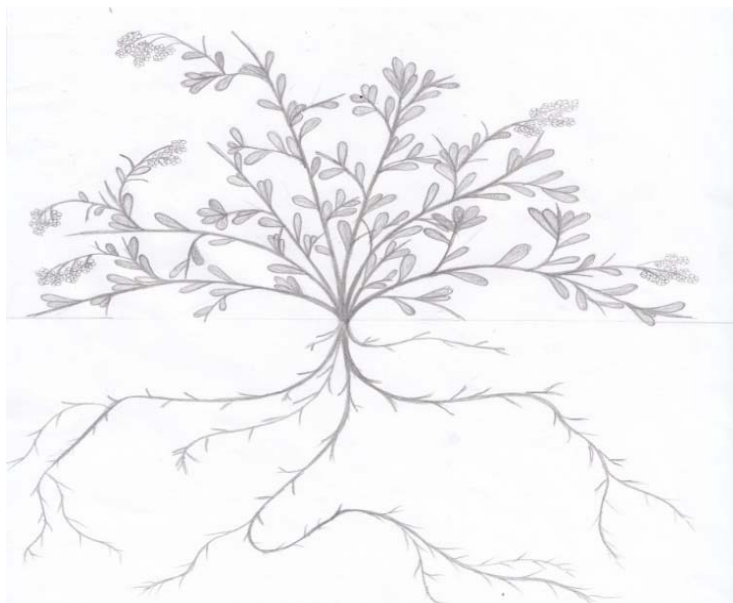


Рисунок 6. Куст *N. schoberi* средневозрастного генеративного (g2) состояния
Figure 6. *N. schoberi* bush of medium generative (g2) condition

Старое генеративное онтогенетическое состояние (g3) фиксируется, когда у растений ослабевают процессы побегообразования и снижается семенная продуктивность. Форма куста *N. schoberi* становится полушаровидно-раскидистой. Это состояние отмечается

у растений на 25–30 год жизни. Процессы новообразования побегов ослабевают. Скелетные ветви под тяжестью веток второго порядка и произрастающих на них 1-, 2- и 3-х летних побегов легают к поверхности земли (рис. 7).



Рисунок 7. Куст *N. schoberi* старого генеративного (g3) состояния
Figure 7. *N. schoberi* bush of adult generative (g3) condition

Постгенеративный период

Сенильное онтогенетическое состояние (S). Это состояние отмечается у растений на 35–45 год жизни и характеризуется преобладанием процессов отмирания побегов, уменьшением размеров куста. Первые проявления признаков субсенильного состояния у кустов *N. schoberi* связаны с началом отмирания побега второго порядка, т.е. отмиранием центральной части куста и увеличением вегетативных приростов на периферии. У полегших скелетных ветвей в зоне соприкосновения с землей появляются адвентивные (придаточные) корни, которые распределяются в верхнем слое почвы (до 60 см) и участвуют во всасывании атмосферных осадков.

Для ветвей с дополнительной придаточной корневой системой старение куста проявляется в меньшей степени или не проявляется вовсе. Ветви, имеющие адвентивные корни, сохраняют относительно высокую побегообразовательную функцию. Благодаря укоренению скелетных ветвей, куст приобретает более приземистую, раскидистую форму. Такой тип жизненной формы, являющийся функциональным типом, назван нами парциальным, и характерен для селитрянки в полупустынных условиях Низменного Дагестана. Данная морфологическая структура определяет стратегию освоения пространства и корректировку этой стратегии во времени, что отражает особенности приспособления особей в конкретных условиях в зависимости от возрастного потенциала (рис. 8).

Отмирающее онтогенетическое состояние (Sc). Это крайняя степень выражения сенильного состояния

(на 50–65 год жизни), когда у растения остаются живыми лишь некоторые органы – покоящиеся почки, которые не могут развить надземные побеги или же высыхает полностью. При переходе в это онтогенетическое состояние центральный куст *N. schoberi* практически высыхает. Разрывается связь центрального куста с парциальными кустами, т.е. высыхают скелетные ветви от центра до той части, в которой парциальный куст начал обеспечиваться адвентивной (придаточной) корневой системой. И адвентивная корневая система становится основным источником обеспечения нового растения после партикуляции материнского куста. Образованные кусты при этом можно отнести к молодому генеративному онтогенетическому состоянию (рис. 9).

У кустов селитрянки Шобера при переходе в отмирающее онтогенетическое состояние дальнейшие процессы протекают разными путями, в зависимости от степени автономности укоренившихся скелетных ветвей:

1. при высокой автономности укорененных горизонтальных скелетных ветвей, после разрушения главного побега и первичной корневой системы, происходит партикуляция куста с формированием клонального потомства. Однако возникшие клоны значительно слабее и менее долговечны, чем материнский куст, прошедший полный онтогенез;
2. при относительно слабой укорененности, отмирание центрального проводника приводит к постепенному угасанию всех элементов единой конструкции материнского куста.

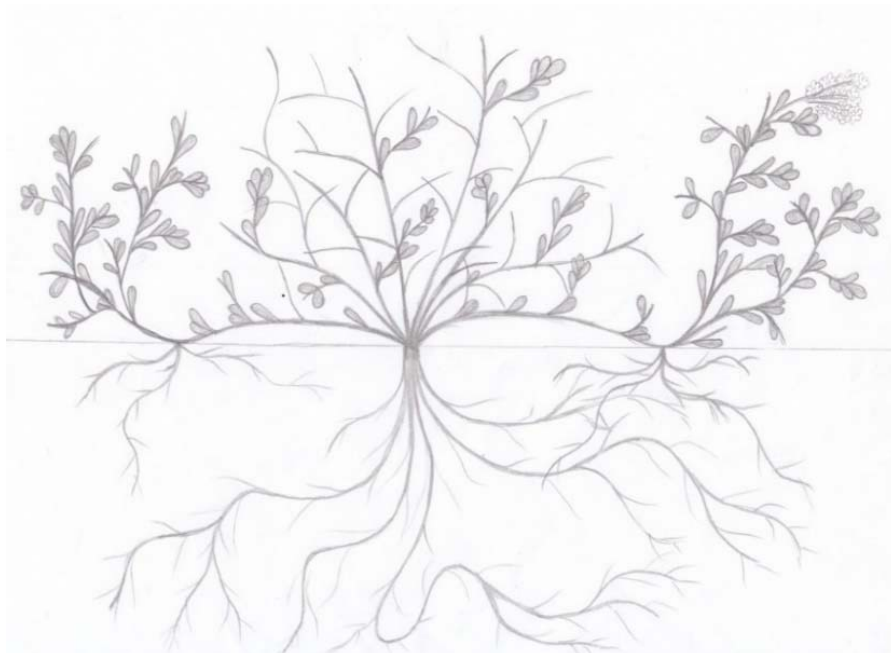


Рисунок 8. Сенильный (S) куст *N. schoberi*
Figure 8. Senile (S) bush of *N. schoberi*

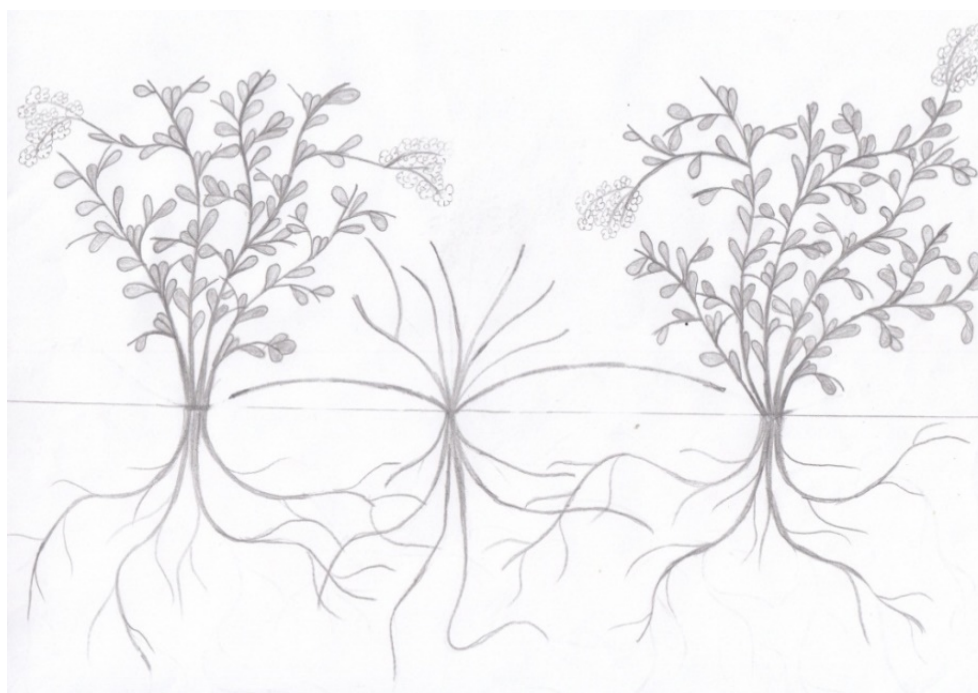


Рисунок 9. Отмирающий (Sc) куст *N. schoberi*
Figure 9. Dying (Sc) bush of *N. schoberi*

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показывают, что с возрастом у кустов *N. schoberi* меняется соотношение высоты и диаметра кроны, что связано с изменением ростовой активности побегов формирования, замещения и обрастания. В целом, увеличение размеров куста в высоту в процессе онтогенезе происходит более активно на ранних стадиях и завершается раньше, чем разрастание куста в ширину, что и определяет прижатую полушаровидную форму кроны, характерную для взрослых особей в полупустынных условиях Низменного Дагестана.

У кустов селитрянки Шобера в условиях Низменного Дагестана наблюдается определенная закономерность в координации элементов конструкции кроны, четко проявляющаяся в формировании парциальных образований. Прежде всего, адаптация к жестким условиям песчаных барханов достигается благодаря рассредоточению корневой системы на разных уровнях почвы с разными условиями. Более глубокие корни доходят до грунтовых вод (более 3 м), и обеспечивают растение водой независимо от колебания содержания влаги в верхних слоях почвы. Поверхностная, вторичная корневая система, сформированная на ксиллоподиях (подземных частях

скелетных ветвей) при засыпании песком и укоренении боковых скелетных ветвей, видимо, обеспечивает растения влагой в периоды выпадения атмосферных осадков и элементами минерального питания.

Укоренение скелетных ветвей при полегании в условиях подвижного песчаного грунта имеет большое адаптивное значение для кустов *N. schoberi*. При контакте скелетной ветви с субстратом на ветвях формируется вторичная корневая система, запускающая процесс образования клонов в виде парциального куста, густая крона которого способствует сохранению влаги и накоплению минералов за счет ограничения проникновения солнечного света на поверхность под кустом. Со временем крона приобретает парциальную структуру с системой многолетних укорененных ветвей, которые при старении куста распадаются на самостоятельные клоны-партикулы. Этот механизм обеспечивает вегетативное размножение, позволяя виду сохраняться как в пространстве (благодаря захвату новых участков грунта), так и во времени (через непрерывное обновление поколений).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акжигитова Н.И. Галофитная растительность Средней Азии и её индикационные свойства. Ташкент: Фан, 1982. 190 с.
2. Румянцева А.С. Развитие корневой системы селитрянки (*Nitraria schoberi*) // Известия АН Туркменской ССР. 1953. N 5. С. 87–89.
3. Румянцева А.С. Кустарники-галофиты, их экология и возможность использования в агролесомелиорации засоленных песков // Тр. ин-та земледелия АН Туркменской ССР. 1959. Т. 2. С. 46–57.
4. Ткачук Т.Е., Борзых М.В. Динамика популяции *Nitraria sibirica* в окрестностях Торейских озер // Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай. 2010. N 1. С. 286–289.
5. Zhao K., Fan H., Jiang X., Song J. Improvement of saline soil by planting halophytes // Yingyong Yu Huanjing Shengwu Xuebao. 2002. V. 8. N 1. P. 31–35.
6. Suleiman M.K., Bhat N.R., Abdal M.S., Zaman S., Thomas R.R., Jacob S. Germination studies in *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch // Middle-East Journal of Scientific Research. 2008. N 3. P. 211–213.
7. Воронкова М.С., Банаев Е.В., Томошевич М.А. Сравнительное изучение состава и содержания фенольных соединений листьев растений рода *Nitraria* (*Nitrariaceae*) // Химия растительного сырья. 2017. N 4. С. 107–116.
8. Магомедов М.-П.Д., Магомедов М.М.-П. Специфические черты организации кустарниковых сообществ и их функциональная роль в мозаичности почвенно-растительного покрова аридных территорий северо-западного Прикаспия // Труды института Геологии Дагестанского НЦ РАН. Махачкала, 2014. N 63. С. 162–168.
9. Zhang G., Yang Q., Wang X., Zhao W. Size-related change in *Nitraria sphaerocarpa* patches shifts the shrub-annual interaction in an arid desert // Northwestern China. Acta Oecologica. 2015. V. 69. P. 121–128.
10. Асадулаев З.М., Садыкова Г.А. Структурная и ресурсная оценка природных популяций можжевельника продолговатого в Дагестане. Махачкала: Наука ДНЦ, 2011. 182 с.
11. Ак-Лама Т.А., Васильева О.Ю., Томошевич М.А. Особенности латентного и прегенеративного периодов развития видов рода *Nitraria* L. при интродукции в лесостепи Западной Сибири // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2020. N 1. С. 1–14. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.1.
12. Асадулаев З.М., Гаджиатаев М.Г., Рамазанова З.Р. Изменчивость признаков вегетативных и генеративных органов *Nitraria schoberi* L. в сулакской популяции Дагестана //

- Юг России: экология, развитие. 2018. N 13(2). С. 73–84. doi: 10.18470/1992-1098-2018-2-73-84
13. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С., Гаджиева З.Х., Ганиев М.И., Гасангусейнов М.Г., Залибеков З.М., Исмаилов Ш.И., Каспаров С.А., Лепехина А.А., Мусаев В.О., Рабаданов Р.М., Соловьев Д.В., Сурмачевский В.И., Тагиров Б.Д., Эльдаров Э.М. Физическая география Дагестана. Махачкала: Школа, 1996. 380 с.
 14. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М.-Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 2008. 336с.
 15. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. Москва: Наука, 1977. 160 с.
 16. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. Москва: Наука, 2010. 158 с.
 17. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. Москва: Советская наука, 1952. 391 с.
 18. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. 1950. N 1. С. 465–483.
 19. Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций (вместо предисловия) // Онтогенез и возрастной состав цветковых растений. Москва: Наука, 1967. С. 3–8.
 20. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Научные доклады высшей школы, биол. науки. 1975. N 2. С. 7–33.
 21. Прокопьева Л.В., Глотов Н.В., Жукова Л.А. Онтогенез брусники обыкновенной // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Йошкар-Ола: Мар. Гос. Ун-т., 2000. С. 39–46.
 22. Жукова Л.А. Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений // Экология. 2001. N 3. С. 169–176.
 23. Гаджиатаев М.Г. Биологические особенности и фитосозологические основы сохранения редкого вида *Nitraria schoberi* L. в Дагестане: диссертация канд. биол. наук. Махачкала, 2022. 185 с.
 24. Li S., Tu L. The studies on the embryology of *Nitraria sibirica* Pall. IV. The developmental anatomy of the fruit and seed // Acta Scient. Nat. Univ. Intramongolicae. 1991. V. 22. P. 389–395.
 25. Васильева О.Ю., Зуева Г.А., Буглова Л.В., Сарлаева И.Я., Ак-Лама Т.А., Лезин М.С., Цыганкова А.С., Черемисина А.В. Роль биоморфологических исследований при интродукции хозяйственно полезных растений в условиях континентального климата // Бюллетень ботанического сада-института ДВО РАН. 2017. N 18. С. 73–79.

REFERENCES

1. Akzhigitova N.I. *Galofitnaya rastitel'nost' Srednei Azii i ee indikatsionnye svoistva* [Halophytic vegetation of Central Asia and its indica]. Tashkent, Fan Publ., 1982, 190 p. (In Russian)
2. Rumyantseva A.S. Development of the root system of saltpeter (*Nitraria schoberi*). Izvestiya AN Turkmenkoi SSR [Izvestia of the Academy of Sciences of the Turkmen SSR]. 1953, no. 5, pp. 87–89. (In Russian)
3. Rumyantseva A.S. Halophyte shrubs, their ecology and the possibility of using saline sands in agroforestry. In: *Trudy instituta zemledeliya akademii nauk Turkmenkoi SSR* [Proceedings of the Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of the Turkmen SSR]. 1959, vol. 2, pp. 46–57. (In Russian)
4. Tkachuk T.E., Borzykh M.V. Population dynamics of *Nitraria sibirica* in the vicinity of the Torey Lakes. Prirodookhrannoe sotrudnichestvo: Rossiya, Mongoliya, Kitai [Environmental cooperation: Russia, Mongolia, China]. 2010, no. 1, pp. 286–289. (In Russian)
5. Zhao K., Fan H., Jiang X., Song J. Improvement of saline soil by planting halophytes. Yingyong Yu Huanjing Shengwu Xuebao, 2002, vol. 8, no. 1, pp. 31–35.
6. Suleiman M.K., Bhat N.R., Abdal M.S., Zaman S., Thomas R.R., Jacob S. Germination studies in *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch. Middle-East Journal of Scientific Research, 2008, no. 3, pp. 211–213.

7. Voronkova M.S., Banaev E.V., Tomoshevich M.A. Comparative study of the composition and content of phenolic compounds in the leaves of plants of the genus *Nitraria* (Nitrariaceae). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials]. 2017, no. 4, pp. 107–116. (In Russian)
8. Magomedov M.R.D., Magomedov M.M.-R. Specific features of the organization of shrub communities and their functional role in the mosaic soil-vegetation cover of arid territories of the northwestern Caspian region. In: *Trudy instituta Geologii Dagestanskogo NTs RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences]. Makhachkala, 2014, no. 63, pp. 162–168. (In Russian)
9. Zhang G., Yang Q., Wang X., Zhao W. Size-related change in *Nitraria sphaerocarpa* patches shifts the shrub-annual interaction in an arid desert. Northwest China. *Acta Oecologica*, 2015, vol. 69, pp. 121–128.
10. Asadulaev Z.M., Sadykova G.A. *Strukturnaya i resursnaya otsenka prirodnykh populyatsii mozhzhevel'nika prodolgovatogo v Dagestane* [Structural and resource assessment of natural populations of oblong juniper in Dagestan]. Makhachkala, Nauka DNC Publ., 2011, 182 p. (In Russian)
11. Ak-Lama T.A., Vasil'eva O.Yu., Tomoshevich M.A. Features of the latent and pregenerative periods of development of species of the genus *Nitraria* L. during introduction into the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2020, no. 1, pp. 1–14. (In Russian) DOI: 10.32516/2303-9922.2020.33.1
12. Asadulaev Z.M., Gadzhiaev M.G., Ramazanova Z.R. Variability features of vegetative and generative organs of *Nitraria schoberi* L. in sulak population of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2018, no. 13(2), pp. 73–84. (In Russian) doi: 10.18470/1992-1098-2018-2-73-84
13. Akaev B.A., Ataev Z.V., Gadzhiev B.S., Gadzhieva Z.Kh., Ganiev M.I., Gasanguseinov M.G., Zalibekov Z.M., Ismailov Sh.I., Kasparov S.A., Lepekina A.A., Musaev V.O., Rabadanov R.M., Solov'ev D.V., Surmachevskii V.I., Tagirov B.D., El'darov E.M. *Fizicheskaya geografiya Dagestana* [Physical geography of Dagestan]. Makhachkala, Shkola Publ., 1996, 380 p. (In Russian)
14. Balamirzoev M.A., Mirzoev E.M.-R., Adzhiev A.M., Mufaradzhev K.G. *Pochvy Dagestana. Ekologicheskie aspekty ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Soils of Dagestan. Environmental aspects of their rational use] Makhachkala, Dagestan Book Publ., 2008, 336 p. (In Russian)
15. Mazurenko M.T., Khokhryakov A.P. *Struktura i morfogenez kustarnikov* [Structure and morphogenesis of shrubs]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 160 p. (In Russian)
16. Mazurenko M.T., Khokhryakov A.P. *Struktura i morfogenez kustarnikov* [Structure and morphogenesis of shrubs]. Moscow, Nauka Publ., 2010, 158 p. (In Russian)
17. Serebryakov I.G. *Morfologiya vegetativnykh organov vysshikh rastenii* [Morphology of vegetative organs of higher plants]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1952, 391 p. (In Russian)
18. Rabotnov T.A. Issues of studying the composition of populations for the purposes of phytocenology. *Problemy botaniki* [Problems of botany]. 1950, no. 1, pp. 465–483. (In Russian)
19. Uranov A.A. *Ontogenez i vozrastnoi sostav tsvetkovykh rastenii* [Ontogenesis and age composition of flowering plants]. Moscow, Nauka Publ., 1967, pp. 3–8. (In Russian)
20. Uranov A.A. Age spectrum of phytocenocenopopulation as a function of time and energy wave processes. *Nauchnye doklady vysshei shkoly, biol. nauki* [Scientific reports of the higher school, biol. sciences]. 1975, no. 2, pp. 7–33. (In Russian)
21. Prokop'eva L.V., Glotov N.V., Zhukova L.A. *Ontogenez brusniki obyknovennoi* [Ontogenesis of *Vaccinium vitis-idaea*]. *Ontogeneticheskii atlas lekarstvennykh rastenii* [The ontogenetic atlas of medicinal plants]. Ioshkar-Ola, Mari State University Publ., 2000, pp. 39–46 (In Russian)
22. Zhukova L.A. Diversity of ontogenetic pathways in plant populations. *Ekologiya* [Ecology]. 2001, no. 3, pp. 169–176.
23. Gadzhiaev M.G. *Biologicheskie osobennosti i fitosozologicheskie osnovy sokhraneniya redkogo vida Nitraria schoberi L. v Dagestane* [Biological features and phytosozological bases for the conservation of the rare species *Nitraria schoberi* L. in Dagestan]. Dissertation of Cand. Biological Sciences. Makhachkala, 2022, 185 p. (In Russian)
24. Li S., Tu L. The studies on the embryology of *Nitraria sibirica* Pall. IV. The developmental anatomy of the fruit and seed. *Acta Scient. Nat. Univ. Intramongolicae*, 1991, vol. 22, pp. 389–395.
25. Vasil'eva O.Yu., Zueva G.A., Buglova L.V., Sarlaeva I.Ya., Ak-Lama T.A., Lezin M.S., Tsygankova A.S., Cheremisina A.V. The value of biomorphological researches in the introduction of economically useful plants in a continental climate. *Byulleten' botanicheskogo sada-instituta Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN* [Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2017, no. 18, pp. 73–79. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Магомед Г. Гаджиатаев собирал материал, составлял схематические рисунки, анализировал данные и помогал в интерпретации. Загирбег М. Асадулаев обработал и проанализировал результаты. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Magomed G. Gadzhiaev collected the material, made schematic drawings, analysed the data and helped in the interpretation. Zagirbeg M. Asadulaev processed and analysed the results. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Магомед Г. Гаджиатаев / Magomed G. Gadzhiaev <https://orcid.org/0000-0001-8969-6961>

Загирбег М. Асадулаев / Zagirbeg M. Asadulaev <https://orcid.org/0000-0001-5370-6611>

Оригинальная статья / Original article

УДК 581.527.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-4



Мониторинг виталитетного состояния ценопопуляций *Scabiosa gumbetica* Boiss. в разных локалитетах горного Дагестана

Зумариат А. Бийболотова, Аида И. Аджиева, Углангерек М. Аскерова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Зумариат А. Бийболотова, аспирант ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»; 367008 Россия, г. Махачкала, ул. Батырая, 2/12. Тел. +79285821586

Email zumariat1988@yandex.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-9842-2284>**Формат цитирования**

Бийболотова З.А., Аджиева А.И., Аскерова У.М. Мониторинг виталитетного состояния ценопопуляций *Scabiosa gumbetica* Boiss. в разных локалитетах горного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2025. Т. 20, N 3. С. 47-56. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-4

Получена 9 декабря 2023 г.

Прошла рецензирование 14 мая 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель. Мониторинг виталитетного состояния особей скабиозы гумбетовской в пяти ценопопуляциях Горного Дагестана за десять лет. Изучение виталитета проводилось с использованием современных методических подходов, основанных на размерной гетерогенности средневозрастных генеративных особей в популяции.

Показатели морфометрии особей скабиозы гумбетовской по разным ценопопуляциям горного Дагестана варьируют по годам и локалитетам. Большинство признаков морфометрии обладают повышенным коэффициентом вариации. Оценка виталитетного состояния особей скабиозы гумбетовской в разных ценопопуляциях выявила депрессивный их характер в большинстве случаев. Характер жизненности особей и индексы процветания/депрессивности изученных ценопопуляций переменны. В Тантаринской и Цудахарской ценопопуляциях в 2012 году выявлена небольшая степень их процветания, а в Гунибской, Чиркейской, Хариколинской – некоторая степень депрессивности. В 2021 году Хариколинская ценопопуляция обнаружила процветающий характер, в то время как Тантаринская и Цудахарская ценопопуляции снизили жизненность особей. Сама степень процветания/депрессивности изученных ценопопуляций невелика. Индекс виталитета также меняется по ценопопуляциям и по годам мониторинга. Для Цудахарской, Тантаринской и Гунибской ценопопуляций наиболее благоприятными для осуществления процессов роста и развития были условия 2012 года, а для Хариколинской и Чиркейской – 2021 года.

Несмотря на часто депрессивное качество, преобладание мелкофрагментной фракции растений и невысокий уровень индекса виталитета, ценопопуляции скабиозы гумбетовской прочно удерживают экотопы. Снижение жизненных процессов особей демонстрирует возможность выживания ценопопуляций в условиях стресса и адаптивный потенциал.

Ключевые слова

Мониторинг виталитета, ценопопуляции *Scabiosa gumbetica*, Горный Дагестан.

Monitoring of the vitality state of the cenopopulations of *Scabiosa gumbetica* Boiss. in different localities of mountainous Dagestan

Zumariyat A. Biybolatova, Aida I. Adzhieva and Uglangerek M. Askerova

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Zumariyat A. Biybolatova, postgraduate student,
Dagestan State University; 2/12 Batyraya St,
Makhachkala, Russia 367008.

Tel. +79285821586

Email zumariat1988@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9842-2284>

How to cite this article

Biybolatova Z.A., Adzhieva A.I., Askerova U.M.
Monitoring of the vitality state of the
cenopopulations of *Scabiosa gumbetica* Boiss. in
different localities of mountainous Dagestan. *South
of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):47-56.
(In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-4

Received 9 December 2023

Revised 14 May 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. Monitoring of the vitality status of individuals of *Scabiosa gumbetica* in five coenopopulations of mountainous Dagestan over a period of ten years.

The study of vitality was conducted using modern methodological approaches based on the size heterogeneity of middle-aged generative individuals in the population.

The morphometry parameters of individuals of *Scabiosa gumbetica* in different coenopopulations of mountainous Dagestan vary according to years and localities. Most morphometric features have an increased coefficient of variation. An assessment of the vitality state of individuals of *Scabiosa gumbetica* in different coenopopulations revealed their depressive character in most cases. The nature of the vitality of individuals and the indices of prosperity/depression of the studied coenopopulations are variable. In the Tantari and Tsudakhar coenopopulations in 2012, a small degree of their prosperity was revealed, and in the Gunib, Chirkey, Harikolo – some degree of depression. In 2021, the Harikolo coenopopulation found a prosperous character, while the Tantari and Tsudakhar coenopopulations reduced the vitality of individuals. The very degree of prosperity/depression of the studied coenopopulations is low. The vitality index also varies by coenopopulations and by year of monitoring. For the Tsudakhar, Tantari and Gunib coenopopulations, the most favourable conditions for the implementation of growth and development processes were the conditions of 2012, and for the Harikolo and Chirkey – 2021.

Despite the often depressive quality, the predominance of the small-sized fraction of plants and the low level of the vitality index, the coenopopulations of *Scabiosa gumbetica* firmly conform to the ecotopes of growth. The decrease in the life processes of individuals demonstrates the possibility of survival of coenopopulations under stress conditions and their adaptive potential.

Key Words

Vitality monitoring, cenopopulations *Scabiosa gumbetica*, mountainous Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение популяционных характеристик оригинальных и реликтовых видов является трудоемким, но перспективным направлением ботанических исследований. Только популяционные характеристики, к которым относятся морфометрия особей, демографический состав популяций, виталитетное состояние особей и их пространственное распределение могут дать полноценное и информативное представление о состоянии вида на той или иной территории. Зачастую, при фиксировании жизненных процессов в популяциях разных видов, используют внешние признаки, благодаря которым изучаемая популяция может выглядеть вполне «процветающе», на самом же деле в популяции могут, внешне незаметно, накапливаться негативные тенденции развития, являющиеся ответными

реакциями на постоянно действующие стрессовые факторы среды. Важность научного подхода для оценки жизненного состояния особей состоит в том, что популяции оригинальных дагестанских видов демонстрируют специфику нашей флоры, ее ценный фитофонд, который необходимо особенно беречь.

В этом плане наиболее ценными являются эндемики сухих среднегорий, представители растительности нагорных ксерофитов, к которым относится объект нашего исследования – *Scabiosa gumbetica* Boiss. (скабиоза гумбетовская), собранный А. П. Овериным в 1861 году из окрестностей селения Данух Гумбетовского района. Это эндемичное для Дагестана растение [1], петрофильный (рис. 1) гелиофильный, кальцефильный вид, произрастающий в сухих предгорьях и внутригорьях нашей республики.



Рисунок 1. Молодая генеративная особь *S. gumbetica* на скалистом склоне окрестностей с. Хариколо Хунзахского района

Figure 1. A young generative individual of *S. gumbetica* on a rocky slope in the vicinity of the village of Kharikolo, Khunzakhsy district

Целью наших исследований является мониторинг виталитетного состояния особей *S. gumbetica*, слагающих ценопопуляции разных участков нашей республики, входящих в естественный ареал вида.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа по изучению виталитета ряда ценопопуляций *S. gumbetica* начиналась в 2012 году, были определены территории, взятые в качестве точек для выявления жизненного состояния особей в отдельных

ценопопуляциях Внутригорного геоморфологического района: окрестности с. Тантари (высота 500 м над у.м.) Гумбетовского района, окрестности с. В. Гуниб (высота 1700 м над у.м.) Гунибского района, окрестности с. Хариколо (высота 1540 м над у.м.) Хунзахского района, окрестности с. Цудахар (высота 1150 м над у.м.) Левашинского района; Предгорного геоморфологического района: окрестности Чиркейского водохранилища (высота 400 м над у.м.) Буйнакского района.

Пункты исследования изучались повторно через 10 лет: в начале июля 2021 года в момент массового цветения-плодоношения генеративных особей изучаемого растения, а некоторые моменты уточнялись в период цветения особей в 2025 году. Для выделения учетных площадей использовали метод трансект [2], заложенных поперек склонов южной экспозиции с длиной 5 м и шириной 3 м. На площадях фиксировали особи в средневозрастном генеративном состоянии. Для определения возрастного состояния в полевых условиях пользовались маркерными признаками, пользуясь рекомендациями исследователей популяционной жизни этого вида [3; 4], основывающихся на морфоструктуре особей, интенсивности и локализации ростовых процессов, интеграции метамеров. Средневозрастные генеративные особи (выборка составляла 30 особей) изымали, высушивали в лаборатории и проводили морфометрические учеты. В качестве морфометрических признаков были выбраны наиболее значимые для продукционного процесса [5]: высота генеративного побега (см), число генеративных побегов (шт), число розеточных листьев вегетативного побега (шт), длина среднего листа генеративного побега (см), число цветков в соцветии (шт), число семян на головку (шт).

Полученные в результате камеральной обработки сборов данные обрабатывались с помощью возможностей математической статистики: определяли среднее арифметическое значение ($\bar{X}$), его ошибку ($S_{\bar{x}}$), коэффициент вариации ($CV = (S/\bar{X}) \times 100\%$)

и ошибку опыта ($S_{\bar{x}}\% = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{X}} \times 100\%$).

Как известно, базой популяционного исследования является оценка состояния структурных единиц ценопопуляций, оценка их жизнеспособности, то есть виталитета. Виталитетом считают ту или иную степень процветания популяции. Виталитетный подход основывается на морфологических параметрах, демонстрирующих ростовые и продукционные характеристики растений, он был предложен Ю.А. Злобиным [5].

Для оценки виталитетного состояния средневозрастных генеративных особей в исследуемых ценопопуляциях использовали морфометрические параметры, учтенные в пяти локалитетах, и приведенные выше. Суть метода Ю.А. Злобина основана на разделении популяционной выборки на размерные три класса. При этом результаты морфометрии особей ранжировались, ряд разделялся на три сегмента: а (крупноразмерные особи), б (средне-размерные особи), с (мелкоразмерные особи). Границы разделения лежали между значениями $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$. По участию в выборках

исследуемых ценопопуляций особей в том или ином размерном классе фиксировался виталитет. Если преобладал сегмент крупноразмерных особей $Q=1/2(a+b)>c$, то делали вывод о тенденциях процветания в популяционной жизни, если доминировал сегмент средне-размерных особей $Q=1/2(a+b)=c$, то фиксировали равновесный виталитет особей в ценопопуляции, в случае, если преобладал сегмент мелкоразмерных особей $Q=1/2(a+b)<c$,

характер жизненных процессов особей в ценопопуляции определяли как депрессивный. Автор такого метода указывал необходимость широкого использования его для разных видов растений, разных типов растительности, разных регионов [5]. Апробация метода определения виталитета предпринята нами и другими исследователями для оценки состояния ценопопуляций ряда эндемичных видов, таких как *Tanacetum akinfievii* (Alexeenko) Tzvelev, *Jurinea ruprechtii* Boiss., *Tragopogon dagestanicus* (Artemc.) Kuth., *Nonea deccurens* (C.A. Mey.) G. Don fil., *Corydalis tarkiensis* Prokh., *Onobrychis majorovii* Grossh. и др. [6–13]. Наши исследования являются логическим продолжением таких изысканий. Необходимость и важность подобного рода исследований с природоохранными целями обоснована возможностью обнаружения негативных тенденций популяционной жизни редкого растения, возможностью своевременного реагирования на такие тенденции.

При определении виталитетного состояния особей *S. gumbetica* в ценопопуляциях разных локалитетов, мы фиксировали также индекс виталитета, который показывает наилучшее/наихудшее состояние ценопопуляции, демонстрирующее более/менее благоприятные уровни условий жизни растений в рамках естественного ареала. Определялся этот показатель согласно А.Р. Ишбирдину, М.М. Ишмуратовой, Т.В. Жирновой [14] по средневысеченным значениям с использованием формулы:

$$IVC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{X_i},$$

в которой x_i – среднее значение признака в конкретной ценопопуляции, X_i – среднее значение признака

для всех учтенных ценопопуляций, N – количество признаков, взятых для анализа.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из важнейших характеристик ценопопуляций можно с полным правом считать их размерные структуры. Ведь, зачастую, именно размеры особей играют основную роль в самоподдержании ценопопуляции и ее жизнеспособности в условиях конкретной экологической обстановки. В нашей работе оказалось, что показатели морфометрии особей *S. gumbetica* по разным участкам Горного Дагестана сильно варьируют как по годам, так и по самим локалитетам. При этом данные морфометрического исследования, взятые для учета в разных локалитетах, могут различаться довольно сильно. При изучении морфометрических особенностей особей *S. gumbetica* в 2012 году было установлено, что наибольшими размерами (высота генеративного побега), самыми многостебельными вегетативными розетками, самыми длинными стеблевыми листьями и числом цветков на соцветие обладают особи в Цудахарском локалитете (табл. 1). Однако наибольшее число генеративных побегов в этом году зафиксировано у особей в Тантаринской ценопопуляции, а наибольшее число семян на головку – в Гунибской (табл. 1). В 2021 году оказалось, что наибольшими размерами (высота генеративного побега), числом розеточных листьев и цветков на соцветие характеризуются особи

Чиркейской ценопопуляции, число генеративных побегов, как и в 2012 году преобладает у особей в ценопопуляции Тантари. В Цудахарской ценопопуляции в этом году оказались самые длинные листья на побеге и наибольшее число семян на головку (табл. 1).

Если считать, что размеры особей отражают их жизненное состояние и определяют способность

слагаемой ими ценопопуляции к самоподдержанию, то, несомненно, ценопопуляция в окрестностях Цудахара в 2012 году должна иметь большие шансы на выживание, аналогично состоянию ценопопуляции *S. gumbetica* в окрестностях Чиркейского водохранилища в 2021 году.

Таблица 1. Сравнительная характеристика морфометрических признаков особей *S. gumbetica* по локалитетам и по годам исследований (верхняя ячейка – 2012, нижняя ячейка – 2021 г.)

Table 1. Comparative characteristics of morphometric features of *S. gumbetica* individuals by localities and by years of research (upper cell – 2012, lower cell – 2021)

$\bar{X} \pm S - x$	Тантари Tantari	Гуниб Gunib	Хариколо Harikolo	Цудахар Tsudahar	Чиркей Chirkey
Высота генеративного побега, см Height of the generative shoot, sm	22,99±0,85	21,28±0,58	17,63±0,64	34,79±0,90	25,6±0,54
	19,78±1,18	16,10±1,14	23,36±0,75	25,32±1,50	27,81±1,19
Число генеративных побегов, шт Number of generative shoots, pcs	28,20±2,36	9,79±0,82	7,84±0,80	11,13±1,10	13,91±1,30
	9,84±0,97	5,84±0,70	8,76±0,77	6,12±0,58	4,92±0,59
Число розеточных листьев вегетативного побега, шт Number of rosette leaves of a vegetative shoot, pcs	9,99±0,32	11,82±0,46	8,31±0,22	12,09±0,82	7,43±0,44
	7,59±0,55	9,32±0,51	9,24±0,71	9,00±0,63	10,48±0,74
Длина среднего листа генеративного побега, см Length of middle leaf of generative shoot, sm	3,35±0,10	4,56±0,02	3,15±0,13	4,99±0,18	3,36±0,08
	3,72±0,14	5,32±0,35	4,66±0,19	6,18±0,34	4,96±0,21
Число цветков в соцветии, шт Number of flowers in inflorescence, pcs	22,35±0,90	32,04±0,72	23,16±0,11	41,54±1,60	22,19±0,09
	23,60±1,38	27,00±1,60	24,56±0,91	26,72±1,61	31,28±1,16
Число семян на головку, шт Number of seeds per head, pcs	22,18±0,42	31,60±2,10	22,10±0,54	29,62±0,93	21,30±0,85
	23,50±0,79	21,44±0,66	22,56±1,06	21,64±0,95	21,00±0,77

Анализ коэффициента варьирования выявил наиболее вариабельные и наименее вариабельные признаки. Сильным разбросом значений характеризуются показатели числа побегов. По обоим годам мониторинга этот показатель у особей *S. gumbetica* обнаруживает высокий уровень коэффициента вариации. Причем, если число генеративных побегов в 2012 году по всем изучаемым ценопопуляциям было весьма неодинаково, то в 2021 году этот признак несколько сузил рамки варьирования. Низкий коэффициент вариации не зарегистрирован ни для одного учтенного морфометрического признака. Единственное в этом плане исключение составляют признаки «число цветков в соцветии» и «число семян на головку», где зафиксирован более или менее средний и повышенный уровень коэффициента вариации (табл. 2). Все учтенные признаки морфометрии, учитывая невысокую ошибку опыта, можно считать достаточно полно представляющими генеральные совокупности по отдельным выборкам.

Проводя мониторинг изменений морфометрических признаков, взятых для учета, мы убедились в том, что все признаки изменили свое среднее значение в исследуемых ценопопуляциях. Почти все признаки морфометрии особей *S. gumbetica* в Цудахарской и Гунибской ценопопуляциях уменьшили свое численное значение. Все или почти все (соответственно) признаки морфометрии средневозрастных генеративных особей в Хариколлинской и Чиркейской ценопопуляциях

увеличили свое численное значение. Тантаринская же ценопопуляция обнаружила в одних случаях уменьшение среднего значения признаков морфометрии, в других случаях – его увеличение (табл. 1). Известно, что экотопы произрастания *S. gumbetica* – это традиционные места обитания нагорных ксерофитов, южные, скалистые, каменистые, крутые склоны на высотах от 500 до почти 2000 м. Понятно, что здесь достаточно сильно меняются условия жизни, в то же время существуют разные способы реагирования (адаптивные действия) особей к вариабельному эколого-ценотическому окружению. Они выражаются либо в увеличении-уменьшении размеров, слагающих ценопопуляцию особей, либо в сгущении-разрежении проективного покрытия ими субстрата, либо в увеличении-снижении продукционных характеристик. В этом плане варьирование показателей морфометрии не представляется неясным.

Известно, что особи в популяции неодинаковы как в отношении возраста (возрастного состояния), так и по отношению к жизненности (здоровью). Такая гетерогенность, вызванная комплексом экологических факторов [15], служит источником микроэволюционных изменений, то есть именно популяции являются эволюционной единицей существования вида [16], а в итоге – основой появления генетического полиморфизма. В нашем исследовании жизненность особей определялась с опорой на признаки, которые показывают их рост и продуктивность. Оценка

виталитета особей в популяции с использованием таких информативных признаков позволила нам сделать определенные выводы о трендах развития и возможности существования популяции. Наиболее важными в плане продукции и роста считаются

признаки фитомассы особи, фитомассы листьев, высоты побегов. Мы при оценке виталитета учли шесть, с нашей точки зрения, довольно информативных морфометрических признаков, о которых уже говорили в предыдущем разделе.

Таблица 2. Флюктуации коэффициентов вариации признаков по локалитетам и по годам (верхняя ячейка – 2012, нижняя ячейка – 2021 г.)

Table 2. Fluctuations in the coefficients of variation of features by localities and by year (upper cell – 2012, lower cell – 2021)

Коэффициент вариации признаков Coefficients of variation of features	Тантари Tantari	Гуниб Gunib	Хариколо Harikolo	Цудахар Tsudahar	Чиркей Chirkey
Высота генеративного побега Height of the generative shoot	33,9 30,0	27,1 35,0	31,4 17,0	34,6 29,0	25,8 22,0
Число генеративных побегов Number of generative shoots	46,0 49,0	55,1 62,0	74,4 44,0	74,0 47,0	64,0 60,0
Число розеточных листьев вегетативного побега Number of rosette leaves of a vegetative shoot	33 36,0	39,3 27,0	29,5 39,0	57,0 35,0	27,6 35,0
Длина среднего листа генеративного побега Length of middle leaf of generative shoot	25,0 19,0	25,4 33,0	37,8 20,0	35,3 27,0	20,5 22,0
Число цветков в соцветии Number of flowers in inflorescence	21,3 17,0	22,9 30,0	15,7 18,0	23,8 30,0	17,5 19,0
Число семян на головку Number of seeds per head	24,5	24,3	24,4	23,3	17,8

Итоги оценки виталитетного состава исследуемых пяти ценопопуляций показаны в таблице 3. Данные этой таблицы свидетельствуют о неблагоприятном в целом состоянии жизненных процессов особей в большей части изученных ценопопуляций. Исследования, проведенные в одном из локалитетов (Тантаринском) в полевых сезонах 2012–2021 гг., продемонстрировали низкую степень виталитета особей в ценопопуляции [17]. Размещение особей по размерным классам (табл. 3) показало в большинстве случаев не стандартное «колоколообразное» с большинством в среднеразмерном классе (Тантаринская ценопопуляция), а распределение, когда больше экземпляров либо в классе мелких, либо в классе крупных растений (Гунибская, Хариколлинская, Цудахарская, Чиркейская ценопопуляции). В большинстве случаев оказалось, что особей в мелкоразмерном классе больше, чем в средне- и крупноразмерных (табл. 3). То есть фиксируется некоторая миниатюризация особей *S. gumbetica* в ценопопуляциях, что является в условиях экстремальных каменистых южных склонов гор ответной реакцией на ухудшение условий жизни. В целом из пяти изучаемых ценопопуляций в 2012 году Цудахарская и Тантаринская продемонстрировали процветающий характер. В 2021 году обследования процветающей оказалась Хариколлинская ценопопуляция.

Для уточнения степени качества жизненности особей *S. gumbetica* были рассчитаны индексы процветания/депрессивности изученных ценопопуляций. Мониторинг качества жизненных процессов в исследуемых ценопопуляциях выявил колебание этих признаков как по годам, так и по локалитетам. В этом отношении по Тантаринской и Цудахарской ценопопуляциям в 2012 году выявлена небольшая степень их процветания, а для Гунибской и Чиркейской –

небольшая степень депрессивности (табл. 3). В Хариколлинской ценопопуляции выявлена в этом же году обнаружена большая степень депрессивности качества ценопопуляции. Ситуация в 2021 году изменилась. Хариколлинская ценопопуляция обнаружилась процветающий характер, в то время как ранее процветающие Тантаринская и Цудахарская ценопопуляции снизили жизненность особей, причем в первой это произошло более значительно (табл. 3). Совершенно не изменился показатель качества изучаемой ценопопуляции за срок мониторинга в Чиркейском локалитете.

При определении жизненного состояния изучаемых ценопопуляций с помощью индекса виталитета были выявлены неодинаковые, хотя и близкие по значениям эколого-ценотические воздействия на особи *S. gumbetica* в разных локалитетах Горного Дагестана. Исследования также обнаружили колебания этого признака не только по ценопопуляциям, но и по годам мониторинга, аналогичные флюктуации уже отмечались исследователями для других объектов и ценопопуляций [18]. Большой разброс значений индекса виталитета обнаружился в 2012 году, при этом наименьшее значение индекса установлено для Хариколлинской ценопопуляции *S. gumbetica*, что подтверждается и низким качеством жизненных процессов особей в ней, определенным по Злобину (табл. 3). Наибольшее значение индекса виталитета выявлено для Цудахарской и Тантаринской ценопопуляций, что одновременно подтверждает наилучшие условия роста особей в этих локалитетах; это подтверждается также преобладанием группы крупных и средних по размеру особей согласно методике их ранжирования по Злобину. В целом, расположение индекса виталитета популяции по убывающей позволило зафиксировать

ряд ценопопуляций: Цудахар (1150 м) → Тантари (500 м) → Гуниб (1700 м) → Чиркей (400 м) → Хариколо (1540 м); в этом направлении ухудшаются условия реализации ростовых возможностей для изучаемого вида.

При изучении индекса виталитета в 2021 году, оказалось, что наилучшее состояние с лучшими условиями для осуществления роста и развития соответствует Цудахарской, Чиркейской и Харикололинской ценопопуляциям изучаемого растения, что подтверждают также вычисления виталитета особей по Злобину (табл. 3). В 2021 году условия для реализации процессов роста были менее благоприятными для Тантаринской и Гунибской ценопопуляций. Размещение ценопопуляций по уменьшению индекса виталитета (ухудшению условий для роста растений) демонстри-

рует ряд: Цудахар, Чиркей и Хариколо → Тантари → Гуниб. Весьма примечательно, что оба списка возглавляет Цудахарская ценопопуляция. Однако, при определении виталитета особей по Злобину в этом локалитете в 2012 году популяция относится в разряд процветающих, а в 2021 году – депрессивных, хоть и с крайне малой степенью депрессивности. Интересно также, что в отношении Чиркейской ценопопуляции, где виталитет особей по Злобину не изменился за десять лет учета, подсчитанный индекс виталитета популяции в 2012 году, тем не менее, был заметно ниже, чем в 2021. Либо это свидетельствует о большей чувствительности последней методики в сравнении с первой, либо о необходимости применять для изучения виталитета несколько разных подходов.

Таблица 3. Результаты оценки виталитета пяти ценопопуляций *S. gumbetica* по годам (Q_1, I_{Q1}, IVC_1 – 2012 г., Q_2, I_{Q2}, IVC_2 – 2021 г.)

Table 3. The results of assessing the vitality of five *S. gumbetica* cenopopulations by year (Q_1, I_{Q1}, IVC_1 – 2012, Q_2, I_{Q2}, IVC_2 – 2021)

Ценопопуляция / виталитет Coenopopulation / Vitality	Тантари Tantari	Гуниб Gunib	Хариколо Harikolo	Цудахар Tsudahar	Чиркей Chirkey
$Q_1=(a+b):2>, <, =c$	$(2,8+4,1):2 >3,1$	$(3,4+3,2):2 <3,4$	$(3,2+2,9):2 <4,0$	$(3,9+2,9):2 >3,2$	$(3,3+3,3):2 <3,4$
¹ Тип ценопопуляции ¹ Type of coenopopulation	процветающий prosperous	депрессивный depressive	депрессивный depressive	процветающий prosperous	депрессивный depressive
$Q_2=(a+b):2>, <, =c$	$(2,9+3,6):2 <3,9$	$(3,0+3,1):2 <3,9$	$(3,6+3,5):2 >2,9$	$(3,5+3,1):2 <3,4$	$(3,1+3,5):2 <3,4$
² Тип ценопопуляции ² Type of coenopopulation	депрессивный depressive	депрессивный depressive	процветающий prosperous	депрессивный depressive	депрессивный depressive
$I_{Q1}=(a+b):2c$	1,11	0,97	0,76	1,06	0,97
$I_{Q2}=(a+b):2c$	0,83	0,78	1,22	0,97	0,97
$IVC_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{X_i}$	1,08	1,05	0,77	1,23	0,88
$IVC_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{X_i}$	0,97	0,94	1,03	1,03	1,03

В целом индекс размерной пластичности, вычисленный как отношение максимального индекса виталитета к минимальному, обнаружил его колебания от 1,39 (2012 год) до 1,63 (2021 год), что соответствует приводимым пределам для многолетних трав. Подводя итог изучению индекса виталитета для пяти приведенных ценопопуляций, можно констатировать, что для Цудахарской, Тантаринской и Гунибской ценопопуляций наиболее благоприятными для осуществления процессов роста и развития были условия 2012 года, а для Харикололинской и Чиркейской – 2021 года.

Изучая виталитетное состояние особей *S. gumbetica* и ряда других дагестанских эндемичных видов в слагающих их многочисленных ценопопуляциях, мы приходим к заключению, что традиционные подходы, когда считается, что особь имеет высокий показатель виталитета, если у нее крупные размеры или высокие продукционные характеристики, не всегда и не для всех объектов оправданы, что уже не раз высказывалось исследователями. Одновременно с этим, мы в литературе постоянно наталкиваемся на сведения, когда организменные и популяционные показатели в

случае с скудными условиями экотопов (бедными почвами, преобладанием каменистых вкраплений и выходов материнских пород) могут быть до определенного порога достаточно высокими. Размерные показатели особей могут снижаться, о чем имеются сведения по Гунибской ценопопуляции исследуемого нами вида [19]. Таким образом, растения на бедных (вытапываемых) почвах приобретают ярко выраженную стресс-толерантную стратегию [20]. Аналогичные стратегические особенности популяций растений отмечают и исследователи их жизни в экстремальных каменистых или (и) высокогорных субстратах [21]. Отмечено также, что зачастую при наличии сомкнутых сообществ с более-менее оптимальными (часто, мезофильными) условиями среды обитания, гумусированными почвами, некоторые редкие виды «вытесняются» из фитоценозов другими более конкурентно-мощными растениями [22–24], то есть их фитоценотический оптимум все-таки связан с бедными экотопами.

Наблюдая за состоянием ценопопуляций *S. gumbetica* на территории Горного Дагестана, мы убедились, что в таких экстремальных условиях, как южные склоны аридной части Восточного Кавказа, видимо, необходимо для оценки состояния ценопопуляций использовать параллельно с классическими и какие-то другие, принципиально новые подходы. Ведь, несмотря на преобладание мелкоразмерной фракции особей, зачастую, их низкую семенную продукционную способность, ценопопуляции *S. gumbetica* довольно прочно удерживают экотопы (каменистые, скалистые южные экспозиции среднегорий) на протяжении многих лет и довольно широко распространены в горной части республики, расширяя ареал. Ежегодно исследователи фиксируют все новые и новые места произрастания этого вида в горном Дагестане. *S. gumbetica*, как и большинство нагорных ксерофитов Дагестана, занимает такие экстремальные экотопы, которые мало подходят для существования многих других видов, что оказывается сложным, но более выгодным для самого сохранения вида в целом адаптивным поведением. А хорошо заметное снижение жизненных процессов особей, выражающееся в их миниатюризации и других особенностях, на самом деле не свидетельствует об ухудшении состояния исследуемых ценопопуляций, а лишь демонстрирует возможность ее существования (выживания) в зоне экстремума, экологическую пластичность в меняющихся окружающих условиях.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены морфометрические показатели гетерогенности особей *S. gumbetica*, динамичность виталитетного состава и индекса виталитета изучаемых ценопопуляций, прямое соответствие индексов качества ценопопуляций и индексов их виталитета.
2. В изученных ценопопуляциях чаще преобладают мелкоразмерные особи, что свидетельствует о некотором ответном измельчании их на ухудшение условий жизни.
3. Индексы качества изученных ценопопуляций меняются по локалитетам и по годам, однако степень депрессивности или процветания ценопопуляций всегда невысокая.

4. Виталитетный тип изучаемых ценопопуляций за годы мониторинга сменился с процветающего на депрессивный (Цудахарская и Тантаринская) или с депрессивного на процветающий (Хариколлинская), либо остался без изменений (Гунибская и Чиркейская).

5. По градиенту ухудшения условий роста по виталитетному индексу наблюдаются рокировки по годам слежения: Цудахарская → Тантаринская → Гунибская → Чиркейская → Хариколлинская ценопопуляции в 2012 году и Цудахарская, Хариколлинская и Чиркейская → Тантаринская → Гунибская ценопопуляции в 2021 году.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена за счет гранта РФ № 25-24-20150 и 30-2025-004072 (регион) «Оценка состояния уязвимых видов растений на территориях Горного Дагестана, испытывающих антропогенное воздействие».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out with the support of Russian Science Foundation grant No. 25-24-20150 and 30-2025-004072 (region) "Assessment of the State of Vulnerable Plant Species in the Areas of Mountainous Dagestan Subject to Anthropogenic Impact".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Том II (*Euphorbiaceae - Dipsacaceae*). Махачкала: Издательский дом «Эпоха», 2009. 248 с.
2. Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С. и др. Ценопопуляции растений. Очерк популяционной биологии. Москва: Наука, 1988. 184 с.
3. Бийболатова З.А., Аджиева А.И. Результаты исследований чиркейской и тантаринской ценопопуляций скабиозы гумбетовской – эндемика дагестанских внутригорий // Материалы международной научной конференции «Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия». Ростов-на-Дону, 27-30 мая 2015. С. 153–155.
4. Магомедов К.Г., Аджиева А.И. Диагностика возрастных состояний *Scabiosa gumbetica* Boiss. // Вестник Дагестанского государственного университета. 2017. N 3. С. 97–103.
5. Злобин Ю.А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений // Ботанический журнал. 1989. Т. 74. N 6. С. 769–781.
6. Ахмедова З.М., Аджиева А.И. Виталитетное состояние особей *Onobrychis Majorovii* Grossh. в заповедной Сарыкумской (Дагестан) ценопопуляции // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2020. N 2. С. 27–33. DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-27-33
7. Бийболатова З.А., Аджиева А.И. О применении метода многомерного градиента для оценки виталитета популяций палеоэндемиков Дагестана // Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии». Грозный, 26-27 апреля, 2013. С. 62–65.
8. Магомедова Н.А., Аджиева А.И. Сравнительный анализ изменчивости морфометрических признаков и виталитета двух ценопопуляций эндемичного вида наголоватки предкавказской *Jurinea ciscaucasica* (Sosn) Iljin. // Аридные экосистемы. 2017. Т.3. N2 (71). С. 57–61.
9. Яровенко Е.В. Некоторые исследования популяции *Corydalis tarkiensis* (Fumariaceae) на Нараттубинском Хребте (Дагестан) // Ботанический Вестник Северного Кавказа. 2016. N 1. С. 82–90.
10. Гасанова А.М., Яровенко Е.В., Шихрагимова А.Э. Пространственное размещение редкого вида *Nonea deccurens* (С.А. Мей.) G. Donfil в предгорьях Дагестана // Ботанический

вестник Северного Кавказа. 2020. N 2. С. 34–45.

DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-34-45

11. Аджиева А.И. Результаты изучения популяции узколокального эндемика *Tanacetum akinfievii* в классическом местонахождении // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2016. N 1. С. 8–16.
12. Аджиева А.И. Изучение семенной продуктивности *Tragopogon dagestanicus* (Artetmc.) Kuthan на массиве Сарыкум // Материалы VI Всероссийской конференция с международным участием «Горные экосистемы и их компоненты», Нальчик, 11-16 сентября 2017. С. 44–45.
13. Аджиева А.И., Аджиева Н.А. Популяционные исследования юринеи Рупрехта на территории Внутригорного Дагестана // Труды XIV съезда Российского ботанического общества и конференция «Ботаника в современном мире». Т. 1, Махачкала, 18-23 июня, 2018. С. 228–230.
14. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирнова Т.В. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского Государственного заповедника // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. 2005. Вып. 1(9). С. 85–98.
15. Османов Р.М., Гусейнова З.А., Алибегова А.Н. Вскожесть семян и ростовая активность растений *Dianthus awaricus* Khar. в условиях Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 2 (63). С. 42–51. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-42-51
16. Хабибов А.Д., Маллалиев М.М. Роль режима использования экосистемы в структуре изменчивости некоторых элементов семенной продуктивности эндемика Дагестана – астрагала щельного // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. N 3(84). С. 59–70.
17. Аджиева А.И., Алиева З.М., Мартеньянова В. К. Естественное и микрореклональное воспроизведение палеоэндемика Дагестана *Scabiosa gumbetica* Boiss. // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 4. С. 30–39. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-30-39
18. Акатова Ю.С., Абазова А.И. Виталитет популяций подснежника альпийского (*Galanthus alpinus* Sosn., *Amarillidaceae*) в низкогорьях Северо-западного Кавказа // Экологический вестник Северного Кавказа. 2021. Т. 17. N 1. С. 66–73.
19. Амирова Л.А. Изменчивость признаков *Scabiosa gumbetica* Boiss. в зависимости от режима использования сообществ // Труды Дагестанского отделения Русского ботанического общества. 2015. Вып. 3. С. 10–12.
20. Ридер Р.Дж. Взаимосвязь между относительной численностью видов и признаками растений для бесплодной среды обитания // Экология растений. 1998. Т. 134. С. 43–51. DOI: 10.1023/A:1009700100343
21. Grime J.P. Plant strategies, vegetation process and ecosystem properties. London, Wiley & Sons, 2002, 264 p.
22. Черемушкина В.А., Гусева А.А., Макунина Н.И., Астащенко А. Ю., Денисова Г.Р. Фитоценоотическая характеристика, онтогенетическая структура и оценка состояния ценопопуляций *Scutellaria scordiifolia* (Lamiaceae) в Сибири // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56. Вып. 2. С. 138–150. DOI: 10.31857/S003399462002003X
23. Полетаева И.И. Состояние популяций некоторых редких лекарственных растений в бассейне реки Кожим (Приполярный Урал) // Вестник ИБ КОМИ НЦ Уро РАН. 2017. N 4. С. 10–15.
24. Рейх К., Почлот П. Морфология и фенология *Scabiosa columbaria* из скошенных и выпасаемых мест обитания. Результаты имитационного эксперимента // Флора. 2011. Т. 206. Вып. 10. С. 887–891.

REFERENCES

1. Murtazaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana* [Synopsis of the flora of Dagestan]. Makhachkala, Epokha Publ., 2009, 248 p. (In Russian)
2. Zaugol'nova L.B., Zhukova L.A., Komarov A.S. i dr. *Tsenopopulyatsii rastenii. Ocherk populyatsionnoi biologii* [Cenopopulations of plants. Essay on population biology]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 184 p. (In Russian)

3. Biibolotova Z.A., Adzhieva A. I. Rezul'taty issledovaniy chirkeiskoi i tantarinskoi tsenopopulyatsii skabiozy gumbetovskoi – ehndemika dagestanskikh vnutrigorii [Results of research of Chirkei and Tantara coenopopulations of scabiosa gumbetovskaya – endemic of Dagestan foothills]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Rol' botanicheskikh sadov v sokhranении i monitoringe bioraznoobraziya», Rostov-na-Donu, 27-30 maya 2015* [Proceedings of the international scientific conference "The role of botanical gardens in the conservation and monitoring of biodiversity", Rostov-on-Don, 27-30 May 2015]. Rostov-on-Don, 2015, pp. 153–155. (In Russian)
4. Magomedov K.G., Adzhieva A.I. Diagnosis of *Scabiosa gumbetica* Boiss. age-related conditions. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald of Dagestan State University]. 2017, no. 1, pp. 97–103. (In Russian)
5. Zlobin Yu.A. Theory and practice of assessing the vitality composition of plant coenopopulations. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical journal]. 1989, no. 6, pp. 769–781. (In Russian)
6. Akhmedova Z.M., Adzhieva A.I. Vital state of individuals of *Onobrychis Majorovii* Grossh. in the reserved Sarykum (Dagestan) coenopopulation. *Botanical Bulletin of the North Caucasus*, 2020, no. 2, pp. 27–33. (In Russian) DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-27-33
7. Biibolotova Z.A., Adzhieva N.A. O primenении metoda mnogomernogo gradienta dlya otsenki vitaliteta populatsii paleoehndemikov Dagestana [On the application of the multidimensional gradient method for assessing the vitality of populations of paleoendemic Dagestan]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problemy biologii i ehkologii, Grozny. 26-27 April 2013* [Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference "Actual problems of biology and ecology", Grozny, 26-27 April 2013]. Grozny, 2013, pp. 62–65. (In Russian)
8. Magomedova N.A., Adzhieva A.I. Comparative analysis of the variability of morphometric traits and vitality of two cenopopulations of the endemic species *Nagolovatkia ciscaucasica* (Sosn.) iljin. *Aridnye ehkosisistemy* [Arid ecosystems]. 2017, vol. 3, no. 2 (71), pp. 57–61. (In Russian)
9. Yarovenko E.V. Some studies of the population of *Corydalis tarkiensis* (Fumariaceae) on the Narattyubinsky Ridge (Dagestan). *Botanicheskii Vestnik Severnogo Kavkaza* [Botanical Bulletin of the North Caucasus]. 2016, no. 1, pp. 82–90. (In Russian)
10. Gasanova A.M., Yarovenko E.V., Shikhragimova A.E. Spatial placement of a rare species *Nonea deccurens* (C.A. Mey.) G. Donfil in the foothills of Dagestan. *Botanical Bulletin of the North Caucasus*, 2020, no. 2, pp. 34–45. (In Russian) DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-34-45
11. Adzhieva A.I. Results of the study of the population of the narrow-locality endemic *Tanacetum akinfievii* in the classical location. *Botanicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Botanical Bulletin of the North Caucasus]. 2016, no. 1, pp. 8–16. (In Russian)
12. Adzhieva A.I. Izuchenie semennoi produktivnosti *Tragopogon dagestanicus* (Artetmc.) Kuthan na massive Sarykum [Study of seed productivity of *Tragopogon dagestanicus* (Artetmc.) Kutchan on the Sarykum massif]. *Materialy VI Vserossiiskoi konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Gornye ehkosisistemy i ikh komponenty», Nal'chik, 11-16 sentyabrya 2017* [Proceedings of the VI All-Russian Conference with international participation "Mountain ecosystems and their components", Nalchik, 11-16 September 2017]. Nalchik, 2017, pp. 44–45. (In Russian)
13. Adzhieva A.I., Adzhieva N.A. Populyatsionnye issledovaniya yurinei Ruprekhta na territorii Vnutrigornogo Dagestana [Population studies of Yurineia Ruprecht on the territory of Intra-Mountainous Dagestan]. *Trudy XIV s'ezda Rossiiskogo botanicheskogo obshchestva i konferentsiya «Botanika v sovremennom mire».* Makhachkala, 18-23 iyunya 2018 [Proceedings of the XIV Congress of the Russian Botanical Society and the conference "Botany in the modern world", Makhachkala, 18-23 June 2018]. Makhachkala, 2018, pp. 228–230. (In Russian)
14. Ishbiridin A.R., Ishmuratova M.M., Zhirnova T.V. Strategies of life seedlings of *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. on the territory of the Bashkir State nature reserve. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo* [Bulletin of the Nizhny Novgorod University]. 2005, no. 1(9), pp. 85–98. (In Russian)

15. Osmanov R.M., Huseynova Z.A., Alibegova A.N. Seed germination and growth activity of plants of *Dianthus awaricus* Khar. in the conditions of Intra-Mountainous Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 2 (63), pp. 42–51. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-42-51
16. Khabibov A.D., Mallaliev M.M. The role of the ecosystem use regime in the structure of variability of some elements of seed productivity endemic to Dagestan – *astragalus schelny*. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2020, vol. 26, no. 3(84), pp. 59–70. (In Russian)
17. Adjieva A.I., Alieva Z.M., Martemyanova V. K. Natural and microclonal reproduction of paleoendemic Dagestan *Scabiosa gumbetica* Boiss. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 30–39. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-4-30-39
18. Akatova Yu.S., Abasova A.I. The vitality of the alpine snowdrop population (*Galanthus alpinus* Sosn., Amaryllidaceae) in the low mountains of the North-Western Caucasus *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* [Ecological Bulletin of the North Caucasus]. 2021, vol. 17, no. 1, pp. 66–73. (In Russian)
19. Amirova L.A. Variability of signs of *Scabiosa gumbetica* Boiss. depending on the mode of use of communities. *Trudy Dagestanskogo otdeleniya Russkogo botanicheskogo obshchestva* [Proceedings of the Dagestan branch of the Russian Botanical Society]. 2015, iss. 3, pp. 10–12. (In Russian)
20. Reader R.J. Relationship between species relative abundans and plant traits for an infertile habitat. *Plant Ecology*, 1998, vol. 134, no. 2, pp. 43–51. DOI: 10.1023/A:1009700100343
21. Grime J.P. Plant strategies, vegetation process and ecosystem properties. London, Wiley a Sons, 2002, 264 p.
22. Cheremushkina V.A., Guseva A.A., Makunina N.I., Astashenkov A.Yu., Denisova G.R. Phytocoenotic characteristics, ontogenetic structure and assessment of the state of coenopopulations of *Scutellaria scordiifolia* (Lamiaceae) in Siberia. *Plant resources*, 2020, vol. 56, no. 2, pp. 138–150. (In Russian) DOI: 10.31857/S003399462002003X
23. Poletaeva I.I. The state of populations of some rare medicinal plants in the Kozhim River basin (Circumpolar Urals). *Vestnik IB KOMI NTS Uro RAN* [Bulletin of the Komi Scientific Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2017, no. 4, pp. 3–12. (In Russian)
24. Reisch C., Roschlod P. Morphology and phenology of *Scabiosa columbaria* from mown and grazed habitats. Resalts of simulation experiment. *Flora* [Flora]. 2011, vol. 206, pp. 887–891. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Авторы совместно работали над сбором полевого материала, его камеральной обработкой, обсуждением результатов и подготовкой рукописи статьи. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors worked together on the collection of field material, its desk processing, discussion of the results and preparation of the manuscript of the article. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Зумарият А. Бийболатова / Zumariyat A. Biybolatova <https://orcid.org/0000-0001-9842-2284>

Аида И. Аджиева / Aida I. Adzhieva <https://orcid.org/0000-0002-7621-5898>

Углангерек М. Аскерова / Uglangerek M. Askerova <https://orcid.org/0009-0003-8774-4837>

Оригинальная статья / Original article

УДК 581.9(470.6)

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-5



Пространственная организация ареалогической структуры флоры бассейна реки Аргун

Эльза Ш. Дудагова¹, Муса А. Тайсумов^{1,2,3}, Абдулгамид А. Теймуров⁴,
Маржан А.-М. Астамирова^{1,2,3}, Элина Р. Байбатырова¹

¹Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия

²Академия наук Чеченской Республики, Грозный, Россия

³Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН, Грозный, Россия

⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Муса А. Тайсумов, вице-президент Академии наук Чеченской Республики, д.б.н., профессор, «ГКНУ Академии наук Чеченской Республики»; 364043 Россия, г. Грозный, ул. В.Алиева, 19А. Тел. +79298903213

Email musa_taisumov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

Формат цитирования

Дудагова Э.Ш., Тайсумов М.А., Теймуров А.А., Астамирова М.А.-М., Байбатырова Э.Р. Пространственная организация ареалогической структуры флоры бассейна реки Аргун // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 57-65. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-5

Получена 1 июня 2025 г.

Прошла рецензирование 19 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

В статье изложены результаты исследования пространственной организации ареалогической структуры флоры бассейна реки Аргун. Перечислены присутствующие на исследуемой территории географические элементы. Для анализа влияния абиотических условий и антропогенного фактора на ареалогическую структуру флоры бассейна реки Аргун отобрали широкоареальные (Палеарктический, Общедревнесредиземноморский, Плюрирегиональный), узкоареальный Кавказский, а также Адвентивный геоэлементы, представленность которых имеет информационное значение при оценке степени унификации, специфичности и антропогенной трансформации флоры.

Отмечено, что ареалогическая структура локальных флор бассейна реки Аргун во многом зависит от природно-климатических условий и имеет большое информационное значение для оценки антропогенной трансформации экосистем. Вдоль высотного градиента возрастает степень специфичности флоры района исследований (представленность Кавказского геоэлемента), максимально выраженная в условиях высокогорий. Под влиянием человеческой деятельности, а также в условиях температурно-водного режима равнинно-предгорных территорий, наблюдается унификация флоры бассейна реки Аргун (распространение широкоареальных видов) и существенное увеличение представленности адвентивных видов.

Ключевые слова

Флора, ареалогическая структура, бассейн реки Аргун, геоэлементы, пространственная организация.

Spatial organization of the arealogical structure of the Argun River basin flora, Russia

Elza Sh. Dudagova¹, Musa A. Taisumov^{1,2,3}, Abdulgamid A. Teymurov⁴,
Marzhan A.-M. Astamirova^{1,2,3} and Elina R. Baybatyrova¹

¹Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia

²Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny Russia

³Kh.I. Ibragimov Integrated Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia

⁴Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Musa A. Taisumov, Vice-President, Academy of Sciences of the Chechen Republic. Doctor of Biological Sciences & Professor, GGNU, Academy of Sciences of the Chechen Republic; 19A V.Aliyeva St., Grozny, Russia 364043.

Tel. +79298903213

Email musa_taisumov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

How to cite this article

Dudagova E.Sh., Taisumov M.A., Teymurov A.A., Astamirova M.A.-M., Baybatyrova E.R. Spatial organization of the arealogical structure of the Argun River basin flora, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):57-65. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-5

Received 1 June 2025

Revised 19 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

The article presents the results of the study of the spatial organization of the areal structure of the flora of the Argun River basin. The geographical elements present in the study area are listed. Based on the analysis of the influence of abiotic conditions and anthropogenic factors on the areal structure of the flora of the Argun River basin, wide-areal (Palearctic, Pan-ancient Mediterranean, Pluriregional), narrow-areal Caucasian, and Adventive geoelements were selected, the representation of which has information value in assessing the degree of unification, specificity and anthropogenic transformation of the flora.

It is noted that the areal structure of local floras of the Argun River basin largely depends on natural and climatic conditions and has great information value for assessing the anthropogenic transformation of ecosystems. Along the altitudinal gradient, the degree of specificity of the flora of the study area increases (representation of the Caucasian geoelement), which is most pronounced in highland conditions. Under the influence of human activity, as well as in the conditions of the temperature and water regime of the plain-foothill territories, there is a unification of the flora of the Argun River basin (distribution of wide-range species) and a significant increase in the representation of adventive species.

Key Words

Flora, area structure, Argun River basin, geoelements, spatial organization.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевыми объектами сравнительной флористики выступают региональные естественные флоры, занимающие территории с четкими физико-географическими границами. К таким территориям, в частности, относятся речные бассейны, где водоразделы зачастую служат естественными барьерами, ограничивающими обмен генетическим материалом между изолированными популяциями и тем самым способствующими процессам видообразования.

Анализ таких флор требует обязательного использования материалов, полученных в ходе первичных полевых исследований. Хотя флорам речных бассейнов Российского Кавказа посвящен целый ряд работ [1–6], данное направление сохраняет высокую актуальность. Только детальные полевые исследования, обеспечивающие достоверную инвентаризацию и документирование видового состава на конкретных участках бассейнов, позволяют получить необходимую основу для анализа. Каждая региональная флора обладает уникальной историей, сформированной миграционными и видообразовательными процессами. Глубокое познание этих процессов, основанное на верифицированных полевых данных, является ключом к построению точных моделей флорогенеза для более обширных территорий, таких как Большой Кавказ. Именно комплексный анализ результатов первичных полевых работ вносит решающий вклад не только в решение фундаментальных вопросов флорогенеза, но и в более глобальную задачу изучения и сохранения биоразнообразия.

Флора бассейна реки Аргун имеет черты явно выраженной оригинальности [7], что выражается в наличии локальных эндемиков и субэндемиков (*Erysimum subnivale* Prima, *Podospermum grigorashvillii* Sosn., *Ranunculus tebulosica* Prima, *Sedum argunense* Galushko, *Tragopogon otschiaurii* S. Kuthateladze и др.), становление которых связано с этой территорией, а также разного ранга реликтов (*Drosera rotundifolia* L., *Equisetum fluviatile* L., *Hypopitys monotropa* Crantz, *Hablitzia tamnoides* Bieb., *Helleborus caucasicus* A.Br. и др.) и (*Celtis glabrata* Stev. ex Planch., *Cerasus. incana* (Pall.) Spach, *Fumana procumbens* (Dun.) Gren. et Godr., *Juniperus oblonga* Bieb., *Notholaena maranthae* (L.) Desv., *Ostrya carpinifolia* Scop. *Scabiosa rotata* Bieb. и др.), свидетельствующих о миграционных процессах в историческом развитии флоры. Аналитические данные о таксономическом составе флоры, соотношении флороценоэлементов, биоморф и геоэлементов позволяют внести существенный вклад в изучение особенностей региональной флоры бассейна реки Аргун.

Понимание того, как именно распределены различные компоненты флоры (виды, роды, жизненные формы, группы по местообитаниям и географическому происхождению, эндемики, реликты, охраняемые виды) по территории бассейна реки Аргун под воздействием климата, рельефа и деятельности человека – остается важной научной проблемой. Для ее решения необходимо провести сравнение параметров элементарных (локальных)

флор этого бассейна и проанализировать, как на них влияют факторы окружающей среды. Такое исследование даст возможность: 1) понять общие принципы пространственной организации флоры региона; 2) найти по видам растений индикаторы, сигнализирующие о степени антропогенного изменения ландшафтов; 3) картировать зоны с наибольшей уязвимостью, минимальными нарушениями и высокой природоохранной (соэкологической) значимостью. Конечная цель – использование этих результатов для научно обоснованного, рационального управления растительными ресурсами бассейна и защиты находящихся под угрозой видов растений.

Таким образом, уникальность флоры бассейна реки Аргун, ее роль в понимании флорогенеза Кавказа и необходимость выявления закономерностей ее пространственной организации под влиянием природных и антропогенных факторов делают изучение ареологической структуры этой флоры актуальной научной задачей. Такой анализ является логическим продолжением инвентаризационных работ и единственным методом, позволяющим получить объективную картину распределения биоразнообразия, выявить индикаторы нарушений и выделить ключевые территории для сохранения уникального растительного покрова бассейна реки Аргун. Результаты будут иметь как фундаментальное значение для сравнительной флористики и биогеографии, так и важное практическое применение в охране природы и рациональном природопользовании региона.

Цель исследования – провести ареологический анализ флоры бассейна реки Аргун и выявить закономерности ее пространственной организации под влиянием природно-климатических факторов.

Объектом исследования была флора бассейна реки Аргун (рис. 1). Река Аргун, среди притоков реки Сунжи является крупнейшим по протяженности и имеет наибольший средний многолетний расход воды. Собственно река Аргун образуется при слиянии двух её главных притоков – Чанты-Аргуна и Шаро-Аргуна.

Истоки Чанты-Аргун (левый приток) располагаются на территории Грузии на северных склонах Пшав-Хевсуретского хребта. По данным государственного водного реестра [8] длина водотока Чанты-Аргуна составляет 148 км, а водосборная площадь бассейна – 3390 км². После выхода реки из пределов Бокового хребта в Северо-Юрской депрессии в Чанты-Аргун впадают воды правых притоков Маистихи и Кериги, стекающих с северных склонов Тушетского хребта, и правого притока Гешичу, бассейн которого располагается на южных склонах Скалистого хребта.

Протяженность водотока Шаро-Аргуна – правого притока Аргуна – составляет 86 км, а водосборная площадь 1150 км² [8]. Главный водоток Шаро-Аргуна и его правые притоки Хуландойахк и Данейламхи берут начало с ледников Тушетского хребта. У выхода из Шаройской котловины в Шаро-Аргун впадает ещё один правый приток – Кенхи, собирающий свои воды с северных склонов Снегового хребта.

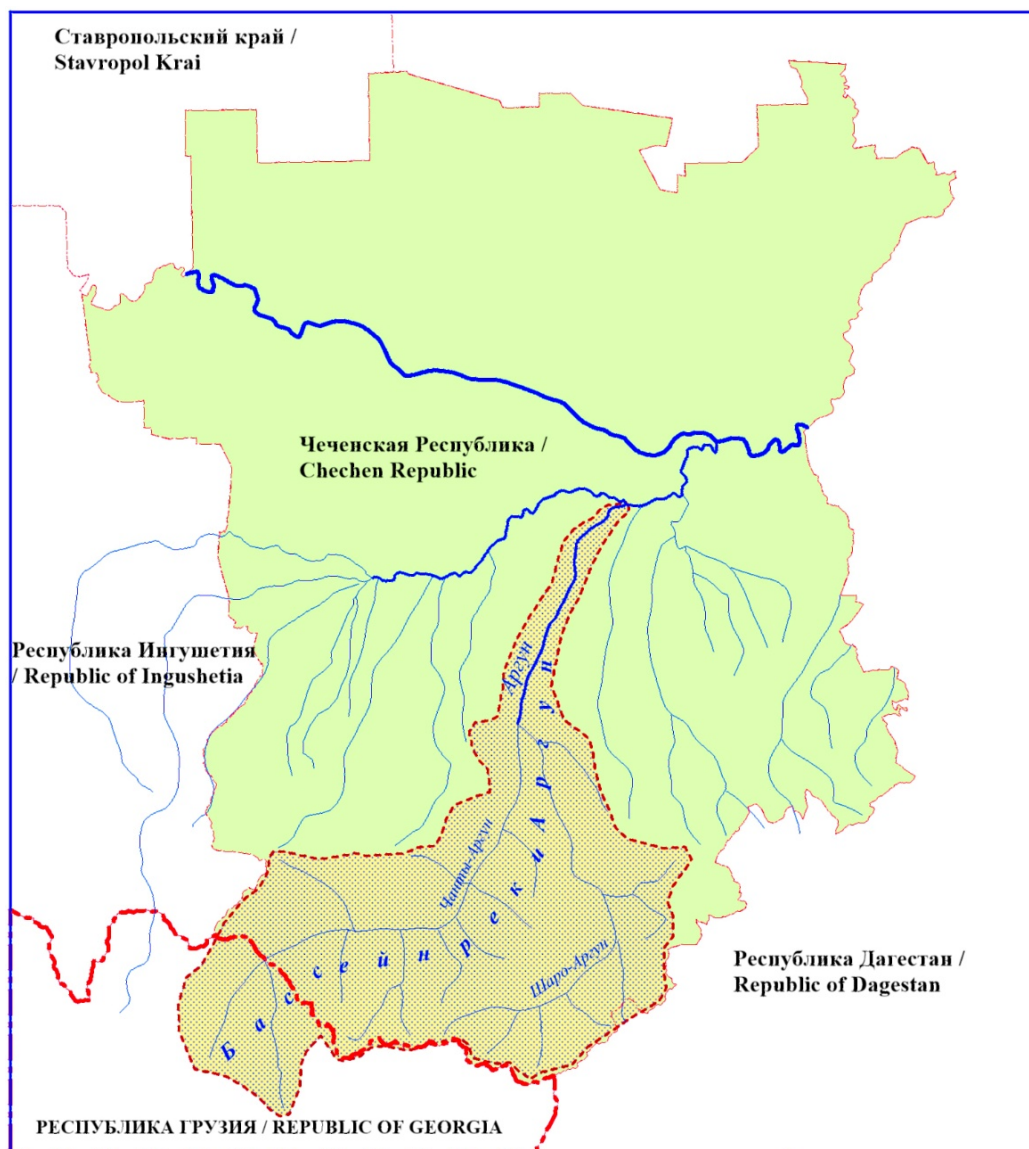


Рисунок 1. Географическое положение бассейна реки Аргун
Figure 1. Geographical location of the Argun River basin

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой исследования является монотипическая концепция вида. Работа базируется на данных полевых экспедиционных исследований по выявлению видового состава и сбору гербарного материала (более 2000 экземпляров), а также на анализе гербарных фондов и литературных источников. Обработаны гербарные фонды Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), Чеченского государственного университета, личный гербарий д.б.н., профессора М.А. Тайсумова.

Флористическое районирование бассейна реки Аргун основано на секторальном разделении территории по растительным поясам с последующей обработкой флористических списков методами математической статистики по В.М. Шмидт [9] с вычислением коэффициентов сходства и построением дендритов.

При определении основных природно-климатических характеристик флористических районов использовали готовые географические слои экологической информации (ГИС-продукты) – трехмерную цифровую модель рельефа SRTM [10], набор климатических данных WorldClim [11]. Для оценки и антропогенной

трансформации ландшафтов в границах отдельных районов применяли карту значений количественного показателя антропогенной нагрузки на экосистемы Земли – Human Footprint map [12]. Это готовый ГИС-продукт в виде глобальной карты с разрешением 1 км², в каждой ячейке которой количественно (в баллах или процентах) отражена величина комплексного антропогенного воздействия, включая о плотность населения, характер трансформации земель (пастбища, сельскохозяйственные угодья, городская инфраструктура и т.п.), доступность территории (дорожная сеть) и развитость энергетической инфраструктуры (световое загрязнение и т.п.). Каждый из этих факторов оценен по шкале от 0 (нет влияния) до 10 (сильно трансформированные территории) с суммированием баллов [13].

Для оценки направления и интенсивности влияния природно-климатических и комплексного антропогенного факторов на численность видов в разных геоэлементах флоры бассейна реки Аргун использовали значения парного коэффициента корреляции Пирсона (r), рассчитываемые в пакете программ Statistica 10. Сильные корреляции выделяли при значении $r \geq 0,7$ при уровне значимости $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во флоре бассейна реки Аргун нами выделено 22 географических элемента, общий спектр которых

представлен в таблице 1. Карта флористических районов, указанных в данной таблице представлена на рисунке 2.

Таблица 1. Число видов в составе геоэлементов (по Н.Н. Портениеру, [13; 14] с некоторыми изменениями) во флорах флористических районов бассейна р. Аргун

Table 1. Number of species in the geoelement floras (according to N.N. Portenier, [13; 14] with modifications) of the floristic regions within the Argun River basin

Геоэлементы Geoelements	Флористические районы / Floristic regions					
	Н-А L-A	Хайл Hail	Ит-Кал It-Kal	Кенх Kengk	Шат Shat	Теб Teb
Голарктический / Holarctic	42	31	11	24	57	54
Палеарктический / Palearctic	167	103	65	83	58	59
Общебореальный / Circumboreal	3	10	3	6	13	12
Евро-Сибирский / Euro-Siberian	22	24	10	20	16	15
Евро-Кавказский / Euro-Caucasian	72	79	30	66	57	56
Кавказский / Caucasian	14	72	65	123	250	268
Кавказско-Эвксинский / Caucasian-Euxine	2	4	1	4	4	5
Понтийско-Южносибирский / Pontic-South Siberian	14	8	17	13	2	2
Понтийский / Pontic	14	3	4	4	1	0
Общедревнесредиземноморский / Pan-Ancient-Mediterranean	45	14	16	12	6	4
Западнодревнесредиземноморский / West Ancient Mediterranean	26	8	7	12	2	3
Средиземноморский / Mediterranean	9	5	3	2	4	3
Восточносредиземноморский / East Mediterranean	9	2	2	3	5	4
Ирано-Туранский / Irano-Turanian	6	0	5	5	4	2
Армено-Иранский / Armeno-Iranian	0	1	5	4	6	4
Туранский / Turanian	4	1	1	0	0	0
Субсредиземноморский / Submediterranean	22	8	0	8	5	5
Субкавказский / Subcaucasian	16	40	24	55	91	91
Субпонтийский / Subpontic	12	5	4	5	2	2
Субтуранский / Subturanian	10	1	5	3	5	5
Плюрирегиональный / Pluriregional	27	14	7	12	8	10
Адвентивный / Adventive	24	3	1	1	0	0

Примечание: Н-А – Нижне-Аргунский, Хайл – Хайлазамский, Ит-Кал – Итум-Калинский, Кенх – Кенхйский, Шат – Шатилийский, Теб – Тебулосский районы

Note: L-A – Lower-Argunsky, Hail – Hailazamsky, It-Kal – Itum-Kalinsky, Kengk – Kenkhiysky, Shat – Shatiliysky, Teb – Tebulosky districts

Соотношение географических элементов (ареалогических групп) в локальных флорах бассейна реки Аргун может служить показателем степени антропогенизации ландшафтов или сохранности экосистем. Однако для оценки биоиндикационного значения ареалогической структуры флоры бассейна реки Аргун целесообразно анализировать соотношение в локальных флорах наиболее крупных геоэлементов.

Так, относительно других флористических районов, в равнинно-предгорном Нижне-Аргунском районе большую представленность имеют широкоареальные виды – представители Палеарктического (167 видов), Общедревнесредиземноморского (45 видов) и Плюрирегионального (27 видов) геоэлементов (табл. 1, рис. 3). Их численность заметно ниже в среднегорных и особенно высокогорных флористических районах. Представленность узкоареальных видов Кавказского и Субкавказского геоэлементов, напротив, возрастает вдоль высотного градиента. Минимальная численность голарктических видов, многие из которых в своем распространении привязаны к достаточно увлажненным местообитаниям, отмечена в засушливых условиях Итум-Калинской аридной котловины и

соответствующего флористического района. Численность бореальных видов Евро-Сибирской флористической области варьирует в небольшом диапазоне – от 10 до 24 видов с наименьшей представленностью в Итум-Калинском районе. Виды Евро-Кавказского геоэлемента достаточно равномерно представлены во всех флористических районах (56–79 видов), за исключением Итум-Калинского (всего 30 видов).

Хорологическую гетерогенность флоры Нижне-Аргунского района также подчеркивает максимальная представленность Западнодревнесредиземноморского и Субсредиземноморского геоэлементов. Адвентивный (чужеродный) геоэлемент не представлен во флоре высокогорных Шатилийского и Тебулосского районов. Его численность в среднегорных районах составляет всего 1–3 вида, а в равнинно-предгорном Нижне-Аргунском районе достигает 24 видов (табл. 1, рис. 3).

Для анализа влияния абиотических условий и антропогенного фактора на ареалогическую структуру флоры бассейна реки Аргун отобрали широкоареальные (Палеарктический, Общедревнесредиземноморский, Плюрирегиональный), узкоареальный Кавказский, а также Адвентивный

геоэлементы, представленность которых имеет информационное значение при оценке степени унификации, специфичности и антропогенной трансформации флоры. Так, высокая численность широкоареальных видов Палеарктического, Общедревнесредиземноморского, Плурирегионального геоэлементов и чужеродного Адвентивного геоэлемента, значительная часть которых во флоре

бассейна реки Аргун представлена сорными растениями, является показателем унификации (потери естественных зональных черт) и антропогенной трансформации флоры конкретных районов. Высокая численность видов с узким географическим ареалом, в том числе кавказских эндемиков, напротив, служит индикатором минимальной степени антропогенизации ландшафтов.

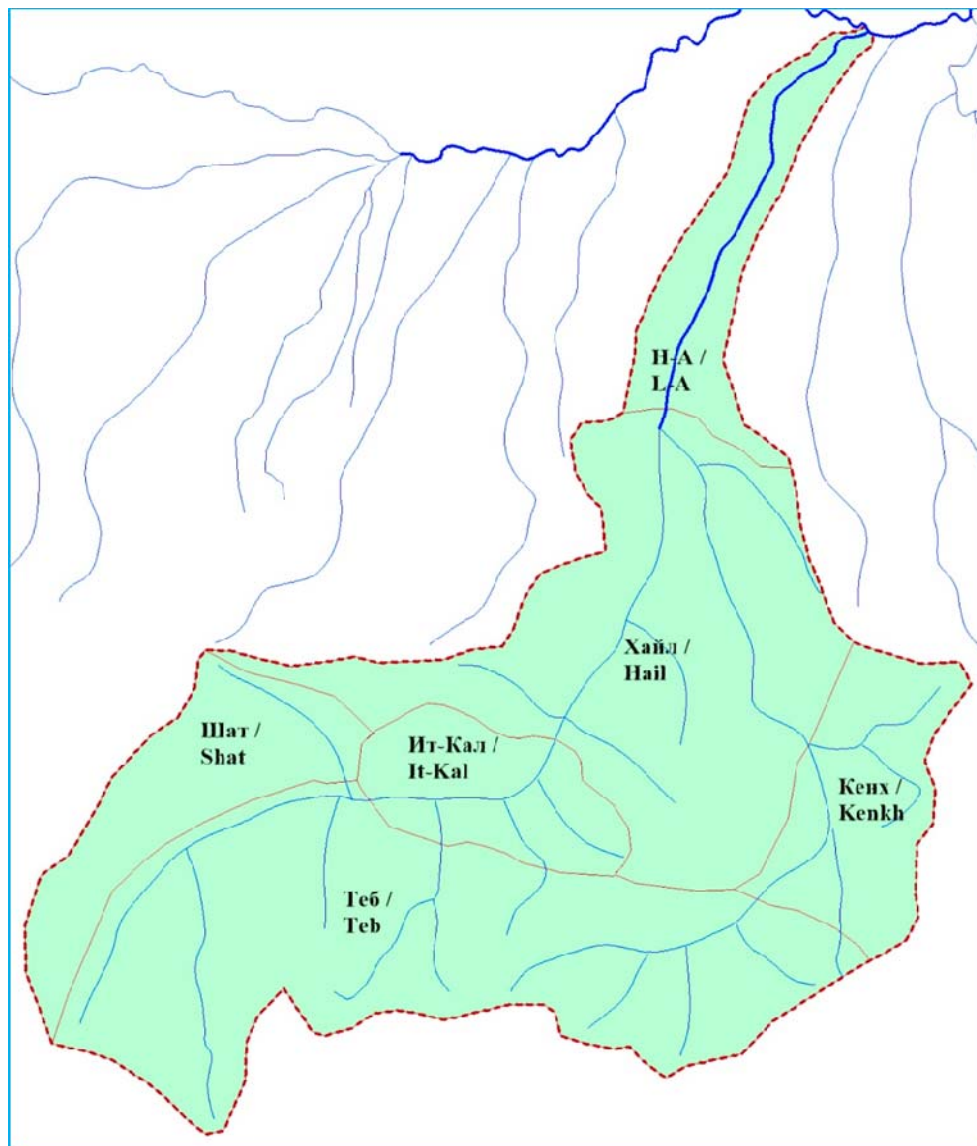


Рисунок 2. Флористические районы бассейна реки Аргун: Н-А – Нижне-Аргунский, Хайл – Хайлазамский, Ит-Кал – Итум-Калинский, Кенх – Кенхийский, Шат – Шатилийский, Теб – Тебулосский флористические районы
Figure 2. Floristic areas of the Argun River basin L-A – Lower-Argunsky, Hail – Hailazamsky, It-Kal – Itum-Kalinsky, Kenkh – Kenhiysky, Shat – Shatiliysky, Teb – Tebulosky districts

Подтверждением вышесказанного является наличие достоверной положительной корреляционной связи ($r = 0,93-0,95$; $p < 0,05$) между значениями индекса комплексного антропогенного давления на природные экосистемы Human footprint и численностью Палеарктического, Общедревнесредиземноморского, Плурирегионального и Адвентивного геоэлементов в локальных флорах бассейна реки Аргун (табл. 2).

Представленность этих геоэлементов в основном снижается вдоль высотного градиента и с увеличением крутизны склонов (отрицательные значения коэффициента r). Отрицательные корреляции

выявлены между числом видов Палеарктического, Общедревнесредиземноморского, Плурирегионального и Адвентивного геоэлементов и количеством осадков в самый влажный весенне-летний квартал года bio16 (r от -0,8 до -1) и самый холодный зимний квартал bio18 (r от -0,9 до -1) (табл. 2), типично возрастающими при продвижении от равнинно-предгорных к высокогорным территориям. Положительные корреляции характерны со значением годовой амплитуды температур bio7 ($r = 0,9-1$), обычно снижающейся вдоль высотного градиента.

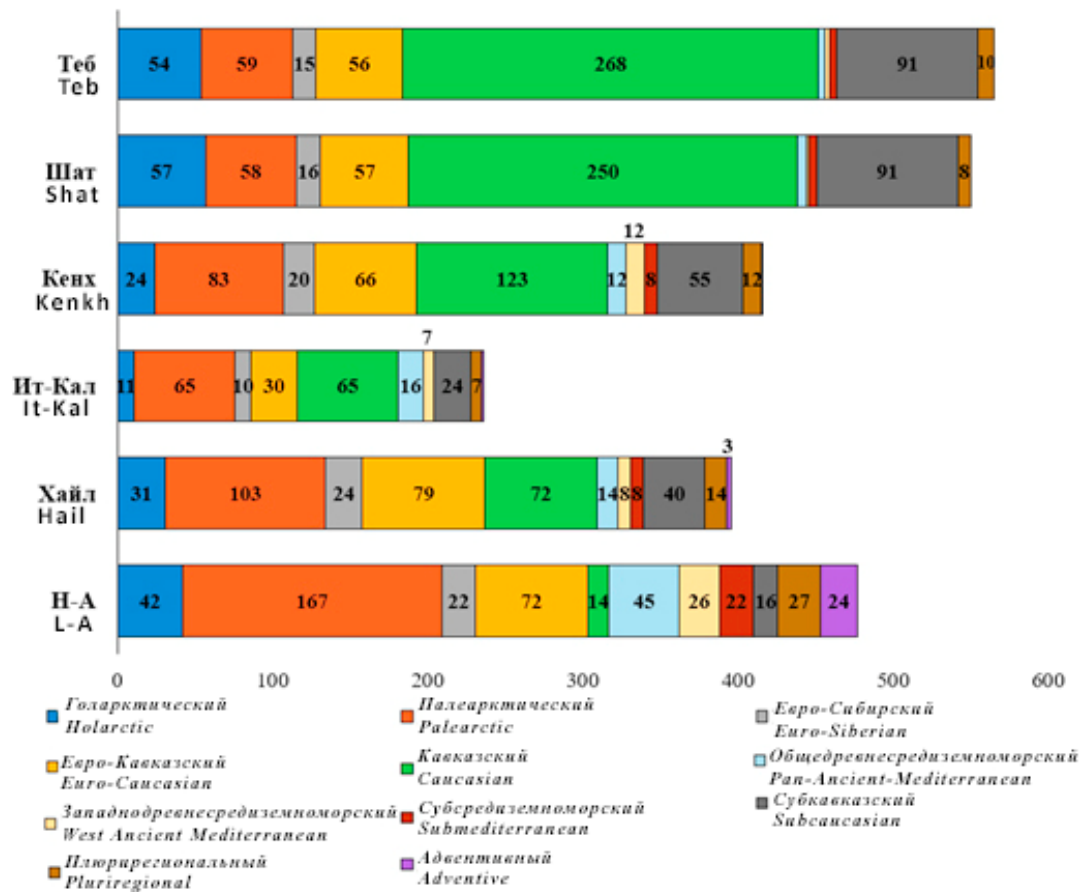


Рисунок 3. Соотношение геоэлементов во флористических районах бассейна реки Аргун
Подписи на столбцах диаграммы обозначают число видов. Представлены крупные геоэлементы, включающие не менее 20 видов хотя бы в одном районе
Figure 3. The ratio of geoelements in the floristic regions of the Argun River basin
The captions on the columns of the diagram indicate the number of species.
Large geoelements are presented, including at least 20 species in at least one region

Таблица 2. Значения парного коэффициента корреляции Пирсона (r) между численностью представителей разных геоэлементов флоры и параметрами среды бассейна реки Аргун
Table 2. Values of Pearson correlation (r) between the number of species in different flora geoelements and the environmental parameters of the Argun River basin

Геоэлементы / Geoelements	Параметры среды / Environment Settings										
	alt	slope	bio1	bio5	bio6	bio7	bio12	bio16	bio17	bio18	Human footprint
Палеарктический / Palearctic	-0,9	-1,0	0,8	0,8	0,6	0,9	-0,8	-0,9	-0,6	-1,0	0,93
Общедревнесредиземноморский / Pan-Ancient-Mediterranean	-0,9	-1,0	0,8	0,9	0,7	1,0	-0,8	-1,0	-0,6	-1,0	0,93
Плюрирегиональный / Pluriregional	-0,8	-0,9	0,6	0,7	0,4	0,9	-0,7	-0,8	-0,5	-0,9	0,95
Кавказский / Caucasian	0,9	0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-0,9	1,0	0,9	0,9	0,7	-0,57
Адвентивный / Adventive	-0,8	-0,9	0,7	0,8	0,5	0,9	-0,7	-0,9	-0,4	-1,0	0,97

Примечание: alt – высота над уровнем моря, м; slope – уклон, °; bio1 – среднегодовая температура, °C; bio5 – максимальная температура наиболее теплого месяца, °C; bio6 – минимальная температура самого холодного месяца, °C; bio7 – годовая амплитуда температур, °C; bio12 – годовые осадки, мм; bio16 – количество осадков в самый влажный квартал, мм; bio17 – количество осадков в самый сухой квартал, мм; bio18 – количество осадков в наиболее холодный квартал, мм. Human footprint – индекс комплексного антропогенного давления на природные экосистемы. Полу жирным выделены достоверные корреляции (p<0,05)
Note: alt – altitude, m; slope – slope, °; bio1 – mean annual temperature, °C; bio5 – maximum temperature of the warmest month, °C; bio6 – minimum temperature of the coldest month, °C; bio7 – annual temperature amplitude, °C; bio12 – annual precipitation, mm; bio16 – precipitation in the wettest quarter, mm; bio17 – precipitation in the driest quarter, mm; bio18 – precipitation in the coldest quarter, mm. Human footprint – index of complex anthropogenic pressure on natural ecosystems. Significant correlations (p<0.05) are marked in bold

Численность видов Кавказского геоэлемента флоры бассейна реки Аргун напрямую не связана с интенсивностью антропогенной нагрузки на ландшафты (корреляция с низкой и недостоверная, $r = 0,6$; $p > 0,05$), но во многом определяется природно-климатическими условиями местообитаний (табл. 2). При этом степень специфичности флоры района исследований (численность кавказских видов) возрастает вдоль высотного градиента, при увеличении уклона местности, годовых осадков bio12, количества осадков в самый влажный bio16 и сухой bio17 квартала года (достоверные положительные корреляции), то есть максимальна в высокогорных районах. Снижается численность кавказских видов с увеличением показателей среднегодовой температуры bio1, годовой амплитуды температур bio7 и минимальной температуры самого холодного месяца bio6 (r от $-0,9$ до -1 ; $p < 0,05$), то есть максимально в условиях равнинных территорий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ареалогическая структура локальных флор бассейна реки Аргун во многом зависит от природно-климатических условий и имеет большое информационное значение для оценки антропогенной трансформации экосистем. Вдоль высотного градиента возрастает степень специфичности флоры района исследований (представленность Кавказского геоэлемента), максимально выраженная в условиях высокогорий. Под влиянием человеческой деятельности, а также в условиях температурно-водного режима равнинно-предгорных территорий, наблюдается унификация флоры бассейна реки Аргун (распространение широкоареальных видов) и существенное увеличение представленности адвентивных видов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Портениер Н.Н. Географический анализ флоры бассейна реки Черек Безенгийский (Центральный Кавказ). II. Географические элементы // В кн.: Флора и ботаническая география Северного Кавказа. Москва: Изд-во Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 13–38.
2. Бондаренко С.В. Петрофитная флора Северо-Западного Кавказа (на примере бассейна реки Афипс) // Ботанический журнал. 2002. Т. 87. N 1. С. 81–92.
3. Шильников Д.С. Выделение флороценоэлементов для горной флоры бассейна реки Большая Лаба // Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе: Материалы 51-й научной конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь, 2006. С. 259–262.
4. Чотчаева Р.Р. Флора бассейна реки Теберды (Западный Кавказ) и её анализ: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2011. 22 с.
5. Гузиев Х.Ю., Кожиков М.Х. К истории изученности флоры Баксанского ущелья Кабардино-Балкарии // Биосфера и человек: Труды международной научно-практической конференции. Майкоп, 2003. С. 35–37.
6. Хизриева А.И. Особенности лесных фитоценозов флоры бассейна реки Махнех // Биологическое разнообразие Кавказа: Мат. VIII международ. конф. Нальчик, 2006. Ч. 1. С. 92.
7. Дудагова Э.Ш., Тайсумов М.А., Астамирова М.А.-М., Байбатырова Э.Р. Эколого-ценотическая структура флоры бассейна реки Аргун // Устойчивое развитие горных территорий. 2024. Т. 16. N 4. С. 1783–1793.
8. Поиск по данным государственного водного реестра. URL: <https://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 12.03.2025)

9. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1984. 286 с.
10. SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (дата обращения: 12.03.2025)
11. WorldClim. WorldClim climate data base. URL: <https://worldclim.com/version2> (дата обращения: 12.03.2025)
12. Scott M. The Human Footprint. NASA EarthData. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/news/feature-articles/human-footprint> (дата обращения: 12.03.2025)
13. Портениер Н.Н. Методические вопросы выделения географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. 2000. Т. 85. N 6. С. 76–84.
14. Портениер Н.Н. Система географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. 2000. Т. 85. N 9. С. 26–33.

REFERENCES

1. Portenier N.N. [Geographical analysis of the flora of the Cherek Bezengiykiy River basin (Central Caucasus). II. Geographical elements]. In: *Flora i botanicheskaya geografiya Severnogo Kavkaza* [Flora and botanical geography of the North Caucasus]. Moscow, KMK Publ., 2012, pp. 13–38. (In Russian)
2. Bondarenko S.V. Petrophytic flora of the Northwestern Caucasus (using the Afipse River basin as an example). *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 2002, vol. 87, no. 1, pp. 81–92. (In Russian)
3. Shilnikov D.S. Vydelenie florotsenoelementov dlya gornoj flory basseina reki Bol'shaya Laba [Isolation of florocoenoelements for the mountain flora of the Bolshaya Laba River basin]. *Materialy 51-i nauchnoi konferentsii «Universitetskaya nauka – regionU» "Problemy razvitiya biologii i ehkologii na Severnom Kavkaze", Stavropol', 2006* [Proceedings of the 51st Scientific Conference "University Science - to the Region" "Problems of Development of Biology and Ecology in the North Caucasus", Stavropol, 2006]. Stavropol, 2006, pp. 259–262.
4. Chotchaeva R.R. *Flora basseina reki Teberdy (Zapadnyi Kavkaz) i ee analiz* [Flora of the Teberda River Basin (Western Caucasus) and its Analysis]. Abstract of a PhD Thesis. Stavropol, 2011, 22 p. (In Russian)
5. Guziev H.Yu., Kozhikov M.Kh. K istorii izuchennosti flory Baksanskogo ushchel'ya Kabardino-Balkarii [On the History of the Study of the Flora of the Baksan Gorge of Kabardino-Balkaria]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Biosfera i chelovek", Maikop, 2003* [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Biosphere and Man", Maykop, 2003]. Maykop, 2003, pp. 35–37. (In Russian)
6. Khizrieva A.I. Osobennosti lesnykh fitotsenozov flory basseina reki Makhnekh [Features of forest phytocenoses of the flora of the Makhneh River basin]. *Mat. VIII mezhdunarod. konf. "Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza", Nal'chik, 2006* [Proc. VIII international. conf. "Biological diversity of the Caucasus", Nalchik, 2006]. Nalchik, 2006, part 1, p. 92. (In Russian)
7. Dudagova E.Sh., Taisumov M.A., Astamirova M.A.-M., Baibatyrova E.R. Ecological and cenotic structure of the flora of the Argun River basin. *Ustoichivoe razvitie gornyx territorii* [Sustainable development of mountain territories]. 2024, vol. 16, no. 4, pp. 1783–1793.
8. *Poisk po dannym gosudarstvennogo vodnogo reestra* [Search in the data of the state water register]. Available at: <https://textual.ru/gvr/> (accessed 12.03.2025)
9. Schmidt V.M. *Matematicheskie metody v botanike* [Mathematical methods in botany]. Leningrad, Leningrad University Publ., 1984, 286 p. (In Russian)
10. SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. Available at: <https://srtm.csi.cgiar.org/> (accessed 12.03.2025)
11. WorldClim. WorldClim climate data base. Available at: <https://worldclim.com/version2> (accessed 12.03.2025)
12. Scott M. The Human Footprint. NASA EarthData. Available at: <https://www.earthdata.nasa.gov/news/feature-articles/human-footprint> (accessed 12.03.2025)
13. Portenier N.N. Methodological issues of identifying geographical elements of the Caucasus flora. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 2000, vol. 85, no. 6, pp. 76–84. (In Russian)

14. Portenier N.N. The system of geographical elements of the Caucasus flora. Botanicheskii zhurnal [Botanical Journal]. 2000, vol.

85, no. 9, pp. 26–33. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Эльза Ш. Дудагова, Муса А. Тайсумов проанализировали данные и написали рукопись. Абдулгамид А. Теймуров разработал картографический материал. Маржан А.-М. Астамирова выполнила общее редактирование текста. Элина Р. Байбатырова участвовала в сборе и обработке гербарного материала. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elza Sh. Dudagova and Musa A. Taisumov analysed the data and wrote the manuscript. Abdulgamid A. Teymurov developed cartographic material. Marzhan A.-M. Astamirova performed general editing of the text. Elina R. Baybatyrova participated in the collection and processing of herbarium material. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Эльза Ш. Дудагова / Elza Sh. Dudagova <https://orcid.org/0009-0008-1135-1881>

Муса А. Тайсумов / Musa A. Taisumov <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

Абдулгамид А. Теймуров / Abdulgamid A. Teymurov <https://orcid.org/0000-0003-1832-7864>

Маржан А.-М. Астамирова / Marzhan A.-M. Astamirova <https://orcid.org/0000-0003-2251-0696>

Элина Р. Байбатырова / Elina R. Baybatyrova <https://orcid.org/0000-0002-6323-8871>

Обзорная статья / Review article
УДК 636.933:591.5:502.743
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-6



Экологические и морфофункциональные особенности водяного оленя (*Hydropotes inermis*) – нового вида в фауне России

Егор М. Щелканов¹, Ольга Ф. Чернова², Юрий И. Мануков¹, Дмитрий В. Панкратов³

¹Государственный университет просвещения, Москва, Россия

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

³Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора, Владивосток, Россия

Контактное лицо

Егор М. Щелканов, студент, кафедра общей биологии и биоэкологии, факультет естественных наук, Государственный университет просвещения; 105005 Россия, г. Москва, ул. Радио, д. 10А.
Тел. +79243215162
Email egorshchelkanov@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0202-958X>

Формат цитирования

Щелканов Е.М., Чернова О.Ф., Мануков Ю.И., Панкратов Д.В. Экологические и морфофункциональные особенности водяного оленя (*Hydropotes inermis*) – нового вида в фауне России // Юг России: экология, развитие. 2025. Т. 20, N 3. С. 66-81. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-6

Получена 4 июня 2025 г.

Прошла рецензирование 22 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: обобщить имеющиеся данные по экологии и морфологии водяного оленя (*Hydropotes inermis* Swinhoe, 1870).

Водяной олень является наиболее примитивным в составе семейства оленевых (Cervidae Goldfuss, 1820) и имеет наибольшее морфологическое сходство с вымершими дремотериинами. Филогенетическое древо митохондриального гена цитохрома b показывает близость водяного оленя с косулями (*Capreolus* Gray, 1821) и мунтжаками (*Muntiacus* Rafinesque, 1815). Ряд морфофункциональных характеристик водяного оленя способствуют его обитанию в переувлажненных биотопах. Современный ареал *H. inermis* фрагментирован: китайский подвид обитает в нижнем течении реки Янцзы, корейский – на Корейском п-ве и активно расширяет свой ареал на сопредельные территории. В работе обсуждается экспансия водяного оленя на юг Приморского края, приводятся данные о питании, размножении и динамике численности здесь этого вида, а также потенциальные проблемы в сфере биологической безопасности.

На юге Приморья сформировалась устойчивая популяция водяного оленя, численность которой продолжает увеличиваться благодаря высокой продуктивности этого вида, наличию достаточной кормовой базы, мест для укрытий и последовательно совершенствуемой системе охраны природных территорий в России, КНР и КНДР. Водяной олень может рассматриваться как резервный элемент кормового ресурса для краснокнижных крупных кошачьих. Необходимо активизировать зоологические исследования этого вида и обязательно сочетать их с комплексным эколого-вирусологическим и паразитологическим мониторингом.

Ключевые слова

Водяной олень, *Hydropotes inermis*, экология, морфология, ареал, Приморский край.

Ecological and morphofunctional features of the water deer (*Hydropotes inermis*): A new species in the fauna of Russia

Egor M. Shchelkanov¹, Olga F. Chernova², Yuri I. Manukov¹ and Dmitry V. Pankratov³

¹State University of Education, Moscow, Russia

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology of Rospotrebnadzor, Vladivostok, Russia

Principal contact

Egor M. Shchelkanov, Student, Department of General Biology and Bioecology, Faculty of Natural Sciences, State University of Education; 10A, Radio str., Moscow, Russia 105005.

Tel. +79243215162

Email egorshchelkanov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0202-958X>

How to cite this article

Shchelkanov E.M., Chernova O.F., Manukov Yu.I., Pankratov D.V. Ecological and morphofunctional features of the water deer (*Hydropotes inermis*): A new species in the fauna of Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):66-81. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-6

Received 4 June 2025

Revised 22 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. To summarise the available data on the ecology and morphology of the water deer (*Hydropotes inermis* Swinhoe, 1870).

The water deer is the most primitive in the deer family (Cervidae Goldfuss, 1820) and has the greatest morphological similarity with the extinct Dremotheriinae. A phylogenetic tree of the mitochondrial cytochrome b gene shows the proximity of the water deer to roe deer (*Capreolus* Gray, 1821) and muntjacs (*Muntiacus* Rafinesque, 1815). A number of morphofunctional characteristics of the water deer contribute to its habitat in waterlogged habitats. The modern range of *H. inermis* is fragmented: the Chinese subspecies inhabits the lower reaches of the Yangtze River, while the Korean one – on the Korean Peninsula is actively expanding its range to the adjacent territories. The paper discusses the expansion of the water deer in the south of the Primorsky krai, provides data on the nutrition, reproduction and population dynamics of this species here as well as potential problems in the field of biosafety.

A stable population of water deer has formed in the south of the Primorsky krai. The size of this population continues to increase due to the high productivity of this species, the availability of sufficient fodder, places for shelters and the consistently improved system of protection of natural territories in Russia, China and North Korea. The water deer can be considered as a reserve element of the food resource for the large felines of IUNC Red List. It is necessary to intensify zoological studies of this species and combine them with comprehensive ecological, virological and parasitological monitoring.

Key Words

Water deer, *Hydropotes inermis*, ecology, morphology, natural habitat, Primorsky krai.

ВВЕДЕНИЕ

Появление в фауне России нового вида крупного наземного млекопитающего – водяного оленя (*Hydropotes swinhoei* Swinhoe, 1870) корейского подвида (*H. i. argyropus* Heude, 1884) [1; 2] – значимое событие, требующее не просто обновления зоологических кадастров, но разработки инструментов для анализа изменений в экологической обстановке и внесения необходимых корректировок в схемы осуществления программ рационального природопользования.

До 2019 г. териофауна России включала 8 видов оленевых (Cervidae Goldfuss, 1820): европейский лось (*Alces alces* L., 1758), американский лось³ (*A. americanus* Clinton, 1822), европейская косуля (*Capreolus capreolus* L., 1758), сибирская косуля (*Capreolus pygargus* Pallas, 1771), благородный олень (*Cervus elaphus* L., 1758), пятнистый олень (*C. nippon* Temminck, 1838), лань (*Dama dama* L., 1758) и северный олень (*Rangifer tarandus* L., 1758) [3–5]. Включение в указанный перечень водяного оленя не было связано с единичным событием природного или техногенного характера, заставившим представителей этого вида массово преодолеть реку Туманная со стороны Корейской Народно-Демократической Республики (КНДР) или пересечь контрольно-следовую полосу (КСП) на границе с Китайской Народной Республикой (КНР) и заселить прилегающие российские территории. Сведения о том, что копытное животное с необычным габитусом (похожее одновременно и на сибирскую кабаргу⁴ (*Moschus moschiferus* L., 1758), и на сибирскую косулю, хотя и отличается от обеих) встречается в южной части Приморского края стали поступать от местных жителей, охотников и пограничников ещё с конца прошлого века, однако носили разрозненный эпизодический характер [2]. Первое объективное свидетельство нахождения *H. inermis* в Хасанском районе Приморья было получено в апреле 2019 г. в форме изображения с фотоловушки, установленной на южном участке Национального парка «Земля леопарда» (рис. 1) [1; 6]. В октябре 2019 г. было обнаружено чучело копытного животного, названного «Хасанская кабарга», идентифицированное специалистами как *H. inermis* [2]. Первая полноценная ветеринарная экспертиза была проведена в феврале 2020 г. в Центре диагностики болезней животных Института животноводства и ветеринарной медицины Приморской государственной сельскохозяйственной академии (г. Уссурийск) [2] после того, как в Хасанском районе был обнаружен труп самки водяного оленя (рис. 1) в возрасте примерно 2,5 года, поступивший в Дальневосточный Банк биологических материалов от особо охраняемых животных и растений [7] при ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (код поступления образца FEBVM WD-2).

В последующие годы накопилось достаточное количество снимков фотоловушек, регистраций встреч с

водяным оленем и результатов его авиаучётов на территории южной части Хасанского района Приморского края, чтобы можно было говорить об устойчивой популяции этого вида в России [8–13] и сопредельных территориях КНР [10; 14]. Постановлением регионального Правительства Приморского края № 576-пп от 22.08.2022 *H. i. argyropus* был внесен в Красную книгу Приморского края со статусом «Редкий вид» [15].

Целью данной работы является обобщение имеющихся данных по экологии и морфологии водяного оленя на юге российского Дальнего Востока для прогнозирования динамики его ареала и степени его влияния на межпопуляционные взаимодействия в этом стратегически важном для Российской Федерации регионе.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таксономия водяного оленя⁵ (*H. inermis*) определяется его принадлежностью к монотипическому роду водяных оленей (*Hydropotes* Swinhoe, 1870) из монотипического подсемейства водяных оленей (Hydropotinae Trouessart, 1898) семейства оленевых (Cervidae Goldfuss, 1820), входящего в состав подотряда жвачных (Ruminantia Scopoli, 1777) отряда китопарнокопытных (Cetartiodactyla Montgelard et al., 1997) [3–5; 16; 17]. Некоторые авторы на основании молекулярно-генетических данных включают водяного оленя в подсемейство косуль (Capriolinae Brookes, 1828) (см. также рис. 2) [18].

Водяной олень является одним из наиболее примитивных видов среди оленевых: наряду с серым мазамай (*Mazama gouazoubira* Fischer, 1814) он имеет хромосомный набор $2n=70$, что считается кариотипом предковых форм всех китопарнокопытных [19]. Более того, показано, что Cervidae можно считать монофилетической группой, только если в молекулярно-генетический анализ митохондриальных ДНК включен *H. inermis* [20]. Эти данные согласуются с выводами А.И. Вислобоковой (1990), полученными в результате анализа палеонтологических материалов, о том, что *H. inermis* имеет наибольшее морфологическое сходство с представителями вымершего Dremotheriinae Geoffroy, 1833 из позднего олигоцена (25 млн. лет назад) – клыкастых безрогих предков современных кабарговых и оленевых [21].

³ Несмотря на свое название, *A. americanus* широко представлен на территории Евразии: здесь его ареал простирается от Енисея до побережья Тихого океана [3–5].

Despite its name, *A. americanus* is widely represented in Eurasia: its range here extends from the Yenisei River to the coast of the Pacific ocean [3–5].

⁴ Сибирская кабарга относится не к семейству оленевых, а к семейству кабарговых (Moschidae Gray, 1821) [3–5].

The Siberian musk deer does not belong to the deer family, but to the musk deer family (Moschidae Gray, 1821) [3–5].

⁵ Водяного оленя не следует путать с другими представителями Cervidae, имеющими похожие названия: болотным оленем-барасингой (*Rucervus duvaucelii* Cuvier G., 1823), который обитает в водно-болотных угодьях полуострова Индостан и прилегающих территориях Южной Азии; болотным оленем (*Blastocerus dichotomus* Illiger, 1815), ареал которого включает затопляемые влажные саванны восточной части Южной Америки. Кроме того, известен ещё водяной олень (*Hyemoschus aquaticus* Ogilby, 1841), но он не имеет отношения к оленевым, являясь представителем семейства оленьковых (Tragulidae Milne-Edwards, 1864) [16].

The water deer should not be confused with other representatives of the Cervidae with similar names: the barasingha swamp deer (*Rucervus duvaucelii* Cuvier G., 1823), which lives in the wetlands of the Indian Subcontinent and adjacent territories of South Asia; the marsh deer (*Blastocerus dichotomus* Illiger, 1815) whose range includes flooded wet savannas of the eastern part South America. In addition, the water chevrotain (*Hyemoschus aquaticus* Ogilby, 1841) is also known, but it is not related to deer being a representative of the deer family (Tragulidae Milne-Edwards, 1864) [16].

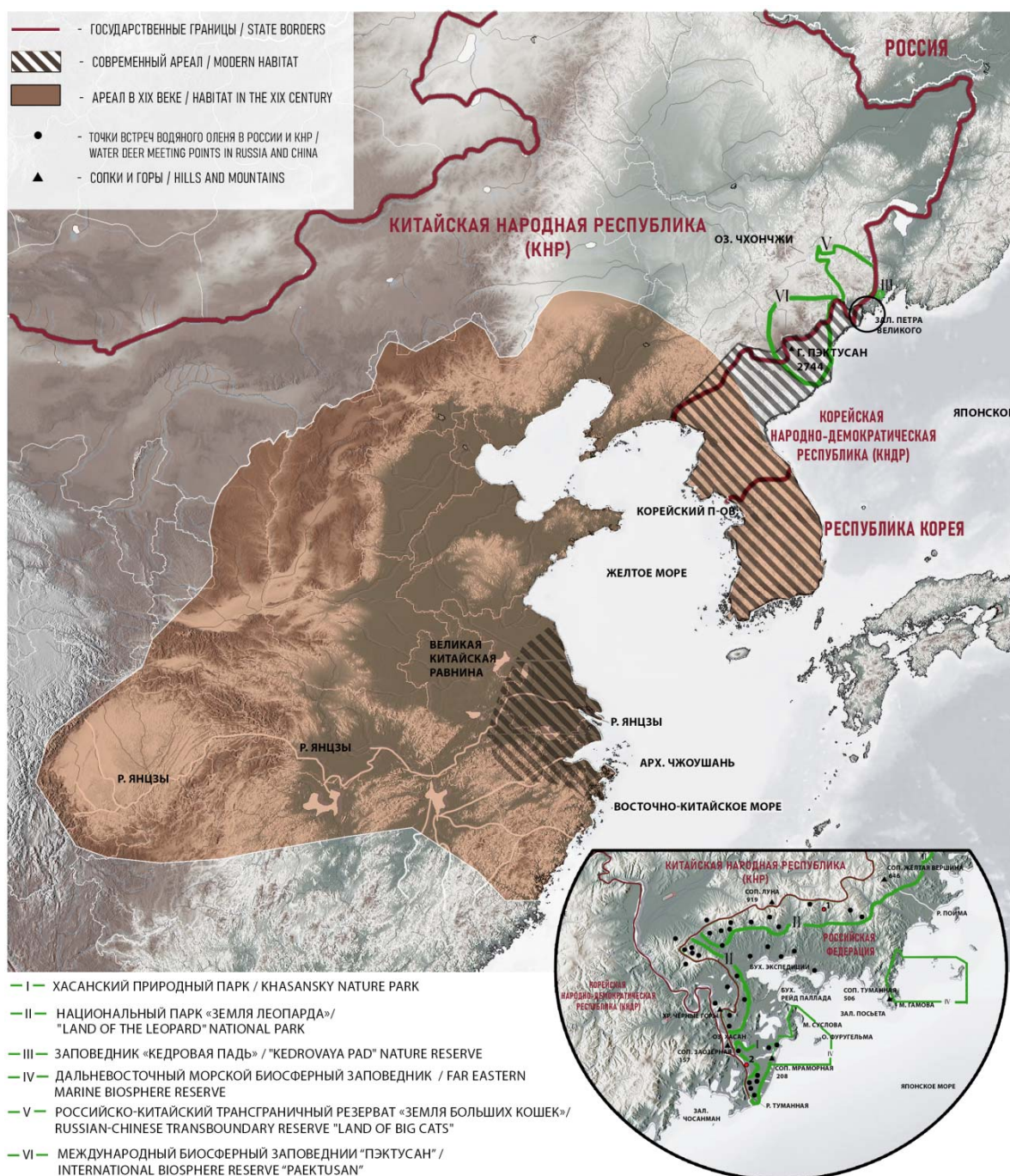


Рисунок 1. Ареал водяного оленя (*Hydropotes inermis*) в Восточной Азии, а также места встреч этого вида и особо охраняемые природные территории в китайской провинции Цилинь и Хасанского района Приморского края (по данным [1; 2; 6; 8–14]). Пронумерованные точки (выделены красным цветом): 1 – точка (42,82578 N, 130,93498 E) первого обнаружения (2019 г.) водяного оленя с помощью фотоловушки [1]; 2 – точка (42,40498 N, 130,65687 E) обнаружения (2020 г.) трупа самки водяного оленя, использованного для первой ветеринарной экспертизы [2]

Figure 1. Natural habitat of the water deer (*Hydropotes inermis*) in Eastern Asia as well as meeting places of this species in specially protected natural areas in the Chinese province of Jilin and Khasansky district of Primorsky krai (according to [1; 2; 6; 8–14]). Numbered points (highlighted in red): 1 – point (42.82578 N, 130.93498 E) of the first detection (2019) of a water deer using a camera trap [1]; 2 – point (42.40498 N, 130.65687 E) of the finding (2020) of the corpse of a female water deer used for the first veterinary examination [2]

Известны два подвида водяного оленя: китайский (*H. i. inermis* Swinhoe, 1870) и корейский (*H. i. argyropus* Heude, 1884). Эти подвиды имеют изолированные рецетные ареалы (рис. 1), сходное строение тела (данные о том, что китайский подвид несколько крупнее

корейского не подтверждены достоверной статистикой) и некоторые различия в окраске, которые и были изначально положены в основу подвидовой дифференцировки: *H. i. argyropus* имеет более темную шерсть, с более красноватой окраской в области головы по

сравнению с *H. i. inermis*⁶ [22] (хотя понятно, что оттенки окраски ещё менее объективный признак, чем размеры тела). Статистически значимые морфологические различия в краниодентальных промерах для этих двух подвидов отсутствуют [23]. Использование молекулярно-генетических маркеров – нуклеотидных последовательностей гена *CYTB* (цитохрома b) и контрольной области (927 п.н.) митохондриальной ДНК – также не позволяют надежно дифференцировать китайскую и корейскую популяции [24]. Существование *H. i. inermis* и *H. i. argyropus* многими специалистами ставится под сомнение [23; 24], и возможно в среднесрочной перспективе они будут понижены в своем таксономическом статусе до географических рас.

В филогенетическом отношении – на основании сравнительного анализа нуклеотидных последовательностей митохондриального гена *CYTB* (рис. 2) – род водяных оленей наиболее близок к косулям (*Capreolus* Gray, 1821) и мунтжакам (*Muntiacus* Rafinesque, 1815).

Современный ареал водяного оленя существенно отличается от его ареала даже в XIX веке (рис. 1), когда этот вид населял обширные пространства вдоль всего побережья Желтого и Восточно-Китайского морей: от низовьев реки Янцзы до Корейского п-ова [25–27]. Согласно палеонтологическим данным, в конце верхнего плейстоцена, 13–16 тыс. лет назад, ареал *H. i. inermis* был ещё шире и доходил до северной части современного Вьетнама, Тибета, Монголии и Японских о-вов [28].

Отсутствуют свидетельства о встречах водяного оленя на территории Уссурийского края, который присоединился к Российской Империи в 1858 г. – маловероятно, что такие тонкие знатоки дикой природы этих мест, как В.Ю. Янковский [29], Н.М. Пржевальский [30] или В.К. Арсеньев [31], не обратили бы внимание на столь запоминающееся животное.

В настоящее время, ареал *H. i. inermis* состоит из двух изолированных участков: 1. Корейский п-ов и примыкающие водно-болотные угодья на «стыке трёх границ» (КНДР, КНР и России) – территория обитания *H. i. argyropus* [1; 2; 32; 33]; 2. Южная часть Великой Китайской равнины в нижнем течении реки Янцзы, а также арх. Чжоушань в зоне её выноса в Восточно-Китайском море – *H. i. inermis* [2; 34; 35].

Водяные олени были интродуцированы человеком в Великобританию (в 1870-х гг. в Лондонский зоопарк, а позже – в аббатство Вобурн, откуда сбежали и сформировали дикую популяцию на востоке центральной части Англии) [36] и во Францию (на территории заброшенного частного парка Ле-Вижен в окрестностях г. Лимож обитает небольшое стадо одичавших животных) [37].

Строение тела водяного оленя является достаточно необычным для Cervidae (рис. 3): единственный вид семейства, в котором у обоих полов рога отсутствуют (что является следствием того, что *Hydropotes* выделился в отдельный таксон еще до появления рогов у древних представителей Cervidae [38]); имеются клыки (5–8 см у самцов, 1–5 см у самок), направление которых изменяется лицевыми мышцами (например, отведены назад на водопое и выдвинуты

вперед во время покопов и драк); присутствует паховая железа, используемая для обонятельной сигнализации [2].

Короткое кургузое тело (длина 65–110 см; высота в холке 40–65 см; высота в крупе 50–90 см; хвост 5–8 см едва заметен) имеет характерный профиль, когда задняя часть заметно выше передней за счет того, что передние конечности короче задних. Безроговость, приподнятость крестца над холкой, сопоставимые размеры тела и клыки делают водяного оленя напоминающим кабаргу, что нашло отражение в фольклорных названиях *H. i. inermis*: «болотная кабарга», «водяная кабарга», «хасанская кабарга» [1; 2]. Но у кабарги гораздо более темный окрас, более короткие заостренные уши и сильнее выражена разница высот между крестцом и холкой. Кроме того, кабарга и водяной олень обитают в разных типах биотопов: первая предпочитает ельники на склонах сопок, а второй увлажненные луга, низины, распадки или лиственные леса на возвышенностях. В одних биотопах с водяных оленем часто встречается сибирская косуля, которая, однако, легко отличима от него благодаря наличию рогов, большого белого пятна под хвостом и более вытянутым ушам [3–5].

Копыта у *H. i. inermis* имеют форму вытянутого треугольника с заостренными краями и вогнутой внутренней поверхностью черного цвета, легко раздвигаются в стороны, и между ними выявляется кожистая перепонка. Второй и пятый пальцы (пасынки), расположенные несколько выше копыт, являются рудиментарными [2].

Шерстной покров водяного оленя в целом бурокоричневый, с едва различимыми черными прядями, что придает окрасу пестроватость. Верхняя часть шеи и морда могут иметь красноватый оттенок. Живот и грудь светлее боков и спины. Вокруг глаз и губ имеются светлые «подводки» различной степени выраженности. Цвет шерсти зимой более светлый по сравнению с летним периодом.

Показано, что шерсть водяного оленя имеет двухярусную структуру с остевыми волосами, главным образом, двух (иногда трёх) размерных порядков. Ворс (грубые прямые направляющие волосы) отсутствует. Слой тонких пуховых волос развит слабо. Пестрота шерсти определяется разнообразием окраса отдельных волос: на разных участках тела волосы могут быть однотонными светлыми или иметь зонарную окраску – широкий темный пояс в верхней трети стержня и светлый острый кончик (рис. 4). У *H. i. inermis* наиболее длинные остевые волосы покрывают спину, крестец, подмышки, бедра и хвост. Особо длинные ости обнаружены в окрестностях паховой железы [39]. Толщина остевых волос водяного оленя (300–600 мкм) [39; 40] удивительно велика для такого сравнительного небольшого животного (даже у лося это значение 500–600 мкм [41]), однако позволяет накапливать в волосяном покрове меньше поверхностной влаги.

Основание волоса имеет бокаловидную форму: тонкая длинная «ножка» переходит в расширение; дальнейшее увеличение диаметра происходит до более темной верхней трети достаточно плавно, после чего волос сужается к вершине [39]. Такая «ножка» не является универсальным морфологическим элементом шерстного покрова оленевых и еще встречается только у сибирской косули – даже у европейской косули (*Capreolus capreolus* L., 1758) она практически отсутствует [41].

У представителей Cervidae (кроме *H. i. inermis*) остевые волосы волнистые за счет сужений и перетяжек [41; 42]. Мелкая волнистость цилиндрического стержня

⁶ Цитата из оригинала: «A Korean race, *H. i. argyropus*, is darker and the head is more reddish. Otherwise it is very similar» [22; p. 331]. Quote from the original publication: «A Korean race, *H. i. argyropus*, is darker and the head is more reddish. Otherwise it is very similar» [22; p. 331].

остевых волос водяного оленя имеет другой тип: на нем располагаются 7–9 едва заметных невооруженным глазом изгибов, которые тактильно ощущаются как узелковые утолщения (рис. 4), из-за чего толщина волоса непостоянна и сильно колеблется [39]. Возможно, эти узелковые утолщения-изгибы, с одной стороны, способствуют соскальзыванию воды, а с другой стороны, — осложняют иксодовым клещам (Parasitiformes: Ixodida, Ixodidae) захват волоса коготками лапок, что приводит к снижению интенсивности инвазии водяных оленей этими

эктопаразитами по сравнению с обитающими в тех же местах сибирскими косулями, что отмечено в научной литературе [40]. Учитывая, примитивность *H. inermis*, можно предположить, что эктопаразиты представляли для предковых форм Cervidae гораздо большую угрозу, нежели в настоящее время. Однако нельзя исключать, что снижение уровня заклещиванности водяных оленей во многом определяется их тяготением к водно-болотным угодиям, где иксодид значительно меньше, чем в соседствующих луговых и лесных биотопах.

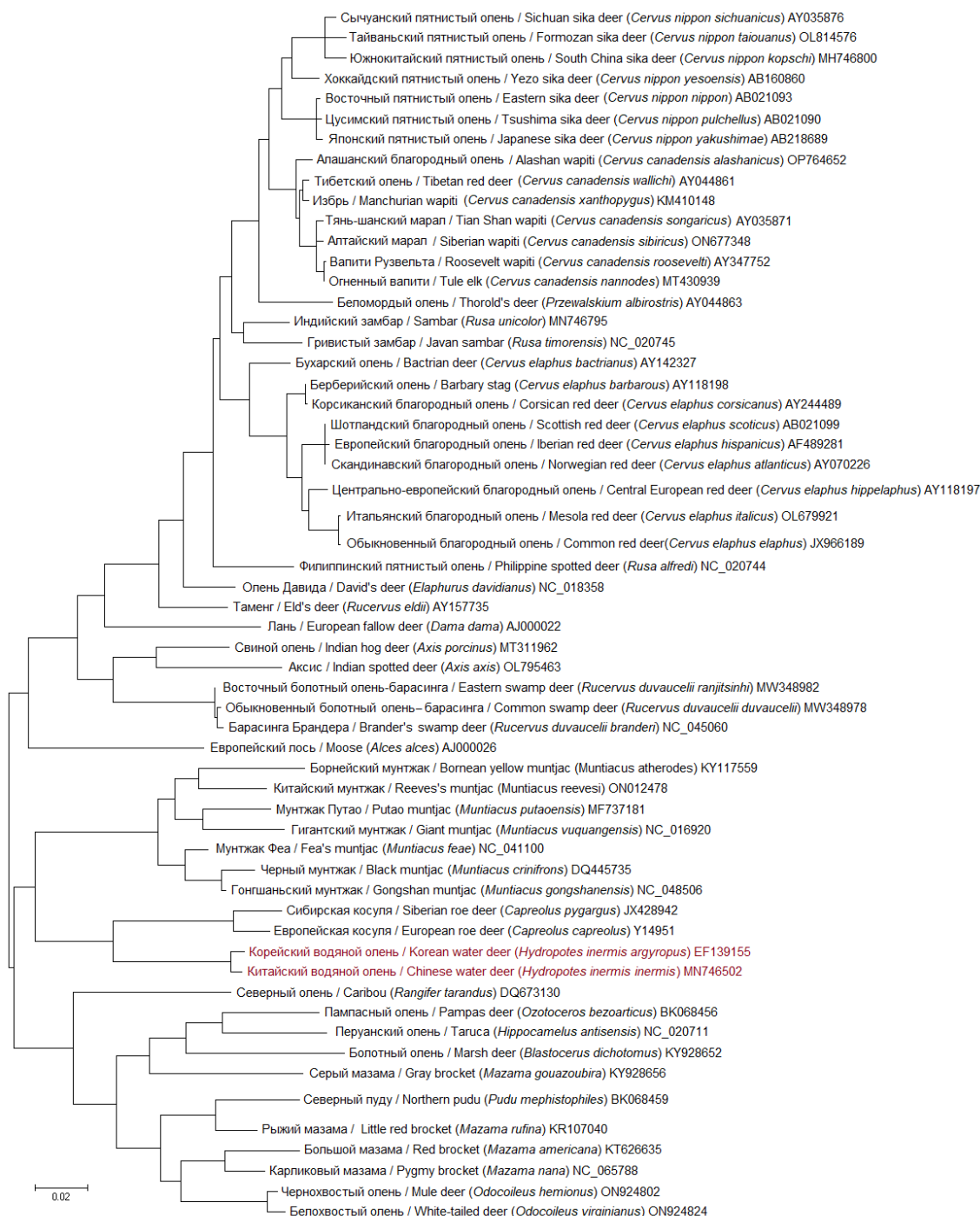


Рисунок 2. Филогенетическое древо нуклеотидных последовательностей (1440 н.п.) митохондриального гена цитохрома b (CYTB), построенное методом наибольшего правдоподобия (MEGA6) для представителей семейства оленевых (Cervidae). Указаны GenBank ID. Красным цветом выделены подвиды водяного оленя (*Hydropotes inermis*)

Figure 2. Phylogenetic tree of nucleotide sequences (1,440 bp) of the mitochondrial cytochrome b (CYTB) gene constructed using the maximum-likelihood method (MEGA6) for the members of the deer family (Cervidae). The GenBank ID is specified. Subspecies of water deer (*Hydropotes inermis*) are highlighted in red

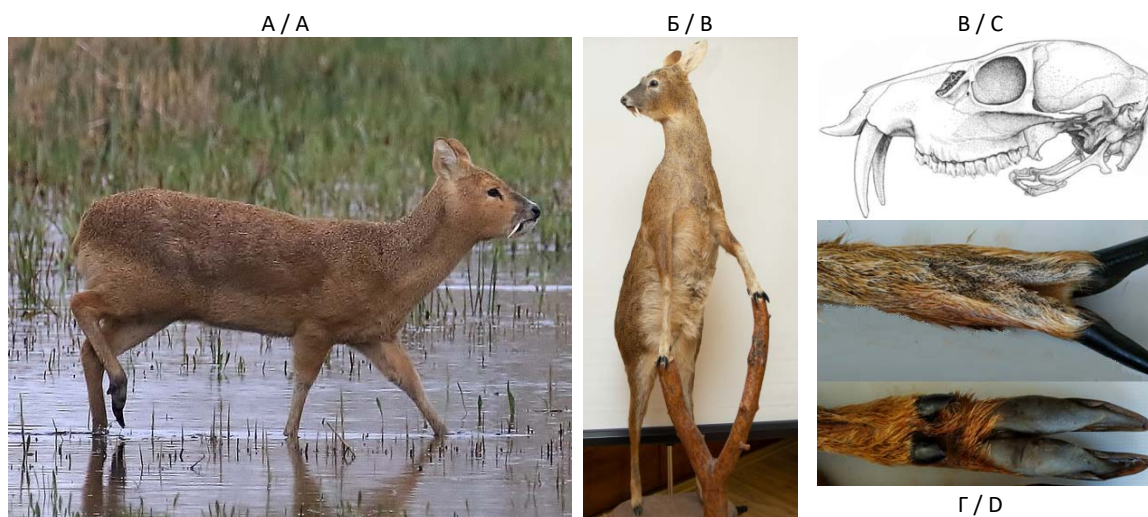


Рисунок 3. Строение тела водяного оленя (*Hydropotes inermis*) (из коллекции НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова Роспотребнадзора): А – общий вид латерально в естественной среде обитания; Б – общий вид вентрально (образец FE-5913); В – череп; Г – копыта левой передней конечности дорсально (видна межкопытная перепонка) и пальмарно

Figure 3. Body structure of a water deer (*Hydropotes inermis*) (from the collection of the G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology of Rospotrebnadzor): А – general appearance laterally in its natural habitat; В – general appearance ventrally (sample FE-5913); С – skull; D – hooves of the left forelimb dorsally (visible inter-hoof membrane) and palmally

Орнамент черепичной кутикулы лентовидный (одна чешуйка полностью оборачивает стержень) на тонких участках волоса (выше корня и на кончике); ромбовидный (невысокие выросты чешуек, напоминающие водяную рябь) в основной части волоса; грубые наложения с обломанным апикальным краем на кончике волоса. Сердцевина отсутствует в ножке волоса и кончике стержня, однако в срединной части волоса хорошо развита

ячеистая (альвеолярная) или сетчатая структура (рис. 4) [39].

По результатам анализа структуры кутикулы остевых волос W. Мейер с соавт. (2001) объединили водяного оленя, сибирскую косулю и европейского лося в трибу *Odocoileinae* [44]. Аналогичные данные представлены в исследовании кутикулы остевых волос оленевых, выполненном О.Ф. Черновой и Е.М. Щелкановым (2024) [39].

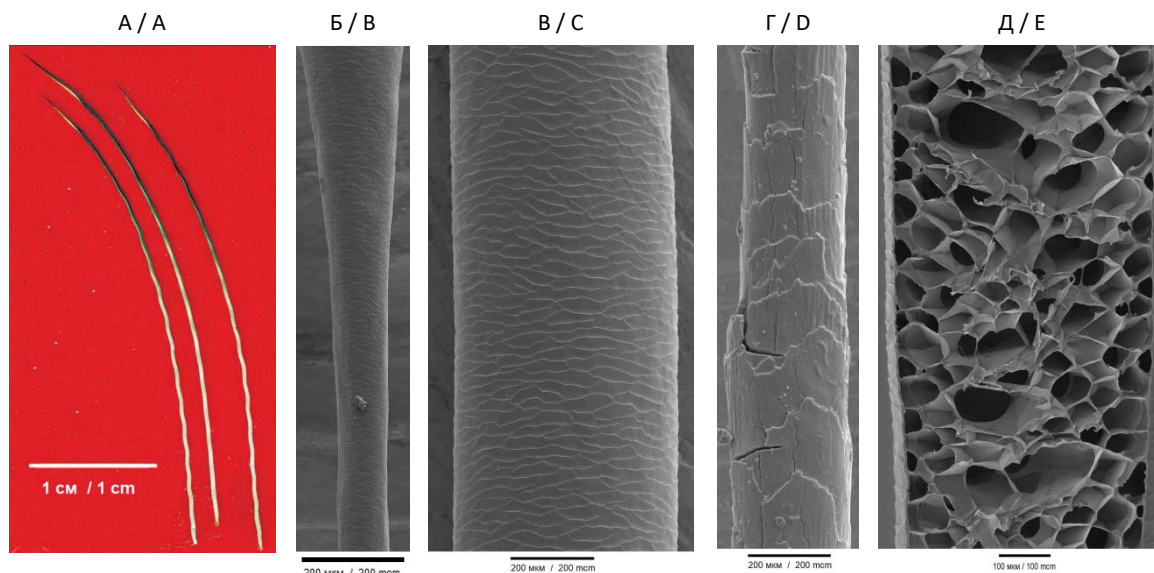


Рисунок 4. Структура остевых волос водяного оленя (*Hydropotes inermis*): А – сканированное изображение острого волоса I порядка со спины; Б – «ножка» вблизи основания; В – орнамент кутикулы примерно на середине длины; Г – орнамент кутикулы вблизи кончика волоса; Д – продольный разрез примерно на середине длины. Фотографии Б–Д получены с помощью сканирующей электронной микроскопии (Vega TS5130MM, Tescan, Чехия) [39; 43]

Figure 4. The structure of the guard hairs of a water deer (*Hydropotes inermis*): А – scanned image of the guard hair of order I from the back; В – "leg" near the base; С – cuticle ornament approximately in the middle of the length; D – cuticle ornament near the tip of the hair; E – longitudinal the incision approximately in the middle of the length. Photographs B–E were obtained using scanning electron microscopy (Vega TS5130MM, Tescan, Czech Republic) [39; 43]

Архитектоника вибрисс водяного оленя характеризуется как мелкоячеистая сердцевина в зоне 1, непосредственно примыкающей к поверхности кожи, и крупноячеистая сердцевина в следующей зоне 2 (рис. 5). Во всех зонах присутствует толстая боковая стенка, которая свойственна животным, обитающим в плотных средах: воде или под землей. Например, толстая стенка имеется у водяной полевки (*Arvicola amphibius* L., 1758), а у гренландского кита (*Balaena mysticetus* L., 1758), выхухоли (*Desmana moschata* L., 1758), обыкновенного крота (*Talpa europaea* L., 1758) и слепышей (*Spalax* Gldenstdt, 1770) сердцевинный канал вообще отсутствует [45].

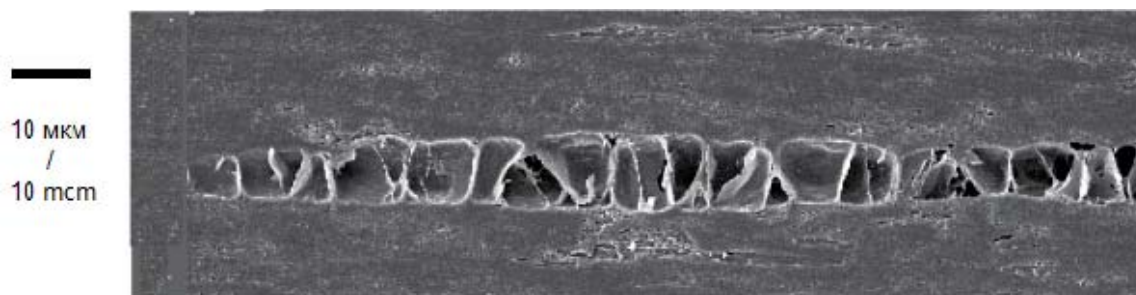


Рисунок 5. Продольный разрез вибриссы в зоне 1 (из [43; 45])

Figure 5. Longitudinal section of the vibrissa in zone 1 (from [43; 45])

Питание водяного оленя основано на растительных кормах – подобно другим представителям подотряда жвачных – наиболее специализированных фитофагов среди млекопитающих [47].

Зубная формула: I 0/4, C 1/0, P 3/3, M 3/3 × 2 = 34 [2]. По мнению В.И. Приходько (2025) характеристики зубной системы *H. inermis* свидетельствуют о потреблении этим видом мелких по размеру и негрубых кормов [48]. Ворсинки стенок рубца у водяного оленя развиты слабо по сравнению с другими видами Cervidae, что препятствует перевариванию грубого растительного корма [49] и объясняет, почему *H. inermis* не обрывает ветки, а предпочитает листву и разнотравье.

Сопоставление данных полевых наблюдений за поведением водяного оленя на юге Хасанского района Приморского края (водно-болотные угодья в нижнем течении реки Туманная, близлежащие возвышенности и склоны сопков, окрестности озера Хасан), видового разнообразия южной части Уссурийского флористического района [50; 51] и результатов секвенирования содержимого фекальных гранул (на территории Корейского п-ва в рационе *H. i. argyropus* [52; 53]) позволяет локализовать виды растений, входящих в рацион этого вида. Среди древовидных и кустарниковых растений, которые часто объедают животные, – клены бородачатый (*Acer barbinerve*), приречный (*A. ginnala*), маньчжурский (*A. mandshuricum*), мелколистный (*A. mono*), ложнозибольдов (*A. pseudosieboldianum*), лещина маньчжурская (*Corylus mandshurica*), ивы козья (*Salix caprea*), черничная (*S. myrtilloides*), Пьеро (*S. pierotii*), Шверина (*S. schwerinii*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*); злаки – полевица Триниуса (*Agrostis trinii*), тростянка жестковолосистая (*Arundinella hirta*), вейники наземный (*Calamagrostis epigeios*), Лангсдорфа (*C. langsdorffii*), росичка азиатская (*Digitaria asiatica*), ежевники обыкновенный (*Echinochloa crusgalli*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), овсяница красная (*Festuca rubra*),

ячеистая структура вибрисс характерна для Cervidae. Однако у *H. inermis* мелкоячеистая зона 1, характеризующаяся наибольшим коэффициентом упругости, переходит в наименее упругую крупноячеистую зону 2 – т.е. вибриссы легко деформируются, но для передачи тактильных сигналов на механорецепторы фолликула [46] нужны более серьезные усилия, чем деформирующие. Толстая стенка вибриссы еще больше «загрубляет» эту колебательную систему. По-видимому, такая архитектура вибрисс водяного оленя – следствие его адаптации к густым тростниковым зарослям, которые этот вид предпочитает в качестве места обитания.

мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*), тимopheвка луговая (*Phleum pratense*), мятлики узколистный (*Poa angustifolia*), луговой (*P. pratensis*), пуэария дольчатая (*Pueraria lobata*), спирея иволистная (*Spiraea salicifolia*); незлаковые травы – амарант запрокинутый (*Amaranthus retroflexus*), лопух большой (*Arctium lappa*), полыни Аржи (*Artemisia argyi*), волосовидная (*A. capillaris*), Гмелина (*A. gmelinii*), красностебельная (*A. rubripes*), тенистая (*A. umbrosa*), астрагал приподнимающийся (*Astragalus adsurgens*), мелколепестник Охары (*Erigeron oharae*), леспедеца двуцветная (*Lespedeza bicolor*), эозник блестящий (*Lycopus lucidus*), осот желтый (*Sonchus arvensis*), клеверы люпиновидный (*Trifolium lupinaster*), луговой (*T. pratense*), ползучий (*T. repens*), горошки амурский (*Vicia amurensis*), мышинный (*V. cracca*). Водяные олени охотно кормятся водными растениями – это, в первую очередь, рдесты злаковый (*Potamogeton gramineus*), маньчжурский (*P. manschuriensis*), плавающий (*P. natans*), пронзеннолистный (*P. perfoliatus*) – за ними животные могут не только заходить в воду по самую шею, но и целенаправленно подплывать к ним. Хотя *H. inermis* охотно используют заросли тростников обыкновенного (*Phragmites australis*), японского (*P. japonicus*), камыша восточного (*Scirpus orientalis*) и осок (*Carex* spp.), они не поедают разросшиеся листья и стебли (по-видимому, из-за их излишней жесткости), а используют в пищу только нежные верхушечные побеги.

Нам несколько раз приходилось наблюдать, как водяной олень с помощью клыков и копыт выкапывал корни желтого осота, большого лопуха или тростников. Однако было бы неправильно полагать, что клыки являются эволюционным приспособлением к такому типу пищевого поведения. Клыки у представителей рода *Hydropotes* – равно как у кабарговых (Moschidae Gray, 1821) и оленьковых (Tragulidae Milne-Edwards, 1864) – представляют собой рудименты, сохранившиеся у этих наиболее примитивных жвачных от дремотерии [21].

Кормление происходит в утреннее (примерно 05–12 ч) и вечернее (17–22 ч) время. Циклограмма кормления: пастба (15–30 мин) и вторичное послерубцовое пережёвывание (10–45 мин). На разнотравье водяной олень пасется, перемещаясь вперед короткими шажками, вытянув голову немного вперед, до уровня на полшага выставленной ноги, и выдергивая траву движением головы вперед-вверх; через каждые несколько шагов животное поднимает голову на несколько секунд, чтобы оглядеться и прислушаться. При ощипывании листьев деревьев и кустарников водяной олень вытягивает голову вверх, но не встает на задние ноги: для кустарников и ивы это и не требуется, но он не делает это и при возможности кормления листьями других деревьев. В интернете можно найти видеоролики, на которых показано, как *H. inermis* кормится водными растениями во время плавания по водоему. Однако нам ни разу не удавалось увидеть такую картину в естественной среде обитания этого вида: животное может подплыть к полю рдестов, вырвать пучок растений и быстро вернуться на берег для пережевывания.

Между утренним и вечерним периодами кормления животные отдыхают, предпочитая скрываться в тростниковых зарослях, где делают лежки из примятой растительности.

Размножение водяного оленя также уникально среди оленевых: самка способна приносить 1–8 (чаще 2–5) телят. Принимая во внимание тот факт, что фертильность самок наступает в 7–8 мес., продолжительность жизни в естественных условиях составляет 10–12 лет, то даже при 40 %-ом отходе телят в течение первого месяца жизни [54] *H. inermis* обладает самым высоким репродуктивным потенциалом в семействе Cervidae [16; 22; 25; 26; 54].

Гон продолжается с ноября по январь с пиком интенсивности в первой половине декабря [55], когда наблюдается пик тестиккулярных гормонов: 70–80 нг / 100 мг экскрементов [56]. Самцы водяного оленя достигают половой зрелости в возрасте 5–6 мес., поэтому сеголетки тоже участвуют в спариваниях, пик их копулятивной активности приходится на начало зимы.

Длительность беременности составляет 175 сут. (в условиях неволи этот срок сокращается до 161–169 сут.). Отёл происходит с мая по июнь [47; 55; 57] (в условиях российского Приморья отёлы встречаются до первой половины июля включительно). Схватки длятся около часа. Телята появляются на свет головой вперед с интервалом 20–40 мин. Н. Sheng (1992) описывает ситуации, когда самки *H. i. inermis* рожают третьего и последующих детенышей через сутки-двое после первых двух [58]. Самка съедает послед. У детенышей по бокам имеются диффузные пятна, которые могут сливаться в штрихи и полосы. Телята водяного оленя имеют при рождении вес 600–800 г. и могут уже через 30–60 мин после рождения вставать на ноги и прикладываться к соску, при этом, чем больше телят в помёте, тем больше этот период времени [48; 57]. Первые сутки своей жизни телята все вместе находятся рядом с матерью, но уже на вторые сутки рассредоточиваются поодиночке в радиусе 100–200 м, и самка подходит к ним только для кормления (5–6 раз/сут.; длительность одного кормления 40–100 сек; прирост массы тела в первые две недели жизни 50–70 г/сут.; в лактации участвуют

все 4 соска, лучше всего – паховые) [59]. В возрасте 14 недель телята полностью отучаются от вымени. Зубы прорезаются в возрасте 6 мес. [58].

Современная численность водяного оленя в различных частях ареала имеет разные абсолютные показатели и динамику.

В 1990 г. Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) включил *H. inermis* в Международную Красную книгу, присвоив статус «R: Rare species» (редкий вид) [60]; в 1994 г. статус был изменен на «Vulnerable species» (уязвимый вид, находящийся под угрозой критического сокращения численности до тех пор, пока не улучшатся условия его существования) [61]; в 1996 г. – «LR(nt): Lower risk near threatened» (низкий риск исчезновения, близкий к переходу в категорию уязвимых видов) [62]; в 2008 г. – «Vulnerable species» [63].

Китайская популяция водяного оленя (*H. i. inermis*) неизменно сокращается на протяжении двух последних столетий вследствие разрушения среды обитания этого вида: R. Swinhoe (1870) описывал традиционную массовую добычу водяных оленей местными жителями [25]; в 1990-ые гг. численность составляла 10–30 тыс. голов [64]; в настоящее время – не превышает – 10 тыс. голов [63]. В 1998 г. *H. i. inermis* был внесён в Красную книгу КНР со статусом «Vulnerable species» [65].

Интродуцированные из Китая в Европу популяции *H. i. inermis* немногочисленны: устойчивое стадо в 800–1000 голов на востоке центральной части Англии [36] и небольшая группа 20–30 одичавших животных, численность которой постепенно снижается, в окрестностях французского г. Лимож [37].

Размер популяции *H. i. argyropus* в Республике Корея (РК) оценивается в 500–700 тыс. голов [66]. Надежные статистические данные по Корейской Народно-Демократической Республике (КНДР) отсутствуют. Из общих оценок, можно предполагать, что численность водяного оленя на Корейском п-ве приближается к миллиону голов. По данным Т.-Y. Choi (2016) только ежегодное количество представителей этого вида, погибающих в дорожно-транспортных происшествиях на дорогах РК, составляет 60 тыс. особей [67]. Достаточная многочисленность *H. i. argyropus* в РК не требует его специальной охраны со стороны государства. Более того, Министерство охраны окружающей среды РК включило водяного оленя в перечень регулируемых видов, поскольку он наносит заметный ущерб сельскому хозяйству [54; 56; 57]. С учетом неопределенности по КНДР, в 1996 г. МСОП присвоил *H. i. argyropus* на Корейском п-ве статус «DD: Data deficient» (недостаточно данных о численности вида), что не является категорией угрозы или низкого риска [62]. Однако, по данным Y.S. Jo с соавт. (2018), в КНДР водяной олень вышел за пределы Корейского п-ва [54], что является необходимым условием наблюдаемого расширения его ареала на территорию России.

В Российской Федерации численность *H. i. argyropus* на протяжении последних, по меньшей мере, 40 лет постепенно увеличивается в южной части Хасанского района Приморского края от р. Туманная до р. Пойма (рис. 1), на площади примерно 110 тыс. га: единичные сообщения о встречах с копытными, похожими на водяного оленя, с конца прошлого века [2]; 150 и 300 особей (с плотностями 1,4 ос./1000 га и

2,7 ос./1000 га), по данным авиаучетов в 2019 г. и 2023 г., соответственно [13]. Для сравнения – плотность популяций других оленевых на этой же территории в 2023 г.: пятнистый олень 50,5 ос./1000 га; сибирская косуля 4,8 ос./1000 га [13]. В 2022 г. *H. i. argyropus* был внесен в Красную книгу Приморского края в статусе 3-ей категории («Редкий вид») [15].

«Стык трёх границ» – Хасанский район России, территория города прямого подчинения Насон КНДР и провинцией Цилинь КНР – являются «входными воротами» расширения ареала водяного оленя с территории Корейского п-ва на север [2; 10]. В КНДР функционирует свыше 200 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с различным охранным статусом, а охотничье хозяйство не является развитым сектором экономики (осуществляется трофейная охота для иностранцев) и не является массовым, поскольку в стране действует запрет на покупку, хранение и ношение гражданами огнестрельного оружия [68] – это способствует увеличению численности диких животных, включая крупных. Международный биосферный заповедник Пэктусан (включающий в себя не только известное оз. Чхонджи в кратере дремлющего вулкана, но и покрытые лесами отроги Маньчжуро-Корейских гор) находится на северо-востоке КНДР и является трансграничным с КНР. Вблизи границы с КНДР находятся ООПТ как на территории КНР (Чанбайшань, Северо-восточный национальный парк тигров и леопардов), так и на территории России (природный парк «Хасанский», Национальный парк «Земля леопарда», заповедник «Кедровая Падь», береговая часть Дальневосточного морского биосферного заповедника). В 2024 г. создан российско-китайский трансграничный резерват «Земля больших кошек», формирующий единую трансграничную ООПТ [69]. Развитая и постоянно совершенствующаяся сеть ООПТ вблизи границ России-КНДР-КНР существенно способствует расширению ареала водяного оленя и увеличению его численности на территории Хасанского района Приморья.

Влияние водяного оленя на биологическую безопасность юга российского Дальнего Востока неоднозначно и нуждается в дальнейших исследованиях [70].

Будучи высокопродуктивным видом, *H. inermis* существенно повышает численность копытных на юге Хасанского района, а следовательно – и кормовую базу краснокнижных амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) и дальневосточного леопарда (*Panthera pardus orientalis*), которая оказалась существенно подорвана опустошительной эпизоотией среди диких кабанов (*Sus scrofa* L., 1758), начавшейся в 2019 г. и этиологически связанной с вирусом африканской чумы свиней (ASFV – African swine fever virus) (Asfuvirales: Asfarviridae, *Asfivirus*), или *Asfivirus haemorrhagiae* [71]. При этом, водяной олень не конкурирует с пятнистым оленем, имея мало пересекающиеся экологические ниши. Увеличение численности пятнистого оленя в Хасанском районе, регистрируемое в последнее десятилетие [8; 12; 13], уже привело к вытеснению сибирской косули из дубово-широколиственных в луговые и переувлажненно-тростниковые стации, однако в последних этот вид начинает встречать конкуренцию со стороны водяного оленя. По-видимому, популяция сибирской косули будет и дальше сокращаться (9,3 ос./1000 га в 2019 г. vs. 4,8 ос./1000 га в 2023 г. [13]) на фоне

продолжающегося увеличения численности *C. nippon* и *H. inermis*.

Повышение плотности копытных (водяного оленя и сибирской косули) в водно-болотных угодьях и луговых возвышенностях, примыкающих с российской стороны к нижнему течению р. Туманная (рис. 1), привлекает сюда амурского тигра (дальневосточный леопард предпочитает оставаться в широколиственных лесах): на относительно небольшой площади природного парка «Хасанский» (около 10 тыс. га) в 2025 г. было отмечено присутствие трех взрослых особей этого хищника. Следует ожидать, что в ближайшее время количество заходов сюда амурских тигров будет возрастать, и это следует учитывать при эксплуатации строящейся трассы к будущему автомобильному мосту в КНДР на пункте пропуска «Хасан».

В популяциях водяных оленей циркулирует ряд возбудителей опасных инфекционных заболеваний (в том числе – имеющих эпидемическое значение), которые могут быть занесены на территорию нашей страны. Так, в работах корейских и китайских специалистов *H. inermis* описан как хозяин вируса гриппа А (IAV – Influenza A virus) (Articulavirales: Orthomyxoviridae, *Alphainfluenzavirus*), или *Alphainfluenzavirus influenzae* [72]; вируса острой лихорадки с тромбоцитопеническим синдромом (SFTSV – Severe fever with thrombocytopenia syndrome virus) (Hareavirales: Phenuiviridae, *Bandavirus*), или *Bandavirus heartlandense* [73]; коронавируса крупного рогатого скота (BCoV – Bovine coronavirus) (Nidovirales: Coronaviridae, *Betacoronavirus*), или *Betacoronavirus gruedinisi* [74], включающего в качестве подвида коронавирус человека OC43 (HCoV-OC43 – Human coronavirus OC43) [75]; вируса чумы мелких жвачных (PPRV – Pest des petits ruminants virus) (Mononegavirales: Paramyxoviridae, *Morbillivirus*), или *Morbillivirus caprinae* [76]; вируса диареи крупного рогатого скота (BVDV – Bovine viral diarrhea virus) (Amarillovirales: Flaviviridae, *Pestivirus*), или *Pestivirus bovis* [77]; ротавируса А (RVA – Rotavirus) (Reovirales: Sedoreoviridae, *Rotavirus*), или *Rotavirus alphagastroenteritidis* [78]; *Anaplasma* spp. (Rickettsiales: Anaplasmataceae) [79]; *Rickettsia* spp. (Rickettsiales: Rickettsiaceae) [79]; *Babesia capreoli* (Piroplasmorida: Babesiidae) [80]; *Bartonella* spp. (Rhizobiales: Bartonellaceae) [81]; *Borrelia* spp. (Spirochaetales: Spirochaetaceae) [82]; *Brucella abortus* (Rhizobiales: Brucellaceae) [77]; *Mycobacterium bovis* (Mycobacteriales: Mycobacteriaceae) [83]; *Theileria* spp. (Piroplasmorida: Theileriidae) [84].

Помимо перечисленных патогенов, на территории южной части Хасанского района (рис. 1) отечественными специалистами описаны природные очаги связанных с иксодовыми клещами вируса клещевого энцефалита (TBEV – Tick-borne encephalitis virus) (Amarillovirales: Flaviviridae, *Orthoflavivirus*), или *Orthoflavivirus encephalitidis*; вируса Повассан (POWV – Powassan virus) (Amarillovirales: Flaviviridae, *Orthoflavivirus*), или *Orthoflavivirus powassanense*; вируса Хасан (KHAV – Khasan virus) (Hareavirales: Phenuiviridae, *Phlebovirus*), или *Phlebovirus khasanense*; а также связанных с кровососущими комарами вируса Гета (GETV – Getah virus) (Martellivirales: Togaviridae, *Alphavirus*), или *Alphavirus getah*; вируса японского энцефалита (JEV – Japanese encephalitis virus) (Amarillovirales: Flaviviridae, *Orthoflavivirus*), или

Orthoflavivirus japonicum [71, 85]. Появление нового прокормителя членистоногих переносчиков и потенциального хозяина указанных патогенов может сдвинуть экологическое равновесие и привести к изменению схем функционирования природных очагов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если дремотериины – предки современных оленей – сформировались примерно 25 млн. лет назад, в позднем олигоцене [21], когда в условиях сухого и прохладного климата были повсеместно распространены саванны, род *Hydropotes* – наиболее примитивный в Cervidae – выделился в самостоятельную таксономическую линию на территории Восточной Азии около 11 млн. лет назад, в верхнем миоцене [86]: в этот период вследствие увеличения CO₂ в атмосфере климат стал более тёплый и влажный; приподнятые Цинхай-Тибетского плато спровоцировало аридизацию континентальных территорий при одновременном развитии водно-болотных угодий в зоне тихоокеанского муссона [87] – в этих условиях эволюция водяного оленя была направлена на приобретение им ряда морфофункциональных характеристик, способствующих обитанию в переувлажненных биотопах: бурая окраска с легкой черной пестротатостью, легко сливающаяся с тростниковыми зарослями; толстые остевые волосы с мягкой волнистостью вследствие наличия небольших узелковых изгибов; обеднение пухового слоя; архитектура вибрисс, обеспечивающая прочность при сохранении гибкости; межкопытцевая перепонка.

В результате увеличения площадей и совершенствования системы охраны ООПТ в окрестности «стыка трех границ», России-КНДР-КНР, популяция *H. i. inermis* не только значительно увеличила свою численность, но и с конца прошлого века начала расширение своего ареала в северо-восточном направлении, на территории России и КНР. Устойчивая популяция водяного оленя сформировалась на юге Хасанского района Приморья не позднее 2019 г.; её численность почти удвоилась к 2023 г. (по данным авиаучёта) и продолжает увеличиваться благодаря высокой продуктивности этого вида, наличию достаточной кормовой базы и мест для укрытий. Водяной олень может рассматриваться как резервный элемент кормового ресурса крупных кошачьих – амурского тигра (в первую очередь) и дальневосточного леопарда (если *H. i. inermis* размножится настолько, что начнёт заселять близлежащие возвышенности, покрытые лиственными лесами) – на фоне резкого сокращения численности дикого кабана в результате эпизоотии африканской чумы свиней.

Вместе с тем, водяной олень является хозяином большого количества зоонозных вирусов и бактерий, многие из которых имеют эпидемическое значение. Поэтому, несмотря на охранный статус *H. i. inermis* (он внесен в Красную книгу Приморского края) необходимо активизировать зоологические исследования этого вида и обязательно сочетать их с комплексным эколого-вирусологическим и паразитологическим мониторингом. Это тем более следует сделать, учитывая развитие международного сотрудничества между Россией, КНДР и КНР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Дарман Ю.А., Сторожук В.Б., Седаш Г.А. *Hydropotes inermis* (Cervidae) – новый вид для фауны России из Национального парка «Земля леопарда» (Россия) // Заповедная наука. 2019. Т. 4. N 3. С. 127–129. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.057>
- Фоменко П.В., Любченко Е.Н., Короткова И.П., Кожушко А.А., Коротков Е.А., Фоменко Е.П., Панкратов Д.В., Щелканов М.Ю. Экстерьер водяного оленя (*Hydropotes inermis* Swinhoe, 1870), обнаруженного в южной части Приморского края // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. N 9. С. 1072–1080. <https://dx.doi.org/10.31857/S0044513422090045>
- Соколов В.Е. Систематика млекопитающих. Отряды китообразных, хищных, хоботных, даманов, сирен, парнокопытных, мозолоногих, непарнокопытных. Москва: Высшая школа, 1979. 528 с.
- Павлинов И.Я., Крускоп С.В., Варшавский А.А., Борисенко А.В. Наземные звери России. Справочник-определитель. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2002. 298 с.
- Барышников Г.Ф., Тихонов А.Н. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Копытные. Ч. 1. Непарнопалые и парнопалые (свиньи, кабарговые, оленевые). Санкт-Петербург: Наука, 2009. 164 с.
- Дарман Ю.А., Седаш Г.А. Корейский водяной олень (*Hydropotes inermis argyropus* Heude, 1884): очерк для включения нового вида в Красную книгу Российской Федерации // Биота и среда заповедных территорий. 2020. N 3. С. 35–40. <https://www.doi.org/10.25808/26186764.2020.14.56.003>
- Щелканов М.Ю., Галкина И.В., Арамышев С.В., Суровый А.Л., Фоменко П.В., Журавлёв Ю.Н. Дальневосточный банк биологических материалов (ДВ ББМ) от крупных кошачьих (Pantherinae) как инструмент совершенствования практики правоприменения статей 226.1 и 258.1 Уголовного Кодекса Российской Федерации // Всероссийский криминологический журнал. 2017. Т. 11. N 1. С. 146–153. [https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11\(1\).146-153](https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11(1).146-153)
- Петров Т.А., Есаулова Н.В., Цепилова И.И. Мониторинговые исследования гельминтофауны диких копытных в национальном парке «Земля леопарда» // Материалы XV национальной научно-практической конференции памяти профессора В.А. Ромашова «Современные проблемы общей и прикладной паразитологии», Воронеж, 25 ноября, 2021. С. 50–53.
- Дарман Ю.А., Петров Т.А., Пуреховский А.Ж., Седаш Г.А., Титов А.С. Численность диких копытных животных в юго-западном Приморье // Вестник охотоведения. 2021. Т. 18. N 3. С. 170–181.
- Li Y., Kim J.H., Pandey P., Lee H., Li H., Peng Y., Zhu W., Wang T., Chen M., Sedash G., Darman Y. Northward range expansion of water deer in Northeast Asia: Direct evidence and management implications // Animals. 2022. V. 12. N 11. Article id: 1392. <https://www.doi.org/10.3390/ani12111392>
- Катумина М.Д. К вопросу о гельминтофауне копытных в условиях заповедника на Дальнем Востоке России // Материалы XIV Международного конкурса научно-исследовательских работ «Фундаментальные и прикладные научные исследования», Уфа, 23 октября, 2023. С. 23–27.
- Дарман Ю.А., Петров Т.А., Титов А.С., Сторожук В.Б., Сонин П.Л. Изменение численности диких копытных в ареале дальневосточного леопарда // Материалы международной научно-практической конференции «Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов» (Молодежный, Россия; 22–26 мая 2024 г.). Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежовского, 2024. С. 51–56.
- Петров Т.А., Дарман Ю.А., Титов А.С., Сторожук В.Б., Сонин П.Л., Марченкова Т.В. Изменения численности диких копытных на Юго-Западе Приморского края // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Т. 10. N 1. С. 10–24. <https://www.doi.org/10.21685/2500-0578-2025-1-2>
- Li Z., Khattak R.H., Han X., Zhang N., Wu J., Liu Z., Teng L. Distribution update of water deer (*Hydropotes inermis*) and prediction of their potential distribution in Northeast China // Scientific Reports. 2023. V. 13. N 1. Article id: 5610. <https://www.doi.org/10.1038/s41598-023-32314-z>
- Постановление регионального Правительства Приморского края № 576-пп от 22.08.2022 «О занесении в Красную книгу

- Приморского края редкого вида животного». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/2501202208220001?ysclid=ltjpxntjap955146930> (дата обращения: 08.04.2025)
16. Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005. 792 p.
 17. Zhang W.Q., Zhang M.H. Phylogeny and evolution of Cervidae based on complete mitochondrial genomes // Genetics and Molecular Research. 2012. V. 11. N 1. P. 628–635. <https://dx.doi.org/10.4238/2012.March.14.6>
 18. Heckeberg N.S. The systematics of the Cervidae: a total evidence approach // PeerJournal. 2020. V. 8. Article id: e8114. <https://www.doi.org/10.7717/peerj.8114>
 19. Rubes J., Musilova P., Kopecka O., Kubickova S., Cernohorska H., Kulemsina A.I. Comparative molecular cytogenetics in Cetartiodactyla // Cytogenetic and Genome Research. 2012. V. 137. N 2-4. P. 194–207. <https://www.doi.org/10.1159/000338932>
 20. Kraus F., Miyamoto M.M. Rapid cladogenesis among the pecoran ruminants: evidence from mitochondrial DNA sequences // Systematic Zoology. 1991. V. 40. N 2. P. 117–130.
 21. Вислобокова И.А. Ископаемые олени Евразии // Труды Палеонтологического института. 1990. Т. 240. 208 с.
 22. Tate G.H.H. Mammals of Eastern Asia. New York: MacMillan Co., 1947. 366 p.
 23. Kim Y.K., Koyabu D., Lee H., Kimura J. Cranial morphological homogeneity in two subspecies of water deer in China and Korea // Journal of Veterinary Medical Science. 2015. V. 77. N 11. P. 1427–1435. <https://www.doi.org/10.1292/jvms.15-0037>
 24. Koh H.S., Lee B.K., Wang J., Heo S.W., Jang K.H. Two sympatric phylogroups of the Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) identified by mitochondrial DNA control region and cytochrome b gene analyses // Biochemical Genetics. 2009. V. 47. N 11-12. P. 860–867. <https://www.doi.org/10.1007/s10528-009-9285-8>
 25. Swinhoe R. On a new deer from China // Proceedings of the Zoological Society of London. 1870. V. 1870. P. 86–99.
 26. Swinhoe R. On Chinese deer, with the description of an apparently new species // Proceedings of the Zoological Society of London. 1873. V. 1873. P. 572–578.
 27. Brooke V. On *Hydropotes inermis* and its cranial characters as compared with those of *Moschus moschiferus* // Proceedings of the Zoological Society of London. 1872. V. 1872. P. 522–525.
 28. Stimpson C., O'Donnell S., Huong Nguyen Thi Mai, Holmes R. Confirmed archaeological evidence of water deer in Vietnam: relics of the Pleistocene or a shifting baseline? // Royal Society Open Science. 2021. V. 8. N 6. Article id: 210529. <https://www.doi.org/10.1098/rsos.210529>
 29. Янковский М.И. Пятнистые олени, барсы и тигры Уссурийского края // Известия Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества. 1882. Т. 13. N 3. С. 76–79.
 30. Пржевальский Н.М. Путешествие в Уссурийском крае 1867–1869. Санкт-Петербург: Русское географическое общество, 1870. 369 с.
 31. Арсеньев В.К. В делях Уссурийского края. Владивосток: Книжное дело, 1926. 464 с.
 32. Won C., Smith K.G., History and current status of mammals of the Korean Peninsula // Mammal Review. 1999. V. 29. N 1. P. 3–33.
 33. Kim K.G., Cho D.G. Status and ecological resource value of the Republic of Korea's Demilitarized zone // Landscape Ecological Engineering. 2005. V. 1. N 1. P. 3–15.
 34. Ohtaishi N., Gao Y. A review of the distribution of all species of deer (Tragulidae, Moschidae and Cervidae) in China // Mammalian Review. 1990. V. 20. N 2-3. P. 125–144.
 35. Schilling A.-M., Rossner G.E. The (sleeping) Beauty in the Beast – a review on the water deer, *Hydropotes inermis* // Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy. 2017. V. 28. N 2. P. 121–133.
 36. Frölich K., Flach E.J. Long-term viral serology of semi-free-living and captive ungulates // Journal of Zoo and Wildlife Medicine. 1998. V. 29. N 2. P. 165–170.
 37. Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin. Atlas des Mammifères, Reptiles et Amphibiens du Limousin. 1990–1998. Limousin: La Direction Régionale de l'Environnement du Limousin, 1998. 227 p.
 38. Pocock R.I. On the External Characters of *Elaphurus*, *Hydropotes*, *Pudu*, and other Cervidae // Proceedings of Zoological Society of London. 1923. V. 93. N 2. P. 181–207.
 39. Чернова О.Ф., Щелканов Е.М. Волосы оленя покров водяного оленя *Hydropotes inermis* (Cervidae, Artiodactyla) – нового вида в фауне России // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. 2024. Т. 517. N 1. С. 27–34. <https://www.doi.org/10.31857/S2686738924040047>
 40. Lee S.J., Kim K.Y., Kim G., Moon S., Park Y.C., Cho H.S., Oh Y. Potential tick defense associated with skin and hair characteristics in Korean Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*) // Animals. 2024. V. 14. N 2. Article id: 185. <http://www.doi.org/10.3390/ani14020185>
 41. Чернова О.Ф., Целикова Т.Н. Атлас волос млекопитающих (тонкая структура остевых волос и игл в сканирующем электронном микроскопе). Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 429 с.
 42. Соколов В.Е., Чернова О.Ф., Сейл Дж. Кожный покров тропических копытных. Москва: Наука, 1984. 167 с.
 43. Чернова О.Ф., Щелканов Е.М., Хацаева Р.М., Мануков Ю.И. Предметный столбик // Патент Российской Федерации N 232064. 2025.
 44. Meyer W., Pohlmeier K., Schnapper A., Hulmann G. Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis // Zeitschrift für Jagdwissenschaft. 2001. V. 47. P. 253–258.
 45. Чернова О.Ф., Ивлев Ю.Ф., Потапова Е.Г., Жеребцова О.В., Щелканов Е.М. Архитектоника сердцевин вибрисс млекопитающих: полиморфность и номенклатура // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. 2025. Т. 521. N 1. С. 305–313. <https://www.doi.org/10.31857/S2686738925020223>
 46. Hartmann M. Vibrissa mechanical properties // In: Scholarpedia of Touch. Paris: Atlantis Press, 2016. P. 591–614.
 47. Дзержинский Ф.Я., Васильев Б.Д., Малахов В.В. Зоология позвоночных. Москва: Академия, 2013. 464 с.
 48. Приходько В.И. Водяной олень. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2025. 119 с.
 49. Саблина Т.Б. Эволюция пищеварительной системы оленей. Москва: Наука, 1970. 248 с.
 50. Баркалов В.Ю., Вриш А.Э., Крестов П.В., Якубов В.В. Растительный мир Уссурийской тайги. Полевой атлас-определитель. Владивосток: ДВГУ, 2010. 476 с.
 51. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В. Таксономический состав и особенности природной флоры Приморского края // Комаровские чтения. 2014. N 62. С. 7–62.
 52. Kim J., Joo S., Park S. Diet composition of Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) from the Han River Estuary Wetland in Korea using fecal DNA // Mammalia. 2021. N 85. P. 487–493.
 53. Lee S.K., Woo C., Lee E.J., Yamamoto N. Using high-throughput sequencing to investigate the dietary composition of the Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*): a spatiotemporal comparison // Scientific Reports. 2022. V. 12. N 1. Article id: 22271. <https://www.doi.org/10.1038/s41598-022-26862-z>
 54. Jo Y.S., Baccus J.T., Koprowski J.L. Mammals of Korea. Incheon: National Institute of Biological Resources, 2018. 573 p.
 55. Stadler S.G. Behaviour and social organisation of Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) under semi-natural conditions // PhD dissertation. Bielefeld (Germany): Bielefeld University, 1991. 235 p.
 56. Mauget R., Mauget C., Dubost G., Charron F., Courcoul A., Rodier A. Non-invasive assessment of reproductive status in Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) // Mammalian Biology. 2007. V. 72. N 1. P. 14–26.
 57. Dubost G., Charron F., Courcoul A., Rodier A. Social organization in the Chinese water deer, *Hydropotes inermis* // Acta Theriologica. 2011. V. 56. N 2. P. 189–198.
 58. Sheng H. The Deer in China. Shanghai: East China Normal University Press, 1992. P. 96–115.
 59. Zhang E. Uniparental female care in the Chinese water deer at Whipsnade Wild Animal Park, England // Acta Theriologica Sinica. 1998. N 18. P. 173–183.
 60. IUCN. 1990 IUCN Red list of threatened animals. Gland (Switzerland): IUNC, 1990. 232 p. URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-1990-001.pdf> (дата обращения: 02.05.2025)
 61. IUCN. 1994 IUCN red list of threatened animals. Gland (Switzerland): IUNC, 1994. 286 p. URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-1994-001.pdf> (дата обращения: 02.05.2025)

62. IUNC. Deer. Status survey and conservation action plan. Gland (Switzerland): IUNC, 1998. 106 p. URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1998-040.pdf> (дата обращения: 02.05.2025)
63. Harris R.B., Duckworth J.W. *Hydropotes inermis*, Water Deer // The IUCN Red List of Threatened Species. 2015. Article id: e.T10329A22163569. <https://www.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T10329A22163569.en>
64. Sheng H., Ohtaishi N. The status of deer in China // In: *Deer of China*. Elsevier, Amsterdam, 1993. P. 1–11.
65. Sheng H.L. *Hydropotes inermis* // In: *China Red Data Book of Endangered Animals*. Beijing: Science Press, 1998. P. 278–281.
66. Jung J., Shimizu Y., Omasa K., Kim S., Lee S. Developing and testing a habitat suitability index model for Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) and its potential for landscape management decisions in Korea // *Animal Cells and Systems*. 2016. V. 20. N 4. P. 218–227.
67. Choi T.-Y. Estimation of the Water deer (*Hydropotes inermis*) roadkill frequency in South Korea // *Ecology and Resilient Infrastructure*. 2016. N 3. P. 162–168.
68. Окопишников О.В. В стране утренней свежести // Охота и охотничье хозяйство. 1988. N 12. С. 26–27.
69. Дарман Ю.А., Каракин В.П., Бардюк В.В. Территориальная дифференциация биоразнообразия и меры по его сохранению в пределах трансграничных геосистем юга Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая // *Тихоокеанская география*. 2024. N 3. С. 42–58. https://www.doi.org/10.35735/26870509_2024_19_3
70. Щелканов Е.М., Фоменко Е.П., Табакаева Т.В., Панкратов Д.В. Анализ рисков биологической безопасности при расширении ареала водяного оленя (*Hydropotes inermis*) – нового вида в фауне России // *Дальневосточный журнал инфекционной патологии*. 2024. N 47. С. 72–74. <https://www.doi.org/10.62963/2073-2899-2024-47-72-74>
71. Lvov D.K., Shchelkanov M.Yu., Alkhovsky S.V., Deryabin P.G. *Zoonotic viruses of Northern Eurasia*. Taxonomy and Ecology. Academic Press, 2015. 452 p.
72. Kim H.K., Kim H.J., Noh J.Y., Van Phan L., Kim J.H., Song D., Na W., Kang A., Nguyen T.L., Shin J.H., Jeong D.G., Yoon S.W. Serological evidence of H5-subtype influenza A virus infection in indigenous avian and mammalian species in Korea // *Archives of Virology*. 2018. V. 163. N 3. P. 649–657. <https://www.doi.org/10.1007/s00705-017-3655-z>
73. Lee H.S., Kim J., Son K., Kim Y., Hwang J., Jeong H., Ahn T.Y., Jheong W.H. Phylogenetic analysis of severe fever with thrombocytopenia syndrome virus in Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in the Republic of Korea // *Ticks and Tick Borne Diseases*. 2020. V. 11. N 2. Article id: 101331. <https://www.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101331>
74. Kim J.H., Jang J.H., Yoon S.W., Noh J.Y., Ahn M.J., Kim Y., Jeong D.G., Kim H.K. Detection of bovine coronavirus in nasal swab of non-captive wild water deer, Korea // *Transboundary Emerging Diseases*. 2018. V. 65. N 3. P. 627–631. <https://www.doi.org/10.1111/tbed.12847>
75. Щелканов М.Ю. Этиология COVID-19 // В кн.: COVID-19: от этиологии до вакцинопрофилактики. Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. С. 11–53.
76. Zhou X.Y., Wang Y., Zhu J., Miao Q.H., Zhu L.Q., Zhan S.H., Wang G.J., Liu G.Q. First report of peste des petits ruminants virus lineage II in *Hydropotes inermis*, China // *Transboundary Emerging Diseases*. 2018. V. 65. N 1. P. e205–e209. <https://www.doi.org/10.1111/tbed.12683>
77. Kim S.H., Choi H., Yoon J., Woo C., Chung H.M., Kim J.T., Shin J.H. Pathogens in water deer (*Hydropotes inermis*) in South Korea, 2010–12 // *Journal of Wildlife Diseases*. 2014. V. 50. N 3. P. 478–483. <https://www.doi.org/10.7589/2013-06-137>
78. Amer S., Kim S., Yun Y., Na K.J. Novel variants of the newly emerged *Anaplasma capra* from Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in South Korea // *Parasites and Vectors*. 2019. V. 12. N 1. Article id: 365. <https://www.doi.org/10.1186/s13071-019-3622-5>
79. Seo M.G., Kwon O.D., Kwak D. Molecular detection of *Rickettsia raoultii*, *Rickettsia tamurae*, and associated pathogens from ticks parasitizing water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in South Korea // *Ticks and Tick Borne Diseases*. 2021. V. 12. N 4. Article id: 101712. <https://www.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101712>
80. Park Y.J., Kim E.M., Cho H.C., Shin S.U., Chae J.S., Park J., Choi K.S. Identification of *Babesia capreoli* from Korean Water Deer in the Republic of Korea // *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 2022. V. 22. N 3. P. 178–183. <https://www.doi.org/10.1089/vbz.2021.0060>
81. Ko S., Kim S.J., Kang J.G., Won S., Lee H., Shin N.S., Choi K.S., Yoon H.Y., Chae J.S. Molecular detection of *Bartonella grahamii* and *B. schoenbuchensis*-related species in Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) // *Vector Borne Zoonotic Diseases*. 2013. V. 13. N 6. P. 415–418. <https://www.doi.org/10.1089/vbz.2012.1105>
82. VanBik D., Lee S.H., Seo M.G., Jeon B.R., Goo Y.K., Park S.J., Rhee M.H., Kwon O.D., Kim T.H., Geraldino P.J.L., Kwak D. *Borrelia* species detected in ticks feeding on wild Korean Water Deer (*Hydropotes inermis*) using molecular and genotypic analyses // *Journal of Medical Entomology*. 2017. V. 54. N 5. P. 1397–1402. <https://www.doi.org/10.1093/jme/tjx106>
83. Kwon S.H., Choi J.S., Seo M.G., Kim B., Jeon Y.J., Jung I.J., Hong I.H. Bovine tuberculosis caused by *Mycobacterium bovis* in a Korean Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*) // *Journal of Wildlife Diseases*. 2025. V. 61. N 2. P. 548–551. <https://www.doi.org/10.7589/JWD-D-24-00061>
84. Han J.I., Jang H.J., Na K.J. Molecular detection of *Theileria* sp. in wild Chinese water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) // *Journal of Wildlife Diseases*. 2009. V. 45. N 4. P. 1213–1216. doi: 10.7589/0090-3558-45.4.1213
85. Запорожец Т.С., Беседнова Н.Н., Калинин А.В., Сомова Л.М., Щелканов М.Ю. 80 лет на страже биологической безопасности у восточных рубежей России // *Здоровье населения и среда обитания*. 2021. N 5. С. 5–15. <https://www.doi.org/10.35627/2219-5238/2021-338-5-5-15>
86. Randi E., Mucci N., Pierpaoli M., Douzery E. New phylogenetic perspectives on the Cervidae (Artiodactyla) are provided by the mitochondrial cytochrome b gene // *Proceedings of the Royal Society of London*. 1998. V. 265. N 1398. P. 793–801. <https://www.doi.org/10.1098/rspb.1998.0362>
87. Wen Y., Zhang L., Holbourn A.E., Zhu C., Huntington K.W., Jin T., Li Y., Wang C. CO₂-forced Late Miocene cooling and ecosystem reorganizations in East Asia // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2023. V. 120. N 5. Article id: e2214655120. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.2214655120>

REFERENCES

1. Darman Yu.A., Storozhuk V.B., Sedash G.A. *Hydropotes inermis* (Cervidae) is a new species for the fauna of Russia from the National Park "Land of the Leopard" (Russia). *Nature Conservation Research*, 2019, vol. 4, no. 3, pp. 127–129. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.057>
2. Fomenko P.V., Lyubchenko E.N., Korotkova I.P., Kozhushko A.A., Korotkov E.A., Fomenko E.P., Pankratov D.V., Shchelkanov M.Yu. The exterior of a water deer (*Hydropotes inermis* (Swinhoe 1870), Cetartiodactyla, Cervidae) found in the Southern part of Primorskiy krai. *Biology Bulletin*, 2023, vol. 50, no. 7, pp. 1626–1634. <https://dx.doi.org/10.1134/S1062359023070075>
3. Sokolov V.E. *Sistematika mlekopitayushchikh. Otryady kitoobraznykh, khishchnykh, khobotnykh, damanov, siren, parnokopynykh, mozenogikh, neparnokopynykh* [Systematics of mammals. Orders of cetaceans, carnivores, proboscideans, damans, sirens, artiodactyls, callopods, and ungulates]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1979, 528 p. (In Russian)
4. Pavlinov I.Ya., Krusko S.V., Varshavsky A.A., Borisenko A.V. *Nazemnye zveri Rossii. Spravochnik-opredelitel'* [Terrestrial animals of Russia. The definitive guide]. Moscow, KMK Publ., 2002, 298 p. (In Russian)
5. Baryshnikov G.F., Tikhonov A.N. *Mlekopitayushchie fauny Rossii i soprodel'nykh territorii. Kopytnye. Ch. 1. Neparnopalye i parnopalye (svinye, kabargovy, olenyevye)* [Mammals of the fauna of Russia and adjacent territories. Ungulates. Part 1. Odd-toed and double-toed (porcine, musk deer, deer)]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2009, 164 p. (In Russian)
6. Darman Yu.A., Sedash G.A. Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus* Heude, 1884): an essay for the inclusion of a new species in the Red Book of the Russian Federation. *Biota and environment of protected areas*, 2020, no. 3, pp. 35–40. (In Russian) <https://www.doi.org/10.25808/26186764.2020.14.56.003>
7. Shchelkanov M.Yu., Galkina I.V., Aramilev S.V., Surovy A.L., Fomenko P.V., Zhuravlev Yu.N. Far Eastern Bank of biological materials (DV BBM) from large felines (Pantherinae) as a tool for improving the

- practice of law enforcement of Articles 226.1 and 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation. *All-Russian Journal of Criminology*, 2017, vol. 11, no. 1, pp. 146–153. (In Russian)
[https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11\(1\).146-153](https://www.doi.org/10.17150/2500-4255.2017.11(1).146-153)
8. Petrov T.A., Esaulova N.V., Tsepilova I.I. Monitoringovy issledovaniya gel'mintofauny dikikh kopytnykh v natsional'nom parke «Zemlya leoparda» [Monitoring studies of the helminthofauna of wild ungulates in the national Park "Land of the Leopard"]. *Materialy KhV natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii pamyati professora V.A. Romashova «Sovremennye problemy obshchei i prikladnoi parazitologii»*, Voronezh, 25 noyabrya, 2021 [Proceedings of the XV National Scientific and practical conference in memory of Professor V.A. Romashov "Modern problems of general and applied parasitology", Voronezh, November 25, 2021]. Voronezh, 2021, pp. 50–53. (In Russian)
 9. Darman Yu.A., Petrov T.A., Purehovskiy A.Zh., Sedash G.A., Titov A.S. The abundance of wild ungulates in southwestern Primorye. *Vestnik okhotovedeniya* [Bulletin of Hunting]. 2021, vol. 18, no. 3, pp. 170–181. (In Russian)
 10. Li Y., Kim J.H., Pandey P., Lee H., Li H., Peng Y., Zhu W., Wang T., Chen M., Sedash G., Darman Y. Northward range expansion of water deer in Northeast Asia: Direct evidence and management implications. *Animals*, 2022, vol. 12, no. 11, article id: 1392. <https://www.doi.org/10.3390/ani12111392>
 11. Katumina M.D. K voprosu o gel'mintofaune kopytnykh v usloviyakh zapovednika na Dal'nem Vostoke Rossii [On the issue of the helminthofauna of ungulates in a nature reserve in the Russian Far East]. *Materialy XIV Mezhdunarodnogo konkursa nauchno-issledovatel'skikh rabot «Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya»*, Ufa, 23 oktyabrya, 2023 [Proceedings of the XIV International Competition of Scientific research papers "Fundamental and Applied Scientific research", Ufa, October 23, 2023]. Ufa, 2023, pp. 23–27. (In Russian)
 12. Darman Yu.A., Petrov T.A., Titov A.S., Storozhuk V.B., Sonin P.L. Izmenenie chislenosti dikikh kopytnykh v areale dal'nevostochnogo leoparda [Changes in the number of wild ungulates in the range of the Far Eastern leopard]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Okhrana i ratsional'noe ispol'zovanie zhivotnykh i rastitel'nykh resursov»* (Molodezhnyi, Rossiya; 22–26 maya 2024 g.) [Proceedings of the international scientific and practical conference "Protection and Rational use of animal and plant resources" (Molodezhnyi, Russia; May 22-26, 2024)]. Irkutsk, 2024, pp. 51–56. (In Russian)
 13. Petrov T.A., Darman Yu.A., Titov A.S., Storozhuk V.B., Sonin P.L., Marchenkova T.V. Changes in the number of wild ungulates in the South-West of Primorsky krai. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2025, vol. 10, no. 1, pp. 10–24. (In Russian)
<https://www.doi.org/10.21685/2500-0578-2025-1-2>
 14. Li Z., Khattak R.H., Han X., Zhang N., Wu J., Liu Z., Teng L. Distribution update of water deer (*Hydropotes inermis*) and prediction of their potential distribution in Northeast China. *Scientific Reports*, 2023, vol. 13, no. 1, article id: 5610.
<https://www.doi.org/10.1038/s41598-023-32314-z>
 15. *Postanovlenie regional'nogo Pravitel'stva Primorskogo kraya № 576-pd ot 22.08.2022 «O zanesenii v Krasnyuyu knigu Primorskogo kraya redkogo vida zhivotnogo»* [Resolution of the Regional Government of Primorsky Krai No. 576-pd dated 08/22/2022 "On the inclusion of a rare animal species in the Red Book of Primorsky Krai"]. (In Russian) Available at:
<http://publication.pravo.gov.ru/document/2501202208220001?ysclid=ltjpxntjap955146930> (accessed 08.04.2025)
 16. Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2005, 792 p.
 17. Zhang W.Q., Zhang M.H. Phylogeny and evolution of Cervidae based on complete mitochondrial genomes. *Genetics and Molecular Research*, 2012, vol. 11, no. 1, pp. 628–635.
<https://dx.doi.org/10.4238/2012.March.14.6>
 18. Heckeberg N.S. The systematics of the Cervidae: a total evidence approach. *PeerJournal*, 2020, vol. 8, article id: e8114.
<https://www.doi.org/10.7717/peerj.8114>
 19. Rubes J., Musilova P., Kopečna O., Kubickova S., Cernohorska H., Kulemsina A.I. Comparative molecular cytogenetics in Cetartiodactyla. *Cytogenetic and Genome Research*, 2012, vol. 137, no. 2-4, pp. 194–207. <https://www.doi.org/10.1159/000338932>
 20. Kraus F., Miyamoto M.M. Rapid cladogenesis among the pecoran ruminants: evidence from mitochondrial DNA sequences. *Systematic Zoology*, 1991, vol. 40, no. 2, pp. 117–130.
 21. Vislobokova I.A. Fossil deer of Eurasia. In: *Trudy Paleontologicheskogo instituta* [Proceedings of the Paleontological Institute]. 1990, vol. 240, 208 p. (In Russian)
 22. Tate G.H.H. Mammals of Eastern Asia. New York, MacMillan Co., 1947, 366 p.
 23. Kim Y.K., Koyabu D., Lee H., Kimura J. Cranial morphological homogeneity in two subspecies of water deer in China and Korea. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2015, vol. 77, no. 11, pp. 1427–1435. <https://www.doi.org/10.1292/jvms.15-0037>
 24. Koh H.S., Lee B.K., Wang J., Heo S.W., Jang K.H. Two sympatric phylogroups of the Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) identified by mitochondrial DNA control region and cytochrome b gene analyses. *Biochemical Genetics*, 2009, vol. 47, no. 11-12, pp. 860–867.
<https://www.doi.org/10.1007/s10528-009-9285-8>
 25. Swinhoe R. On a new deer from China. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1870, vol. 1870, pp. 86–99.
 26. Swinhoe R. On Chinese deer, with the description of an apparently new species. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1873, vol. 1873, pp. 572–578.
 27. Brooke V. On *Hydropotes inermis* and its cranial characters as compared with those of *Moschus moschiferus*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1872, vol. 1872, pp. 522–525.
 28. Stimpson C., O'Donnell S., Huong Nguyen Thi Mai, Holmes R. Confirmed archaeological evidence of water deer in Vietnam: relics of the Pleistocene or a shifting baseline? *Royal Society Open Science*, 2021, vol. 8, no. 6, article id: 210529.
<https://www.doi.org/10.1098/rsos.210529>
 29. Yankovsky M.I. Spotted deer, leopards and tigers of the Ussuri region. *Izvestiya Vostochno-Sibirskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Proceedings of the East Siberian Department of the Imperial Russian Geographical Society]. 1882, vol. 13, no. 3, pp. 76–79. (In Russian)
 30. Przhevalsky N.M. *Puteshestvie v Ussuriiskom krae 1867-1869* [Journey to the Ussuri region 1867-1869]. St. Petersburg, Russian Geographical Society, 1870, 369 p. (In Russian)
 31. Arsenyev V.K. *V debryakh Ussuriiskogo kraya* [In the wilds of the Ussuri region]. Vladivostok, Book Business Publ., 1926, 464 p. (In Russian)
 32. Won C., Smith K.G., History and current status of mammals of the Korean Peninsula. *Mammal Review*, 1999, vol. 29, no. 1, pp. 3–33.
 33. Kim K.G., Cho D.G. Status and ecological resource value of the Republic of Korea's Demilitarized zone. *Landscape Ecological Engineering*, 2005, vol. 1, no. 1, pp. 3–15.
 34. Ohtaishi N., Gao Y. A review of the distribution of all species of deer (Tragulidae, Moschidae and Cervidae) in China. *Mammalian Review*, 1990, vol. 20, no. 2-3, pp. 125–144.
 35. Schilling A.-M., Rossner G.E. The (sleeping) Beauty in the Beast – a review on the water deer, *Hydropotes inermis*. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 2017, vol. 28, no. 2, pp. 121–133.
 36. Frölich K., Flach E.J. Long-term viral serology of semi-free-living and captive ungulates. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 1998, vol. 29, no. 2, pp. 165–170.
 37. Mammalogical and Herpetological Group of Limousin. *Atlas des Mammifères, Reptiles et Amphibiens du Limousin. 1990-1998* [Atlas of Mammals, Reptiles and Amphibians of the Limousin. 1990-1998]. Limousin, The Regional Directorate for the Environment of Limousin, 1998, 227 pp. (In France)
 38. Pocock R.I. On the External Characters of Elaphurus, *Hydropotes*, Pudu, and other Cervidae. *Proceedings of Zoological Society of London*, 1923, vol. 93, no. 2, pp. 181–207.
 39. Chernova O.F., Shchelkanov E.M. Hair coat of the water deer *Hydropotes inermis* (Cervidae, Artiodactyla), a new species in the Russian fauna. *Doklady Biological Sciences*, 2024, vol. 517, no. 1, pp. 88–95. <https://www.doi.org/10.1134/s0012496624701060>
 40. Lee S.J., Kim K.Y., Kim G., Moon S., Park Y.C., Cho H.S., Oh Y. Potential tick defense associated with skin and hair characteristics in Korean Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*). *Animals*, 2024, vol. 14, no. 2, article id: 185.
<https://www.doi.org/10.3390/ani14020185>
 41. Chernova O.F., Tselikova T.N. *Atlas volos mlekopitayushchikh (tonkaya struktura ostevykh volos i igl v skaniruyushchem elektronnom*

- mikroskope*) [Atlas of mammalian hair (fine structure of outer hairs and needles in a scanning electron microscope)]. Moscow, KMK Publ., 2004, 429 p. (In Russian)
42. Sokolov V.E., Chernova O.F., Sale J. *Kozhnyi pokrov tropicheskikh kopytnykh* [The skin of tropical ungulates]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 167 p. (In Russian)
 43. Chernova O.F., Shchelkanov E.M., Khatsaeva R.M., Manukov Yu.I. *Predmetnyi stolik* [Object table]. Patent of the Russian Federation N 232064, 2025. (In Russian)
 44. Meyer W., Pohlmeier K., Schnapper A., Hulmann G. Subgroup differentiation in the Cervidae by hair cuticle analysis. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 2001, vol. 47, pp. 253–258.
 45. Chernova O.F., Ivlev Yu.F., Potapova E.G., Zhrebtsov O.V., Shchelkanov E.M. Architecture of the medulla in mammalian vibrissae: polymorphism and nomenclature. *Doklady Biological Sciences*, 2025, vol. 521, pp. 81–94.
<https://www.doi.org/10.1134/S0012496625600010>
 46. Hartmann M. Vibrissa mechanical properties. In: *Scholarpedia of Touch*. Paris, Atlantis Press, 2016, pp. 591–614.
 47. Dzerzhinsky F.Ya., Vasiliev B.D., Malakhov V.V. *Zoologiya pozvonochnykh* [Zoology of vertebrates]. Moscow, Akademiya Publ., 2013, 464 p. (In Russian)
 48. Prikhodko V.I. *Vodyanoi olen'* [The Water deer]. Moscow, Association of Scientific Publications of the KMK, 2025, 119 p. (In Russian)
 49. Sablina T.B. *Evolutsiya pishchevaritel'noi sistemy oleney* [Evolution of the digestive system of deer]. Moscow, Nauka Publ., 1970, 248 p. (In Russian)
 50. Barkalov V.Yu., Vrish A.E., Krestov P.V., Yakubov V.V. *Rastitel'nyi mir Ussuriiskoi taigi. Polevoi atlas-opredelitel'* [Flora of the Ussuri taiga. The field atlas is a determinant]. Vladivostok, Far Eastern State University Publ., 2010, 476 p. (In Russian)
 51. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V. Taxonomic composition and features of the natural flora of Primorsky krai. *Komarovskie chteniya* [Komarovsky readings]. 2014, no. 62, pp. 7–62. (In Russian)
 52. Kim J., Joo S., Park S. Diet composition of Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) from the Han River Estuary Wetland in Korea using fecal DNA. *Mammalia*, 2021, no. 85, pp. 487–493.
 53. Lee S.K., Woo C., Lee E.J., Yamamoto N. Using high-throughput sequencing to investigate the dietary composition of the Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*): a spatiotemporal comparison. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, no. 1, article id: 22271.
<https://www.doi.org/10.1038/s41598-022-26862-z>
 54. Jo Y.S., Baccus J.T., Koprowski J.L. *Mammals of Korea*. Incheon, National Institute of Biological Resources, 2018, 573 p.
 55. Stadler S.G. Behaviour and social organisation of Chinese water deer (*Hydropotes inermis*) under semi-natural conditions. PhD dissertation. Bielefeld (Germany), Bielefeld University, 1991, 235 p.
 56. Mauget R., Mauget C., Dubost G., Charron F., Courcoult A., Rodier A. Non-invasive assessment of reproductive status in Chinese water deer (*Hydropotes inermis*). *Mammalian Biology*, 2007, vol. 72, no. 1, pp. 14–26.
 57. Dubost G., Charron F., Courcoult A., Rodier A. Social organization in the Chinese water deer, *Hydropotes inermis*. *Acta Theriologica*, 2011, vol. 56, no. 2, pp. 189–198.
 58. Sheng H. *The Deer in China*. Shanghai, East China Normal University Press, 1992, pp. 96–115.
 59. Zhang E. Uniparental female care in the Chinese water deer at Whipsnade Wild Animal Park, England. *Acta Theriologica Sinica*, 1998, no. 18, pp. 173–183.
 60. IUCN. 1990 IUCN Red list of threatened animals. Gland (Switzerland), IUCN, 1990, 232 p. Available at: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-1990-001.pdf> (accessed 02.05.2025)
 61. IUCN. 1994 IUCN red list of threatened animals. Gland (Switzerland), IUCN, 1994, 286 p. Available at: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-1994-001.pdf> (accessed 02.05.2025)
 62. IUCN. Deer. Status survey and conservation action plan. Gland (Switzerland), IUCN, 1998, 106 p. Available at: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1998-040.pdf> (accessed 02.05.2025)
 63. Harris R.B., Duckworth J.W. *Hydropotes inermis*, Water Deer. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2015, article id: e.T10329A22163569. <https://www.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T10329A22163569.en>
 64. Sheng H., Ohtaishi N. The status of deer in China. In: *Deer of China*. Elsevier, Amsterdam, 1993, pp. 1–11.
 65. Sheng H.L. *Hydropotes inermis*. In: *China Red Data Book of Endangered Animals*. Beijing, Science Press, 1998, pp. 278–281.
 66. Jung J., Shimizu Y., Omasa K., Kim S., Lee S. Developing and testing a habitat suitability index model for Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) and its potential for landscape management decisions in Korea. *Animal Cells and Systems*, 2016, vol. 20, no. 4, pp. 218–227.
 67. Choi T.-Y. Estimation of the Water deer (*Hydropotes inermis*) roadkill frequency in South Korea. *Ecology and Resilient Infrastructure*, 2016, no. 3, pp. 162–168.
 68. Okonishnikov O.V. In the land of morning freshness. *Okhota i okhotnich'e khozyaistvo* [Hunting and hunting management]. 1988, no. 12, pp. 26–27. (In Russian)
 69. Darman Yu.A., Karakin V.P., Bardyuk V.V. Territorial differentiation of biodiversity and measures for its conservation within the transboundary geosystems of the South of the Russian Far East and Northeastern China. *Pacific geography*, 2024, no. 3, pp. 42–58. (In Russian) https://www.doi.org/10.35735/26870509_2024_19_3
 70. Shchelkanov E.M., Fomenko E.P., Tabakaeva T.V., Pankratov D.V. Analysis of biological safety risks during the expansion of the range of the water deer (*Hydropotes inermis*), a new species in the fauna of Russia. *Far Eastern Journal of Infectious Pathology*, 2024, no. 47, pp. 72–74. (In Russian) <https://www.doi.org/10.62963/2073-2899-2024-47-72-74>
 71. Lvov D.K., Shchelkanov M.Yu., Alkhovskiy S.V., Deryabin P.G. Zoonotic viruses of Northern Eurasia. *Taxonomy and Ecology*. Academic Press, 2015, 452 p.
 72. Kim H.K., Kim H.J., Noh J.Y., Van Phan L., Kim J.H., Song D., Na W., Kang A., Nguyen T.L., Shin J.H., Jeong D.G., Yoon S.W. Serological evidence of H5-subtype influenza A virus infection in indigenous avian and mammalian species in Korea. *Archives of Virology*, 2018, vol. 163, no. 3, pp. 649–657. <https://www.doi.org/10.1007/s00705-017-3655-z>
 73. Lee H.S., Kim J., Son K., Kim Y., Hwang J., Jeong H., Ahn T.Y., Jheong W.H. Phylogenetic analysis of severe fever with thrombocytopenia syndrome virus in Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in the Republic of Korea. *Ticks and Tick Borne Diseases*, 2020, vol. 11, no. 2, article id: 101331.
<https://www.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2019.101331>
 74. Kim J.H., Jang J.H., Yoon S.W., Noh J.Y., Ahn M.J., Kim Y., Jeong D.G., Kim H.K. Detection of bovine coronavirus in nasal swab of non-captive wild water deer, Korea. *Transboundary Emerging Diseases*, 2018, vol. 65, no. 3, pp. 627–631.
<https://www.doi.org/10.1111/tbed.12847>
 75. Shchelkanov M.Y. *Etiologiya COVID-19* [Etiology of COVID-19]. In: *COVID-19: ot etiologii do vaksino profilaktiki. Rukovodstvo dlya vrachei* [COVID-19: from etiology to vaccine prevention. A guide for doctors]. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2023, pp. 11–53. (In Russian)
 76. Zhou X.Y., Wang Y., Zhu J., Miao Q.H., Zhu L.Q., Zhan S.H., Wang G.J., Liu G.Q. First report of peste des petits ruminants virus lineage II in *Hydropotes inermis*, China. *Transboundary Emerging Diseases*, 2018, vol. 65, no. 1, pp. e205–e209.
<https://www.doi.org/10.1111/tbed.12683>
 77. Kim S.H., Choi H., Yoon J., Woo C., Chung H.M., Kim J.T., Shin J.H. Pathogens in water deer (*Hydropotes inermis*) in South Korea, 2010–12. *Journal of Wildlife Diseases*, 2014, vol. 50, no. 3, pp. 478–483.
<https://www.doi.org/10.7589/2013-06-137>
 78. Amer S., Kim S., Yun Y., Na K.J. Novel variants of the newly emerged *Anaplasma capra* from Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in South Korea. *Parasites and Vectors*, 2019, vol. 12, no. 1, article id: 365. <https://www.doi.org/10.1186/s13071-019-3622-5>
 79. Seo M.G., Kwon O.D., Kwak D. Molecular detection of *Rickettsia raoultii*, *Rickettsia tamurae*, and associated pathogens from ticks parasitizing water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in South Korea. *Ticks and Tick Borne Diseases*, 2021, vol. 12, no. 4, article id: 101712.
<https://www.doi.org/10.1016/j.ttbdis.2021.101712>
 80. Park Y.J., Kim E.M., Cho H.C., Shin S.U., Chae J.S., Park J., Choi K.S. Identification of *Babesia capreoli* from Korean Water Deer in the Republic of Korea. *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 2022, vol. 22, no. 3, pp. 178–183. <https://www.doi.org/10.1089/vbz.2021.0060>

81. Ko S., Kim S.J., Kang J.G., Won S., Lee H., Shin N.S., Choi K.S., Youn H.Y., Chae J.S. Molecular detection of Bartonella grahamii and B. schoenbuchensis-related species in Korean water deer (Hydropotes inermis argyropus). *Vector Borne Zoonotic Diseases*, 2013, vol. 13, no. 6, pp. 415–418. <https://www.doi.org/10.1089/vbz.2012.1105>
82. VanBik D., Lee S.H., Seo M.G., Jeon B.R., Goo Y.K., Park S.J., Rhee M.H., Kwon O.D., Kim T.H., Geraldino P.J.L., Kwak D. Borrelia species detected in ticks feeding on wild Korean Water Deer (Hydropotes inermis) using molecular and genotypic analyses. *Journal of Medical Entomology*, 2017, vol. 54, no. 5, pp. 1397–1402. <https://www.doi.org/10.1093/jme/tjx106>
83. Kwon S.H., Choi J.S., Seo M.G., Kim B., Jeon Y.J., Jung I.J., Hong I.H. Bovine tuberculosis caused by Mycobacterium bovis in a Korean Water Deer (Hydropotes inermis argyropus). *Journal of Wildlife Diseases*, 2025, vol. 61, no. 2, pp. 548–551. <https://www.doi.org/10.7589/JWD-D-24-00061>
84. Han J.I., Jang H.J., Na K.J. Molecular detection of Theileria sp. in wild Chinese water deer (Hydropotes inermis argyropus). *Journal*

- Wildlife Diseases*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 1213–1216. doi: 10.7589/0090-3558-45.4.1213
85. Zaporozhets T.S., Besednova N.N., Kalinin A.V., Somova L.M., Shchelkanov M.Yu. 80 years on guard of biological safety at the eastern borders of Russia. *Public Health and Life Environment*, 2021, no. 5, pp. 5–15. <https://www.doi.org/10.35627/2219-5238/2021-338-5-5-15>
86. Randi E., Mucci N., Pierpaoli M., Douzery E. New phylogenetic perspectives on the Cervidae (Artiodactyla) are provided by the mitochondrial cytochrome b gene. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1998, vol. 265, no. 1398, pp. 793–801. <https://www.doi.org/10.1098/rspb.1998.0362>
87. Wen Y., Zhang L., Holbourn A.E., Zhu C., Huntington K.W., Jin T., Li Y., Wang C. CO₂-forced Late Miocene cooling and ecosystem reorganizations in East Asia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2023, vol. 120, no. 5, article id: e2214655120. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.2214655120>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Егор М. Щелканов, Ольга Ф. Чернова, Юрий И. Мануков спланировали исследование, разработали его дизайн. Егор М. Щелканов, Дмитрий В. Панкратов проводили полевые исследования. Егор М. Щелканов, Ольга Ф. Чернова проводили исследования шерстного покрова и вибрисс. Егор М. Щелканов, Ольга Ф. Чернова, Юрий И. Мануков, Дмитрий В. Панкратов писали и корректировали текст статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Egor M. Shchelkanov, Olga F. Chernova and Yuri I. Manukov planned the study and developed its design. Egor M. Shchelkanov and Dmitry V. Pankratov conducted field research. Egor M. Shchelkanov and Olga F. Chernova conducted research on wool cover and vibrissae. Egor M. Shchelkanov, Olga F. Chernova, Yuri I. Manukov and Dmitry V. Pankratov wrote and corrected the text of the article. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Егор М. Щелканов / Egor M. Shchelkanov <https://orcid.org/0000-0003-0202-958X>
 Ольга Ф. Чернова / Olga F. Chernova <https://orcid.org/0000-0003-3999-1924>
 Юрий И. Мануков / Yuri I. Manukov <https://orcid.org/0000-0002-4537-4036>
 Дмитрий В. Панкратов / Dmitry V. Pankratov <https://orcid.org/0000-0001-8827-728X>

Оригинальная статья / Original article
УДК 598.279.24
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-7



Оценка плотности куропаток (*Lagopus* spp.) как основного пищевого ресурса кречета (*Falco rusticolus*) в осенний период на Ямале

Наталья А. Соколова, Иван А. Фуфачев, Александр А. Соколов

Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, Лабытнанги, Россия

Контактное лицо

Наталья А. Соколова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт экологии растений и животных УрО РАН; 629404 Россия, г. Лабытнанги, ул. Зеленая горка, 21.
Тел. +79224591097
Email nasokolova@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6692-4375>

Формат цитирования

Соколова Н.А., Фуфачев И.А., Соколов А.А.
Оценка плотности куропаток (*Lagopus* spp.) как
основного пищевого ресурса кречета (*Falco
rusticolus*) в осенний период на Ямале // Юг
России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3.
С. 82-92. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-7

Получена 28 мая 2025 г.
Прошла рецензирование 14 июля 2025 г.
Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: оценить плотность населения куропаток (*Lagopus* spp.), необходимую для успешного массового размножения кречетов (*Falco rusticolus*) на новых северных территориях его гнездового ареала на полуострове Ямал.

Авиаучеты куропаток с борта вертолета Ми-8 в октябре на маршруте г. Лабытнанги – мыс Тиутей-Сале. Маршрут протяженностью 560 км охватил три биоклиматические подзоны тундры. Всего учтено 17 407 куропаток.

Плотность встреченных куропаток колебалась от 3,60 до 55,17 птиц на 1 км² в разных подзонах тундр полуострова. Усредненные значения трех авиаучетов показали сходные значения для подзоны типичных и арктических тундр: 34,04±7,37 и 33,53±11,17 особей/км² соответственно. В кустарниковой тундре плотность была в четыре раза меньше и составила 8,45±2,69 особей/км².

Высокая плотность куропаток, зарегистрированная к северу от подзоны кустарниковых тундр, может являться залогом успешного регулярного гнездования кречетов в этих районах. По нашим оценкам, выявленное высокое обилие куропатки на среднем и северном Ямале достаточно для успешного гнездования здесь нескольких десятков пар кречетов.

Ключевые слова

Куропатки, кречет, авиаучет, Ямал.

Assessment of ptarmigan (*Lagopus* spp.) density as the main prey for gyrfalcon (*Falco rusticolus*) in autumn on the Yamal Peninsula

Natalia A. Sokolova, Ivan A. Fufachev and Aleksandr A. Sokolov

Arctic Research Station of the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Labytnangi, Russia

Principal contact

Natalia A. Sokolova, PhD, Arctic Research Station of the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 21 Zelenaya Gorka St, Labytnangi, Russia 629404.

Tel. +79224591097

Email nasokolova@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6692-4375>

How to cite this article

Sokolova N.A., Fufachev I.A., Sokolov A.A.

Assessment of ptarmigan (*Lagopus* spp.) density as the main prey for gyrfalcon (*Falco rusticolus*) in autumn on the Yamal Peninsula. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):82-92. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-7

Received 28 May 2025

Revised 14 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. To assess the population density of ptarmigans (*Lagopus* spp.) necessary for the successful breeding of Gyrfalcons (*Falco rusticolus*) in the new northern expansion of its breeding range on the Yamal Peninsula.

Aerial surveys of ptarmigan were conducted from an Mi-8 helicopter in October along the route from the town of Labytnangi – Cape Tiuitei-Sale. The 560 km long route covers three bioclimatic tundra subzones. A total of 17,407 ptarmigans were counted.

The density of ptarmigan encountered ranged from 3.60 to 55.17 birds per km² in different tundra subzones of the peninsula. The averaged numbers from three aerial surveys showed similar densities for typical and arctic tundra subzones: 34.04 ± 7.37 and 33.53 ± 11.17 individuals/km², respectively. In the shrub tundra, the density was four times lower – 8.45 ± 2.69 individuals/km².

The high ptarmigan density recorded north of the shrub tundra subzone may ensure successful, regular nesting of Gyrfalcons in these areas. According to our estimates, the revealed high abundance of ptarmigans in central and northern Yamal is sufficient for the successful nesting of several dozen pairs of Gyrfalcons.

Key Words

Ptarmigans, gyrfalcon, aerial survey, Yamal.

ВВЕДЕНИЕ

Куропатки (белая *Lagopus lagopus* и тундряная *Lagopus mutus*) являются важнейшей добычей для кречета [1–3]. Начало сезона размножения у кречетов (спаривание, откладка яиц, вылупление птенцов), происходит в марте-мае, фактически в зимних условиях, когда в тундре для них фактически нет других видов добычи [4]. В сезон размножения в разных частях гнездового ареала кречета, доля куропаток в его питании колеблется от 44,5–67,7 % [5–7] до 95,7–98,9 % [8; 9].

Кречеты, как и все другие виды соколов не строят собственных гнезд, а занимают постройки других видов птиц. Северная граница ареала размножения кречета на Ямале, до недавнего времени, ограничивалась 67,8 с.ш., в районах с пойменными лиственничниками некоторых рек на крайнем юге полуострова, а также редкими на юге Ямала скальными выходами. В этих местах, на деревьях или на скалах, строят свои гнезда вороны (*Corvus corax*), орланы-белохвосты (*Haliaeetus albicilla*), беркуты (*Aquila chrysaetos*) и зимняки (*Buteo lagopus*), которые и занимает кречет [10].

В последние десятилетия происходит масштабное промышленное освоение месторождений углеводородов на полуострове Ямал, что привело к развитию техногенного ландшафта, включая возвышающиеся над относительно плоской поверхностью тундры полуострова сооружения инфраструктуры: буровые вышки, линии электропередач, газопроводы, вышки связи и прочее [11]. Один из самых масштабных и протяженных линейных объектов – построенная вдоль полуострова Ямал самая северная железная дорога в мире Обская-Карская. Однопутная железная дорога начинается в пригороде г. Лабытнанги (станция Обская) и заканчивается на 572 км (станция Карская). Строительство дороги было начато в 1986 г., и к 2003 г., за 17 лет, были проложены первые 268 км пути. Затем, всего за 4 года (2006–2010 гг.), построено еще 304 км пути до ст. Карская. Подзону кустарниковой тундры дорога пересекает ближе к западному берегу Ямала, и подходя в подзону типичной тундры ближе к середине полуострова, дорога у своего северного окончания вновь склоняется к западному берегу. Железная дорога имеет несколько десятков мостовых переходов, некоторые конструкции которых возвышаются на 10–15 м над окружающей пологой тундрой, и на 10–20 м над руслами рек и ручьев, над которыми мосты проложены. На этих мостах, иногда сразу на следующий год после постройки конкретного моста, стали строить гнезда и успешно выводить потомство вороны [12]. Некоторые гнезда, построенные вороном на мостах, стал занимать кречет, что привело к значимому расширению нативного гнездового ареала этого краснокнижного хищника на сотни километров к северу, вплоть до самого северного моста в районе 70,3° с.ш. На всем протяжении трассы к 2017 г. гнезилось уже 5 пар кречетов [12].

Вместе с тем, современная обеспеченность кречета куропаткой в новых для него районах гнездования в типичной тундре на Ямале остается не выясненной. Самые свежие данные о численности или плотности населения куропаток в типичной и арктической подзонах тундры Ямала относятся к

1970–1990-м годам прошлого века [13–16], когда кречет тут еще не гнезвился.

Два вида куропаток, белая и тундряная, имеют циркумполярное распространение и являются одними из немногих видов птиц, которые обитают в высоких широтах круглый год [17]. Белая куропатка гнездится практически на всей территории полуострова Ямал за исключением его самой северной оконечности. По мнению В.К. Рябицева и В.Н. Рыжановского [18], по данным работ в 1980-е годы, северная граница гнездования вида на Ямале не выходила за линию около 71,5° с.ш., в бассейнах рек Тамбей на востоке и Сядорьяха на западе полуострова. Тундряная куропатка – нерегулярно гнездящийся, малочисленный вид на всей территории Ямала, кроме самой северной части полуострова, где она более обычна, чем белая куропатка [18]. Считается, что для полуострова Ямал характерны сезонные перемещения куропаток. В зимний период большинство птиц с Ямала откочевывает в южную часть полуострова, а весной возвращаются к северу [19; 20]. Наиболее дальние перемещения известны по данным кольцевания: птицы, помеченные размножающимися на границе типичной и арктической подзон тундры летом (июнь–июль), были добыты охотниками в лесотундре зимой (февраль) [18]. Расстояние между районом мечения и добытия составляет более 500 км. Масштабы и регулярность таких сезонных перемещений могут отличаться в разные годы и зависеть, в основном, от погодных условий конкретных сезонов, т.е. в некоторые годы много куропаток может оставаться в подзоне типичной тундры Ямала [18; 20]. Основной причиной откочевки куропаток с севера зимой считается отсутствие достаточного количества корма: невысокие в типичной тундре кусты скрыты снегом, как и другие растительные ресурсы питания [21].

На сегодняшний день нет общих трендов в оценке плотности населения и динамике численности куропаток в циркумполярной Арктике [17]. Региональные обзоры показывают затухание популяционных циклов у белой куропатки на территории Юкона в Канаде [22] и тенденции к сокращению популяций по всей Фенноскандии и на востоке России [17; 23]. Сокращение численности белой куропатки в Финляндии было связано с большим количеством бесснежных весенних дней [24], в Норвегии – с фрагментацией зарослей ивы из-за поедания копытными, повышением зимних температур и опосредованно – с сокращением популяций мелких грызунов [25–27]. Однако, изменение климата может оказать разнонаправленное воздействие на популяции белой куропатки, если изменения температуры и количества осадков могут снизить успешность размножения куропаток, то продвигающиеся к северу «закустаривание» тундры может обеспечить им дополнительную среду обитания и питания, особенно в зимний период [28; 29]. На Ямале недавно задокументированный, обусловленный изменениями климата сдвиг границ подзон тундры к северу [30], может свидетельствовать и о продвижении ивовых кустарников далее к северу и об увеличении высоты этих кустарников. В дополнении к изложенной выше нерегулярной природе осенних откочевок куропаток из северной и средней части Ямала, это может служить

дополнительным фактором, который в последние годы может «оставлять» куропаток на зиму в более высоких широтах.

Существует несколько методов оценки плотности популяций куропаток [2; 17]. Некоторые исследователи полагают, что для определенных задач авиаучёт является более удобным методом, в сравнении с наземными учетами, потому что он позволяет за короткое время получать абсолютные данные для больших площадей со сравнительно небольшими усилиями учетчиков [31; 32]. В настоящее время его активно используют для учёта тетеревиных птиц [33] и водоплавающих [34; 35]. Особенную ценность авиаучеты имеют в труднодоступных для исследователей обширных районах севера [34; 36]. Учеты птиц в тундре весной или ранним летом дают представление об обилии размножающихся птиц. Осенний учёт характеризует суммарную численность взрослых и молодых птиц, родившихся в год учета. В случае с охотничьими видами, которыми являются и куропатки, такую численность часто называют «предпромысловой» [34; 37].

Наша гипотеза перед проведением учетных работ состояла в том, что мы обнаружим сравнительно высокую для успешного массового размножения куропаток численность куропатки на новых северных

территориях гнездового ареала кречета на Ямале. Важными задачами исследования были получение данных по распределению куропаток по разным подзонам тундры п-ова Ямал, оценка современной плотности населения куропаток и сравнение этих значений с другими районами гнездового ареала кречета.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования

Полуостров Ямал расположен на севере Западной Сибири, с запада омывается Байдацкой, а с востока – Обской губой Карского моря. Ямал простирается более чем на 770 км с юга на север и имеет относительно постоянную ширину 200–250 км. Рельеф однородный и исключительно ровный, с максимальной высотой около 90 м н.у.м. на возвышенности Хой, проходящей примерно посередине вдоль полуострова, а на остальной территории полуострова не превышает 20–50 м. Ландшафт характеризуется многочисленными озерами и реками, но при этом не имеет существенных географических барьеров для распространения наземных видов [38].

На полуострове Ямал располагаются три биоклиматические подзоны Арктики [39] (рис. 1).

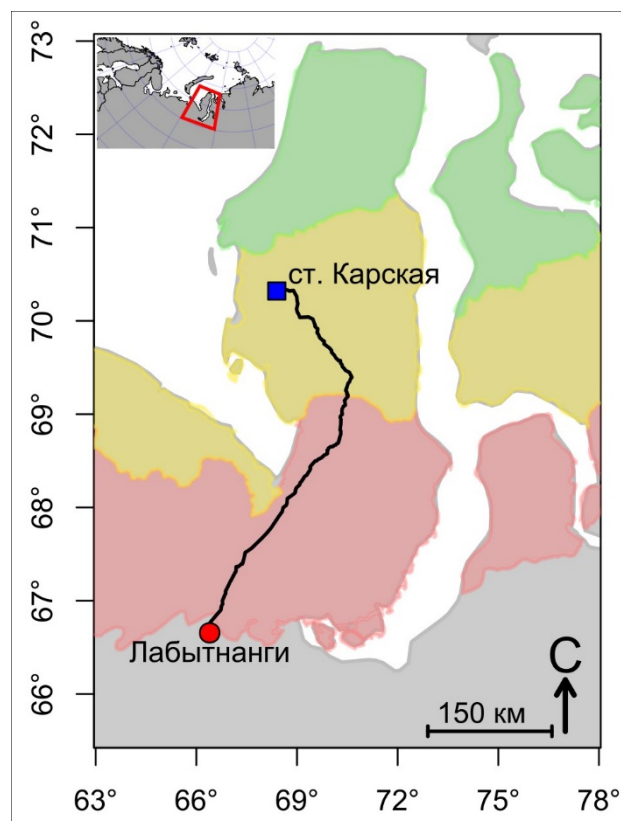


Рисунок 1. Полуостров Ямал и железная дорога Обская-Карская (черная линия). Разными цветами обозначены различные подзоны тундры: зеленый – подзона С, желтый – подзона D, красный – подзона E, серый – лесотундра
Figure 1. Yamal peninsula and the Obskaya-Karskaya railway (black line). Different colours indicate different tundra subzones: green – subzone C, yellow – subzone D, red – subzone E, grey – forest tundra

Каждая подзона охватывает примерно треть часть полуострова, начиная с подзоны С на севере (соответствует арктической тундре по [40]), далее к югу подзоны D и E (типичная и кустарниковая тундры), достигая экотона лесотундры на крайнем юге полуострова. Характеристики этих подзон различаются,

уменьшаясь с юга на север по средней температуре июля, фитомассе, особенностям структуры растительного покрова и другим параметрам, в частности, по обилию зарослей ивы (*Salix* spp.). Проходя через всю подзону кустарниковых тундр железная

дорога «Обская-Карская» почти полностью пересекает подзону типичных тундр (рис. 1).

Маршрут и методика авиаучётов

Авиаучёты куропаток проводили 11 октября 2023 г. с борта вертолѐта МИ 8. Два учётчика фотографировали всех встреченных куропаток по разным бортам вертолѐта на маршруте перелета в северном направлении из г. Лабытнанги (66,6° с.ш. 66,4° в.д.) до мыса Тиутей-Сале (71,4° с.ш., 67,5° в.д.) на северо-западном побережье п-ова Ямал, в западную и восточную сторону от общего направления полета. Один учётчик считал куропаток в южном направлении по пути обратно с левого борта вертолѐта, в восточную сторону от общего направления полета. Маршрут полета записывали с помощью навигатора Garmin GPSMap 66 st.

Для статистической обработки материала весь маршрут авиаучетов был поделен на временные отрезки длительностью в одну минуту. Если в течении минуты было сфотографировано несколько разных стай куропаток, то эти данные суммировались. Используя информацию о количестве куропаток и геопозиции отрезка пути в течении одной минуты полета, мы суммировали всех куропаток для каждой биоклиматической подзоны тундры и рассчитали плотность встреченных куропаток на 1 км². Для определения площади, охваченной авиаучетом, мы использовали данные о длине маршрута и ширине полосы подсчета куропаток. Для вычисления ширины учетной полосы с каждого борта вертолѐта мы использовали геометрические вычисления (рис. 2).

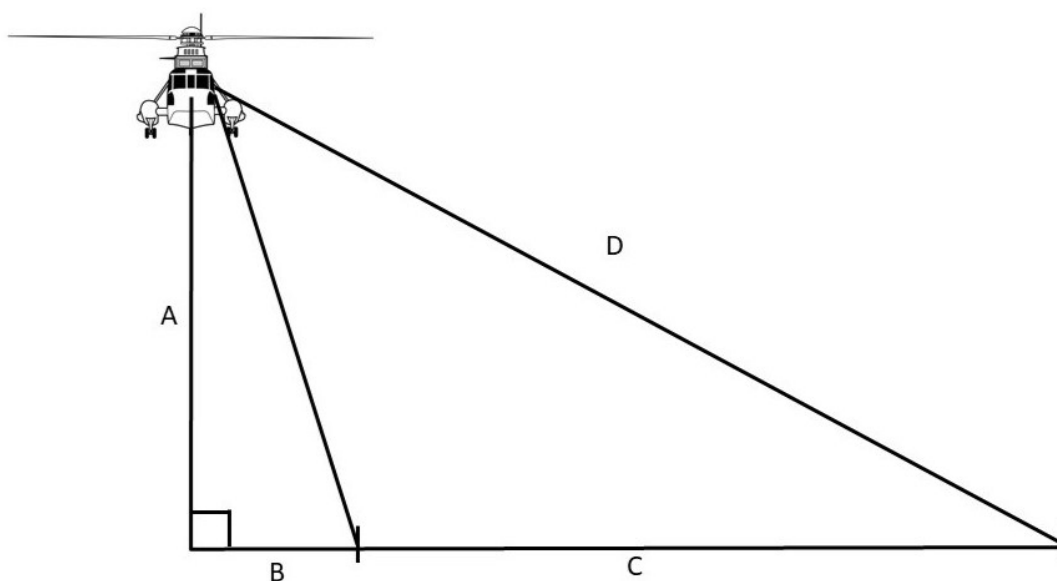


Рисунок 2. Схематичное изображение параметров для вычисления ширины учетной полосы

A – высота полета вертолѐта, B – «слепая» для наблюдателя зона под вертолѐтом, C – ширина учетной полосы, D – расстояние от наблюдателя до максимально удаленной точки фотографирования

Figure 2. A schematic representation of the parameters for calculating strip width of counting procedure
A – helicopter flight height, B – observer's "blind" area under the helicopter, C – strip width of counting, D – distance from the observer to the most distant point of photographing

Как видно из рисунка 2, мы взяли прямоугольный треугольник, вершинами которого являлись летящий вертолѐт, точка на поверхности земли вертикально под вертолѐтом и точка на поверхности земли максимально удаленная от наблюдателя, до которой производили фотографирование куропаток. Один из катетов треугольника – средняя высота полета вертолѐта при перелетах и на юг, и на север составила 200 м по данным GPS навигатора. Длина гипотенузы прямоугольного треугольника от наблюдателя до максимально удаленной точки фотографирования составила 600 м по данным лазерного дальномера Nikon Forestry Pro. Таким образом, длина второго катета треугольника (ширина учетной полосы одного наблюдателя с одной стороны вертолѐта), вычисленная по теореме Пифагора, составила 565,68 м. Из этой величины мы отняли 60 м – слепую зону для каждого наблюдателя непосредственно под вертолѐтом.

Принимая во внимание, что высота полета вертолѐта на таком протяженном маршруте регулярно отклонялась в обе стороны на несколько метров, а также тот факт, что некоторые куропатки иногда могли быть сфотографированы в нескольких метрах дальше точки 600 м от наблюдателя, мы приняли усредненную ширину учетной полосы для одного наблюдателя с одного борта вертолѐта равной 500 м.

Видимость на всем протяжении учета на маршруте и туда и обратно была хорошая, не менее 5 км. Основной цвет земной поверхности во время учета можно охарактеризовать как бурый (серовато-коричневый с рыжеватым или красноватым оттенком), тундра была еще не покрыта снегом. На фоне бурой осенней растительности уже полностью белое в это время года оперение куропаток было хорошо заметно на сотни метров от вертолѐта. Характерный размер, габитус, профиль птиц в полете, местообитания в

которых они находились, гарантировали безошибочное определение куропаток от других видов птиц или млекопитающих, также имеющих белый окрас в это время года в районе исследований (лебеди, чайки, зайцы, песцы). Видовую принадлежность куропаток с такого расстояния достоверно определить невозможно, поэтому в учет попали как белые, так и тундряные куропатки. Каждую встречу куропаток на маршруте фиксировали с помощью фотокамер Nikon D3500 с

объективом 75–300 мм и Canon EOS 7D с объективом 100–400 мм. Для географической привязки фотографий время на фотоаппаратах и GPS навигаторе было синхронизировано. Подсчет числа куропаток мы проводили на компьютере. Если в одном кадре было большое количество куропаток, не позволяющее уверенно пересчитать всех птиц, мы делили кадр на сектора, внутри которых производили точный подсчет птиц (рис. 3).

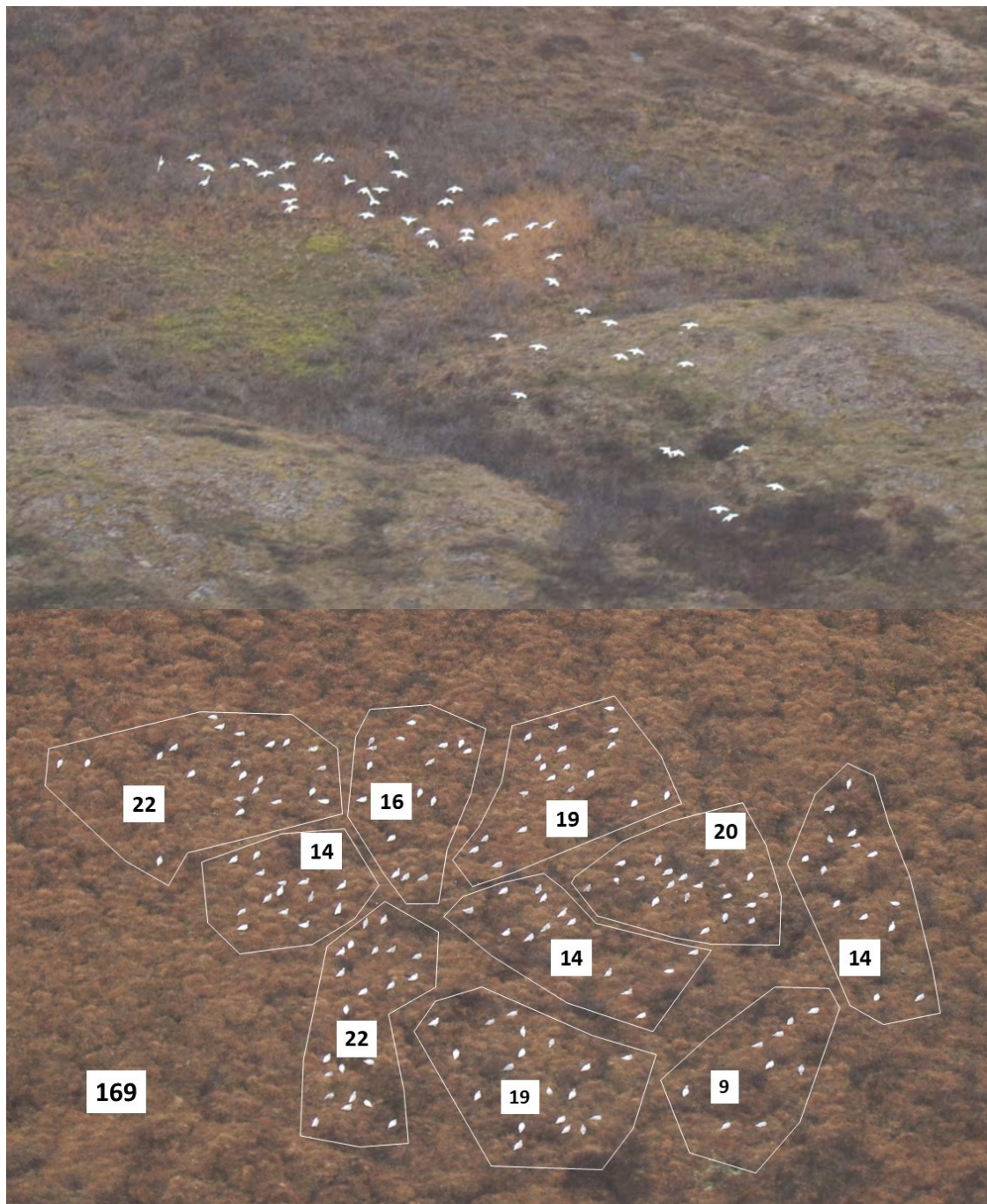


Рисунок 3. Примеры фотографий куропаток, сделанных во время авиаучетов и пример подсчета числа птиц на кадрах с большим количеством особей

Figure 3. Examples of photographs of ptarmigans taken during aerial surveys and an example of bird counts on pictures with a large number of individuals

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных 11 октября 2023 г. работ, мы располагаем данными трех авиаучетов: два учета в западную и восточную стороны от направления

движения вертолета во время перелета на север, и один учет с восточной стороны от направления движения вертолета во время перелета на юг. Маршрут перелета вертолета в обе стороны практически

совпадал. Время проведения учета: во время перелета на север с 09:10 до 12:35, во время перелета на юг с 13:45 до 17:00. Длина маршрута, на котором учитывали куропаток, была равной в обе стороны перелета.

Расстояние между крайними южной и северной точками маршрутов учета составило 560 км.

На фотографиях было подсчитано 17 407 куропаток (табл. 1).

Таблица 1. Количество куропаток, посчитанных на фотографиях во время трех авиаучетов в разных подзонах тундры, в скобках указана протяженность маршрута

Table 1. The number of ptarmigans counted in photographs during three aerial surveys in different tundra subzones, with route length in brackets

	Подзона / Subzone E (290 км)	Подзона / Subzone D (200 км)	Подзона / Subzone C (70 км)	Всего / All (560 км)
Учет А Count A	522	4 745	626	5 893
Учет Б Count Б	1 870	2 203	964	5 037
Учет В Count В	1 283	3 263	1 931	6 477
Сумма Sum	3 675	10 211	3 521	17 407

Всего, куропаток обнаружили на 396 фотографиях, из них на 102 фото с западной стороны вертолета (учет А) и 126 фото с восточной стороны вертолета (учет Б) при перелете на север, и 168 фото с восточной стороны вертолета (учет В) при перелете на юг. На маршруте

были встречены одиночные куропатки, но чаще группы (стаи) птиц. Максимальное число куропаток в одном кадре – 297 особей. Характер распределения куропаток в разных подзонах тундры во время проведения учета различался (рис. 4).

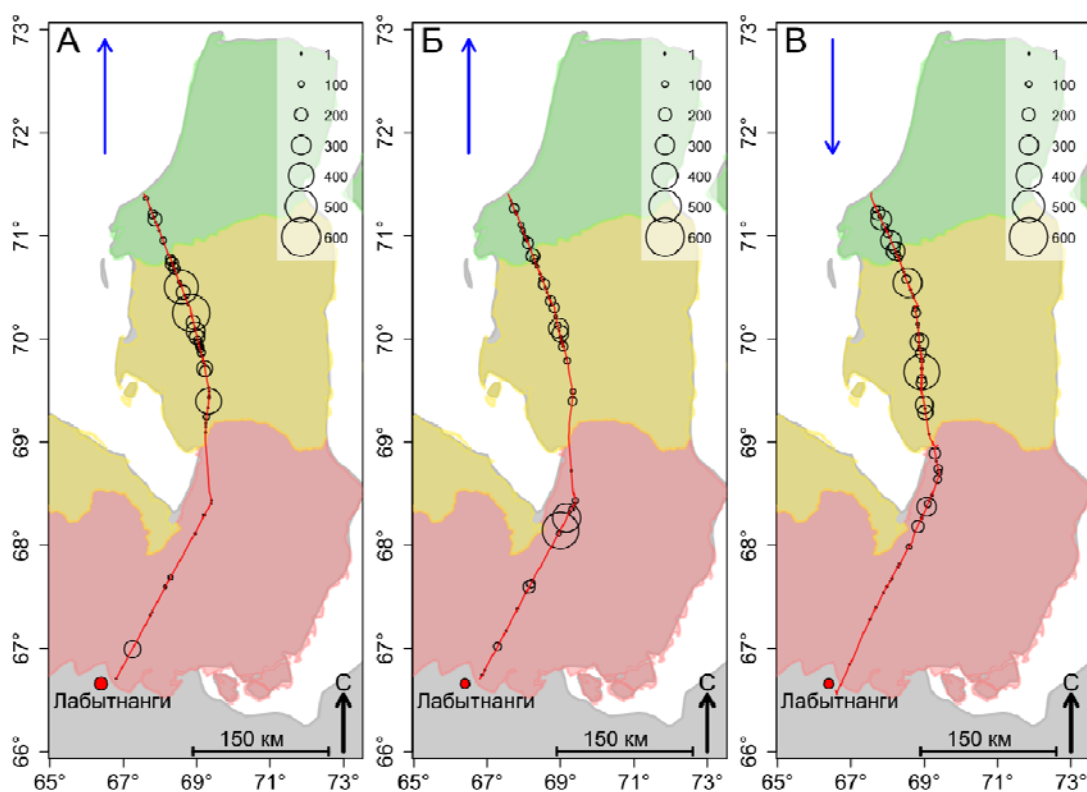


Рисунок 4. Карта маршрутов перелета вертолета и относительное обилие куропаток во время авиаучетов от г. Лабитнанги до мыса Тюттей-Сале: (А) с восточной, (Б) с западной стороны вертолета во время перелета по направлению юг-север, (В) с восточной стороны вертолета во время перелета по направлению север-юг. Синие стрелки указывают направление полета, красная линия показывает маршрут. Черные окружности отображают количество куропаток, сфотографированных в течение минуты на разных участках маршрута.

Цветом обозначены различные подзоны тундры: красный – подзона Е, желтый подзона D, зеленый – подзона C

Figure 4. Map of helicopter flight routes and relative abundance of ptarmigans during aerial surveys from Labytnangi to cape Tiutey-Sale: (A) from the east, (B) from the west side of the helicopter during the south-north flight, (C) from the east side of the helicopter during the north-south flight.

The blue arrows indicate the direction of flights, while the red line shows the route. Black circles represent the number of ptarmigans photographed per minute at different parts of the route. Colours indicate different tundra sub-zones: red – sub-zone E, yellow – sub-zone D, green – sub-zone C

При пересчете сфотографированных куропаток внутри каждой из подзон тундры в результате трех авиаучетов мы получили данные о плотности куропаток и среднем

количестве особей в стаях на территории трех разных подзон тундры (табл. 2).

Таблица 2. Плотность (особей/км²) и среднее количество особей в стаях куропаток (*Lagopus* spp.) по результатам авиаучетов в разных биоклиматических подзонах тундры полуострова Ямал 11 октября 2023 г.

Table 2. Density (individuals/km²) and average number of individuals in ptarmigan (*Lagopus* spp.) flocks based on the results of aerial surveys in different bioclimatic subzones of the Yamal Peninsula tundra on 11 October 2023

	Подзона Subzone Е	Подзона Subzone D	Подзона Subzone С	На всем маршруте Along the entire route	Среднее количество особей в стае ± ош.ср. Average number of individuals in a flock ± st.er.
Учёт / Count А	3,60	47,45	17,89	21,04	46,77 ± 4,78
Учёт / Count Б	12,90	22,03	27,54	17,99	49,38 ± 4,88
Учёт / Count В	8,85	32,63	55,17	23,13	38,55 ± 3,42
Средняя плотность ± ош.ср. Average density ± se.	8,45 ± 2,69	34,04 ± 7,37	33,53 ± 11,17	-	-
Среднее количество особей в стае ± ош.ср. Average number of individuals in a flock ± se.	47,73 ± 6,31	47,05 ± 3,42	34,52 ± 4,99	-	-

Мы обнаружили, что средняя плотность птиц на один квадратный километр в кустарниковой тундре (8,45±2,69 особей) была в четыре раза ниже, чем в типичной и в арктической тундре (34,04±7,37 и 33,53±11,17 особей соответственно). В рамках трех учетов в пределах трех разных подзон тундры, плотность встреченных куропаток варьировала от 3,60 до 55,17 особей/км², а среднее количество особей в стае на всем маршруте от 34,52±4,99 до 49,38±4,88 куропаток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам авиаучёта куропаток мы подтвердили гипотезу, основанную на данных о недавнем расширении ареала гнездования кречетов в северных районах [12]. Осенью 2023 г. в тундрах Ямала мы обнаружили высокую плотность куропаток, особенно на территории подзон типичной и арктической тундры. Данные нашего авиаучета с выявленной средней плотностью куропаток в разных подзонах тундры Ямала превышают показатели проводимых ранее авиаучетов не только на Ямале, но и в других частях их ареала [14; 31; 36; 37]. Наши данные о плотности куропаток превышают аналогичные показатели, полученные за последние десятилетия из других частей гнездового ареала кречета [2; 3; 41]. На наш взгляд это объясняется, в первую очередь, сезоном проведения работ: наш учёт проведён в октябре, т.е. учитывает в том числе птиц, которые родились в год проведения учета, а большинство других авиаучетов проводили в летний период. Мы предполагаем, что учет куропаток на полуострове Ямал в первой половине октября, фактически, регистрирует большинство птиц на местах их размножения. В научной литературе не описано перемещений куропаток в северном направлении летом или осенью. Исторически, осенние кочевки куропаток к югу Ямала были нерегулярными [20; 42].

Современные исследования фиксируют расширение ареала к северу и увеличение высоты карликовой берёзы (*Betula nana*) и ивовых кустарников (*Salix* spp.) [30] – ключевых кормовых ресурсов куропатки в зимний период. На основании этого мы предполагаем, что значительная часть птиц может зимовать в местах их осенней регистрации. Таким образом, анализ данных авиаучета куропаток на Ямале осенью может быть использован для оценки кормовых запасов кречета в предстоящий снежный период года, вплоть до начала сезона его размножения в феврале-марте.

Многие исследования документируют сокращение численности куропаток в ряде регионов и циркумполярный сдвиг их ареала к северу вследствие климатического потепления, что может угрожать устойчивости популяций кречета [41; 2, 3]. Наши данные авиаучёта подтверждают вероятность этого сценария и на Ямале: куропатки – ключевой кормовой ресурс кречетов для успешного размножения – могут стать малочисленными в районах естественного гнездования кречета на крайнем юге полуострова (пойменные лиственничники, скальные выходы). При этом высокая плотность куропаток севернее кустарниковых тундр, очевидно, стимулировала адаптацию кречетов к гнездованию на техногенных объектах [12]. Выявленная нами концентрация куропаток в подзоне типичных и на юге арктических тундр Ямала, может обосновывать целесообразность масштабных проектов по созданию здесь искусственных гнёзд для поддержания устойчивости популяции кречетов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-44-00094. Авторы благодарны И.А. Соколову за помощь в просмотре фотографий.

ACKNOWLEDGMENT

This research was in frame of the grant of the Russian Science Foundation No. 24-44-00094. We thank I.A. Sokolov for his help in reviewing the photographs.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Nielsen Ó.K., Cade T.J. Gyrfalcon and ptarmigan predator-prey relationship // *Applied raptor ecology: essentials from Gyrfalcon research*. D.L. Anderson, C.J.W. McClure, and A. Franke (eds.). The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA, 2017. P. 43–74.
- Gustafson M., McCabe J.D., Rolek B.W. et al. Gyrfalcon Prey Abundance and Their Habitat Associations in a Changing Arctic // *Ecology and Evolution*. 2025. V. 15. N 1. Article ID: e70763. <https://doi.org/10.1002/ece3.70763>
- Slettenhaar A.J., Østnes J.E., Moen B.C. et al. A Picky Predator and Its Prey: How Snow Conditions and Ptarmigan Abundance Impact Gyrfalcon Feeding Behaviour and Breeding Success // *Ecology and Evolution*. 2025. V. 15. N 4. Article ID: e71228. <https://doi.org/10.1002/ece3.71228>
- Cade T.J. Biological traits of the Gyrfalcon (*Falco rusticolus*) in relation to climate change // *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. Volume I. R.T. Watson et al. (eds.). The Peregrine Fund, Idaho, USA, 2011. P. 33–43.
- Кишинский А.А. К биологии кречета (*Falco gyrfalco gyrfalco* L.) на Кольском полуострове // *Ученые записки МГУ*. 1958. Т. 197. С. 61–75.
- Bente P.J. Nesting behavior and hunting activity of the Gyrfalcon, *Falco rusticolus*, in the Alaska Range, Alaska. M.Sc. thesis, University of Alaska, Fairbanks, 1981.
- Robinson B.W. Gyrfalcon diet during the brood rearing period on the Seward Peninsula, Alaska. M.Sc. thesis, Boise State University, 2016. P. 97
- Nyström J., Dalén L., Hellström P. et al. Effect of local prey availability on gyrfalcon diet: DNA analysis on ptarmigan remains at nest sites // *Journal of Zoology*. 2006. V. 269. N 1. P. 57–64.
- McCaffery B.J., Booms T.L., Doolittle T.C. et al. The ecology of Gyrfalcons *Falco rusticolus* on the Yukon-Kuskokwim Delta, Alaska // *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. Volume I. R.T. Watson et al. (eds.). The Peregrine Fund, Boise, 2011. P. 191–220.
- Mechnikova S., Romanov M., Kudryavtsev N. Change in numbers and nesting ecology of the gyrfalcon in the Yamal peninsula, Russia // *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. R.T. Watson et al. (eds.). The Peregrine Fund, Boise, 2011. P. 205–212.
- Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Головатин М.Г. и др. Мониторинг биоты полуострова Ямал в связи с развитием объектов добычи и транспорта газа. Екатеринбург: Аэрокосмозология, 1997. 193 с.
- Соколов А.А., Фучачёв И.А., Соколов В.А. и др. Кречет в техногенном ландшафте Ямала (Ямало-Ненецкий автономный округ) // *Фауна Урала и Сибири*. 2017. N 2. С. 180–185.
- Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябицев В.К. Птицы Ямала. М., 1984. 334 с.
- Бахмутов В.А., Сосин В.Ф., Штро В.Г. Распределение и численность некоторых наземных позвоночных в северной тундре Ямала в летний период // *Распределение и численность наземных позвоночных полуострова Ямал*. Свердловск, 1985. С. 39–66.
- Сосин В.Ф., Пасхальный С.П., Штро В.Г. Распределение и численность некоторых видов наземных позвоночных арктической тундры Ямала в летний период // *Распределение и численность наземных позвоночных полуострова Ямал*. Свердловск, 1985. С. 3–33.
- Tarasov V.V. Population dynamics of the willow ptarmigan in the north of Yamal peninsula and the factors affecting them // *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. Volume I. R.T. Watson et al. (eds.). The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA, 2011. P. 243–252.
- Fuglei E., Henden J.A., Callahan C.T. et al. Circumpolar status of Arctic ptarmigan: population dynamics and trends // *Ambio*. 2020. V. 49. N 3. P. 749–761. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01191-0>
- Рябицев В.К., Рыжановский В.Н. Птицы полуострова Ямал и Приобской лесотундры: монография в 2 т. Т. 1. Неворобьиные. М.-Екатеринбург, 2022. 624 с.
- Бахмутов В.А., Бойков В.Н. Питание белой куропатки в лесотундре Западной Сибири // *Материалы по фауне Субарктики Западной Сибири*. Свердловск, 1978. С. 99–100.
- Пиминов В.Н. Численность и промысел белой куропатки в Ямало-Ненецком автономном округе // *Ресурсы охотничье-промыслового хозяйства и прогноз их использования*. М., 1985. С. 156.
- Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: справочник-определитель. Екатеринбург, 2008. 634 с.
- Moss R., Watson A. Population cycles in birds of the grouse family (Tetraonidae) // *Advances in Ecological Research*. 2001. V. 32. P. 53–111.
- Lehikoinen A., Green M., Husby M. et al. Common montane birds are declining in northern Europe // *Journal of Avian Biology*. 2014. V. 45. P. 3–14.
- Melin M., Mehtatalo L., Helle P. et al. Decline of the boreal willow grouse (*Lagopus lagopus*) has been accelerated by more frequent snow-free springs // *Scientific Reports*. 2020. V. 10. N 1. Article number: 6987. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63993-7>
- Henden J.-A., Ims R.A., Yoccoz N.G. et al. Declining willow ptarmigan populations: The role of habitat structure and community dynamics // *Basic and Applied Ecology*. 2011. V. 12. N 5. P. 413–422. doi: 10.1016/j.baae.2011.05.006
- Ims R.A., Henden J.-A. Collapse of an arctic bird community resulting from ungulate-induced loss of erect shrubs // *Biological Conservation*. 2012. V. 149. N 1. P. 2–5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.008>
- Kausrud K.L., Myserud A., Steen H. et al. Linking climate change to lemming cycles // *Nature*. 2008. V. 456. N 7218. P. 93–97. DOI: 10.1038/nature07442
- Ehrich D., Henden J.A., Ims R.A. et al. The Importance of Willow Thickets for Ptarmigan and Hares in Shrub Tundra: The More the Better? // *Oecologia*. 2012. V. 168. N 1. P. 141–151.
- Scridel D., Brambilla M., de Zwaan D.R. et al. A genus at risk: Predicted current and future distribution of all three *Lagopus* species reveal sensitivity to climate change and efficacy of protected areas // *Diversity and Distributions*. 2021. V. 27. N 9. P. 1759–1774. <https://doi.org/10.1111/ddi.13366>
- Ermokhina K.A., Terskaia A.I., Ivleva T.Y. et al. The High-Low Arctic boundary: How is it determined and where is it located? // *Ecology and Evolution*. 2023. V. 13. Article ID: e10545. <https://doi.org/10.1002/ece3.10545>
- Перфильев В.И. Учет численности белой куропатки с самолета на Севере Якутии // *Методы учета численности промысловых животных Якутии*. Якутск, 1970. С. 84–90.
- Поярков Н.Д., Ходжес Дж., Элдридж В. Атлас распределения птиц в приморских тундрах северо-востока Азии (по материалам авиаучетов 1993–1995 гг.). М.: Центр охраны дикой природы, 2000. 86 с.
- Симонов С.А., Панченко Д.В., Тирронен К.Ф. и др. Опыт применения авиации для учета тетеревиных птиц в Карелии // *Вестник охотоведения*. 2018. V. 15. N 4. С. 242–245.
- Rozenfeld S.B., Soloviev M.Y., Kirtaev G.V. et al. Estimation of the spatial and-habitat distribution of Anseriform waterfowl in the Yamal-Nenets and Khanty-Mansi autonomous regions (experience from the use of ultra-light aircraft) // *Russian Journal of Zoology*. 2017. V. 96. N 2. P. 201–221. <https://doi.org/10.1134/S1062359017080143>
- Rozenfeld S.B., Popovkina A.B., Soloviev M.Y. et al. Experience in assessing the abundance and spatial distribution of geese on the Taimyr Peninsula using the aerial survey method // *Proceedings of the Zoological Institute*. 2023. V. 327. P. 643–658.
- Успенский С.М., Кишинский А.А. Опыт аэровизуального учета гнездовых популяций водоплавающих птиц в тундре // *Охотоведение*. М., 1972. С. 210–234.
- Егоров О.В. Состояние численности водоплавающих и некоторых других птиц в дельте Лены и Яно-Индибирской тундре по материалам авиаучета // *Природа Якутии и ее охрана. Материалы III Респ. совещ.* 1965. С. 124–127.

38. Большаков В.Н., Балахонов В.С., Громик В.Д. и др. Природа Ямала. Екатеринбург: Наука, 1995. 435 с.
39. Walker D.A., Reynolds M.K., Daniëls F.J. et al. The circumpolar Arctic vegetation map // *Journal of Vegetation Science*. 2005. V. 16. N 3. P. 267–282.
40. Магомедова М.А., Морозова Л.М., Эктова С.Н. и др. Полуостров Ямал: растительный покров. Тюмень: Сити-Пресс, 2006. 360 с.
41. Kleiven E.F., Johansen K., Ims R.A. et al. A specialist predator in a food web with cyclic alternative prey: The gyrfalcon-ptarmigan case revisited // *Journal of Animal Ecology*. 2025. V. 00. P. 1–11. DOI: 10.1111/1365-2656.70056
42. Пиминов В.Н. Освоение ресурсов белой куропатки на севере Тюменской области // *Ресурсы животного мира Сибири. Охотничье-промысловые звери и птицы*. Новосибирск: Наука, 1990. С. 85–86.
43. Danilov N.N., Ryzhanovsky V.N., Ryabitsev V.K. *Ptitsy Yamala* [Birds of Yamal]. Moscow, 1984, 334 p. (In Russian)
44. Bakhmutov V.A., Sosin V.F., Shtro V.G. [Distribution and abundance of some terrestrial vertebrates in northern tundra of Yamal in summer]. In: *Raspredelenie i chislennost' nazemnykh pozvonochnykh poluostrova Yamal* [Distribution and abundance of terrestrial vertebrates of the Yamal Peninsula]. Sverdlovsk, 1985, pp. 39–66. (In Russian)
45. Sosin V.F., Paskhalny S.P., Shtro V.G. [Distribution and abundance of some species of terrestrial vertebrates in Arctic tundra of Yamal in summer]. In: *Raspredelenie i chislennost' nazemnykh pozvonochnykh poluostrova Yamal* [Distribution and abundance of terrestrial vertebrates of the Yamal Peninsula]. Sverdlovsk, 1985, pp. 3–33. (In Russian)
46. Tarasov V.V. Population dynamics of the willow ptarmigan in the north of Yamal peninsula and the factors affecting them. In: *Gyrfalcons and Ptarmigan in a Changing World*. Vol. I. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA, 2011, pp. 243–252.
47. Fuglei E., Henden J.A., Callahan C.T., Gilg O., Hansen J., Ims R.A., Isaev A.P., Lang J., McIntyre C.L., Merizon R.A., Mineev O.Y., Mineev Yu.N., Mossop D., Nielsen O.K., Nilsen E.B., Pedersen Å.Ø., Schmidt N.M., Sittler B., Willebrand M.H., Martin K. Circumpolar status of Arctic ptarmigan: population dynamics and trends. *Ambio*, 2020, vol. 49, no. 3, pp. 749–761. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01191-0>
48. Ryabitsev V.K., Ryzhanovsky V.N. *Ptitsy poluostrova Yamal i Priobskoi lesotundry. T. 1. Nevorob'inye* [Birds of the Yamal Peninsula and the Ob River forest-tundra. Vol. 1. Non-passerines]. Moscow-Ekaterinburg, 2022, 624 p. (In Russian)
49. Bakhmutov V.A., Boikov V.N. [Diet of the Willow Ptarmigan in the forest-tundra of Western Siberia]. In: *Materialy po faune Subarktiki Zapadnoi Sibiri* [Materials on the fauna of the Subarctic of Western Siberia]. Sverdlovsk, 1978, pp. 99–100. (In Russian)
50. Piminov V.N. [Abundance and hunting of the Willow Ptarmigan in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. In: *Resursy okhotnich'e-promyslovogo khozyaistva i prognoz ikh ispol'zovaniya* [Resources of hunting and commercial industry and forecast of their use]. Moscow, 1985, p. 156. (In Russian)
51. Ryabitsev V.K. *Ptitsy Urala, Priural'ya i Zapadnoi Sibiri: spravochnik-opredelitel'* [Birds of the Urals, Cis-Urals and Western Siberia: a guidebook]. Ekaterinburg, 2008, 634 p. (In Russian)
52. Moss R., Watson A. Population cycles in birds of the grouse family (Tetraonidae). *Advances in Ecological Research*, 2001, vol. 32, pp. 53–111.
53. Lehtikoinen A., Green M., Husby M., Kålås J.A., Lindström Å. Common montane birds are declining in northern Europe. *Journal of Avian Biology*, 2014, vol. 45, pp. 3–14.
54. Melin M., Mehtatalo L., Helle P., Ikonen K., Packalen T. Decline of the boreal willow grouse (*Lagopus lagopus*) has been accelerated by more frequent snow-free springs. *Scientific Reports*, 2020, vol. 10, no. 1, article number: 6987. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63993-7>
55. Henden J.-A., Ims R.A., Yoccoz N.G., Killengreen S.T. Declining willow ptarmigan populations: The role of habitat structure and community dynamics. *Basic and Applied Ecology*, 2011, vol. 12, no. 5, pp. 413–422. doi: 10.1016/j.baae.2011.05.006
56. Ims R.A., Henden J.-A. Collapse of an arctic bird community resulting from ungulate-induced loss of erect shrubs. *Biological Conservation*, 2012, vol. 149, no. 1, pp. 2–5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.008>
57. Kausrud K.L., Mysterud A., Steen H., Vik J.O., Østbye E., Cazelles B., Framstad E., Eikeset A.M., Mysterud I., Solhøy T., Stenseth N.C. Linking climate change to lemming cycles. *Nature*, 2008, vol. 456, no. 7218, pp. 93–97. DOI: 10.1038/nature07442
58. Ehrich D., Henden J.A., Ims R.A., Doronina L., Killengren S.T., Lecomte N., Pokrovsky I., Skogstad G., Sokolov A., Sokolov V., Yoccoz N.G. The Importance of Willow Thickets for Ptarmigan and Hares in Shrub Tundra: The More the Better? *Oecologia*, 2012, vol. 168, no. 1, pp. 141–151.
59. Scridel D., Brambilla M., de Zwaan D.R., Froese N., Wilson S., Pedrini P., Martin K. A genus at risk: Predicted current and future distribution of all three *Lagopus* species reveal sensitivity to climate change and efficacy of protected areas. *Diversity and*

Distributions, 2021, vol. 27, no. 9, pp. 1759–1774.

<https://doi.org/10.1111/ddi.13366>

30. Ermokhina K.A., Terskaia A.I., Ivleva T.Y., Dudov S.V., Zemlianskii V.A., Telyatnikov M.Y., Khitun O.V., Troeva E.I., Koroleva N.E., Abdulmanova S.Y. The High-Low Arctic boundary: How is it determined and where is it located? *Ecology and Evolution*, 2023, vol. 13, article ID: e10545. <https://doi.org/10.1002/ece3.10545>

31. Perfiliev V.I. [Aerial survey of Willow Ptarmigan numbers in Northern Yakutia]. In: *Metody ucheta chislennosti promyslovykh zivotnykh Yakuti* [Methods for census of game animals in Yakutia]. Yakutsk, 1970, pp. 84–90. (In Russian)

32. Poyarkov N.D., Hodges J., Eldridge W. *Atlas raspredeleniya ptits v primorskikh tundrach severo-vostoka Azii (po materialam aviauchetov 1993–1995 gg.)* [Atlas of bird distribution in coastal tundras of Northeast Asia (based on aerial surveys 1993–1995)]. Moscow, Wildlife Conservation Center Publ., 2000, 86 p. (In Russian)

33. Simonov S.A., Panchenko D.V., Tirronen K.F., Belkin V.V. Experience of using aircraft for grouse surveys in Karelia. *Vestnik okhotovedeniya* [The Herald of Game Management]. 2018, vol. 15, no. 4, pp. 242–245. (In Russian)

34. Rozenfeld S.B., Soloviev M.Y., Kirtaev G.V., Rogova N.V., Ivanov M.N. Estimation of the spatial and-habitat distribution of Anseriform waterfowl in the Yamal-Nenets and Khanty-Mansi autonomous regions (experience from the use of ultra-light aircraft). *Russian Journal of Zoology*, 2017, vol. 96, no. 2, pp. 201–221. <https://doi.org/10.1134/S1062359017080143>

35. Rozenfeld S.B., Popovkina A.B., Soloviev M.Y., Kirtaev G.V., Rogova N.V. Experience in assessing the abundance and spatial distribution of geese on the Taimyr Peninsula using the aerial survey method. *Proceedings of the Zoological Institute*, 2023, vol. 327, pp. 643–658.

36. Uspensky S.M., Kishchinsky A.A. [Experience of aerial visual surveys of nesting waterfowl populations in tundra]. In: *Okhotovedenie* [Hunting]. Moscow, 1972, pp. 210–234. (In Russian)

37. Egorov O.V. [Status of waterfowl and some other bird populations in Lena Delta and Yana-Indigirka tundra based on aerial surveys]. In: *Priroda Yakuti i ee okhrana* [Nature of Yakutia and its protection]. 1965, pp. 124–127. (In Russian)

38. Bolshakov V.N., Balakhonov V.S., Gromik V.D., Shishmarev V.M., Borodin A.V., Shiyatov S.G., Odisharia G.E. *Priroda Yamala* [Nature of Yamal]. Ekaterinburg, Nauka Publ., 1995, 435 p. (In Russian)

39. Walker D.A., Raynolds M.K., Daniëls F.J.A., Einarsson E., Elvebakk A., Gould W.A., Katenin A.E., Kholod S.S., Markon C.J., Melnikov E.S., Moskalenko N.G., Talbot S.S., Yurtsev B.A. The circumpolar Arctic vegetation map. *Journal of Vegetation Science*, 2005, vol. 16, no. 3, pp. 267–282.

40. Magomedova M.A., Morozova L.M., Ektova S.N., Rebristaya O.V., Chernyadieva I.V., Potemkin A.D., Knyazev M.S. *Poluostrov Yamal: rastitel'nyi pokrov* [Yamal Peninsula: Vegetation cover]. Tyumen, Siti-Press Publ., 2006, 360 p. (In Russian)

41. Kleiven E.F., Johansen K., Ims R.A., Soininen E.M., Oksanen L., Oksanen T., Jacobsen K.-O., Østlyngen A. A specialist predator in a food web with cyclic alternative prey: The gyrfalcon-ptarmigan case revisited. *Journal of Animal Ecology*, 2025, vol. 00, pp. 1–11. DOI: 10.1111/1365-2656.70056

42. Piminov V.N. [Utilization of Willow Ptarmigan resources in northern Tyumen region]. In: *Resursy zhivotnogo mira Sibiri. Okhotnich'e-promyslovye zveri i ptitsy* [Wildlife resources of Siberia. Game animals and birds]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990, pp. 85–86. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья А. Соколова участвовала в авиаучетах, написала первую версию рукописи. Иван А. Фуфачев осуществлял статистический анализ материала и готовил иллюстрации. Александр А. Соколов участвовали в авиаучетах, корректировал первую версию статьи. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Natalia A. Sokolova conducted aerial surveys and wrote the first version of the manuscript. Ivan A. Fufachev performed statistical analysis of the material and prepared the illustrations. Aleksandr A. Sokolov participated in aerial surveys and revised the first version of the article. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Наталья А. Соколова / Natalia A. Sokolova <https://orcid.org/0000-0002-6692-4375>

Иван А. Фуфачев / Ivan A. Fufachev <https://orcid.org/0000-0002-9531-3127>

Александр А. Соколов / Aleksandr A. Sokolov <https://orcid.org/0000-0002-1521-3856>

Original article / Оригинальная статья

УДК 902

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-8



Mollusks on bone remains from Holocene deposits of Lake Sevan basin, Armenia

Laura J. Harutyunova¹, Nina H. Manaseryan¹, Andranik A. Gyonjyan¹, Lyudmila S. Mirumyan¹,
Ruzanna G. Harutyunyan¹, Marine V. Vardanyan¹, Madina Z. Magomedova²,
Patimat D. Magomedova² and Ivan G. Gabrielyan³

¹Scientific Centre of Zoology and Hydroecology, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Institute of Botany after A.L. Takhtajyan, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia

Principal contact

Gyonjyan Andranik, Candidate of Sciences (Biology), Research Group Leader, Scientific Centre of Zoology and Hydroecology, National Academy of Sciences of the Republic of Armenia; 7, P.Sevak St, Yerevan, Republic of Armenia 0014.

Tel. +37455689525

Email and.gyonjyan@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-9394-1111>

How to cite this article

Harutyunova L.J., Manaseryan N.H., Gyonjyan A.A., Mirumyan L.S., Harutyunyan R.G., Vardanyan M.V., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Gabrielyan I.G. Mollusks on bone remains from Holocene deposits of Lake Sevan basin, Armenia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):93-102.

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-8

Received 7 May 2025

Revised 25 June 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

To present data on the mollusc fauna found on bone remains from natural deposits (including skulls, horn cores, and postcranial skeletons) on the northwestern shore of Lake Sevan. Identified remains include *Cervus elaphus* (red deer), *Bison* sp. (wisent), *Canis lupus* (grey wolf), *Vulpes vulpes* (red fox), *Bos* sp. (aurochs) and *Sus* sp. (boar). The study records ten species of freshwater mollusks associated with the mammal bones. Among these, two species – *Bithynia troscheli* Paasch, 1842 and *Planorbis carinatus* Müller, 1774 – are identified as glacial relicts.

Key Words

Holocene, mollusks, mammalia, bone remains, Lake Sevan.

Моллюски на костных остатках из голоценовых отложений бассейна озера Севан, Армения

Лаура Дж. Арутюнова¹, Нина У. Манасерян¹, Андраник А. Генджян¹,
Людмила С. Мирумян¹, Рузанна Г. Арутюнян¹, Марина В. Варданян¹,
Мадина З. Магомедова², Патимат Д. Магомедова², Иван Г. Габриелян³

¹Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА, Ереван, Республика Армения

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Институт ботаники НАН РА им. Армена Тахтаджяна, Ереван, Республика Армения

Контактное лицо

Андраник Генджян, руководитель научной группы,
кандидат биологических наук, Научный центр зоологии
и гидроэкологии НАН РА; 0014 Армения, Ереван,
ул. Паруйра Севака, 7.
Тел. +37455689525
Email and.gyonjyan@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0009-0001-9394-1111>

Формат цитирования

Арутюнова Л.Дж., Манасерян Н.У., Генджян А.А., Мирумян
Л.С., Арутюнян Р.Г., Варданян М.В., Магомедова М.З.,
Магомедова П.Д., Габриелян И.Г. Моллюски на костных
остатках из голоценовых отложений бассейна озера Севан,
Армения // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3.
С. 93-102. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-8

Получена 7 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 25 июня 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

В работе представлены данные о фауне моллюсков, обнаруженных в естественном захоронении костей (черепов, роговых стержней, посткраниального скелета) на северо-западном берегу озера Севан. Останки *Cervus elaphus* (благородный олень), *Bison* sp. (зубр), *Canis lupus* (волк), *Vulpes vulpes* (лисица), *Bos* sp. (тур), *Sus* sp. (кабан). Выявлено десять видов пресноводных моллюсков, сцементированных на костных остатках млекопитающих. Два из них, *Bithynia troscheli* Paasch, 1842 и *Planorbis carinatus* Muller, 1774, являются ледниковыми реликтами.

Ключевые слова

Голоцен, моллюски, млекопитающие, костные остатки, озеро Севан.

INTRODUCTION

A closed mountain basin, the bottom of which is filled with the waters of Lake Sevan, or as it was called in ancient times, the Geghama Sea, is one of the world's largest high-altitude lakes.

The Lake Sevan Basin is a vast tectonic area edged by mountain ranges and situated 1,900 m above sea level, the lowest part of which is covered with lake water. The natural landscape of Lake Sevan basin is highly diverse. The western and southern basins of the lake are characterised by typical volcanic relief forms. In many places the eruptions of lava reaching to Lake Sevan rendered very complex shapes to the coasts, forming multiple bays, creeks and capes. The lake shoreline that has recently been exposed above water level is formed of sand, clay and gravel deposits. The layers forming this stratum relates to paleo-fluvial deposits of the early Holocene. These rocks contain animal bone remains, which lay alternately with diagonally layered sand in two strata.

The species composition of the fauna is rich. There have been identified remains of *Bison* sp., *Bos* sp., *Cervus elaphus*, *Vulpes vulpes* and horn cores of *Ovis* sp. but the dominant remains belong to *Bos* sp.

Ten species of freshwater mollusks were found in silty-sandy rocks of grey colour, with layers of sand, cemented on the remains of the mammal skeletons. Two of them, *Bithynia troscheli* Paasch, 1842 and *Planorbis carinatus* Muller, 1774, are glacial relicts.

MATERIAL AND METHODS

The osseous material was collected during expeditions of the Laboratory of Zoology of Vertebrate Animals, Institute of Zoology of the NAS RA. The natural burial place of these bones is concentrated on the south-western coast of Lake Sevan near the village of Hayravank (near the Ayrivan monastery). The belt extends lengthways along a wave-cut zone as far as Cape Noraduz, over 500 metres of length and about 50–60 metres in width. The layers forming this stratum relate to paleo-fluvial deposits of the recent Holocene [1]. These rocks contain animal bone remains, which lay alternately with diagonally-layered sand in two strata.

Using a small hammer, mollusks were carefully separated from bones together with sand and silt. Large mollusks were sorted separately and small mollusks, mixed with sand and silt, were sieved through a special strainer. Sorting, measurement and identification of mollusks were carried out using a binocular microscope.

The identification was carried out according to [2–6].

RESULTS

The species composition of the “faunistic complex” is rich: remains of *Cervus elaphus* (red deer), *Bison* sp. (wisent), *Bos* sp. (aurochs), *Canis lupus* (wolf), *Vulpes vulpes* (fox), *Sus* sp. (boar) and horn cores of small carnivores were identified, the dominating remains belonging to large *Bos* sp. (male aurochs).

Mammalia Linnaeus, 1758

Order Artiodactyla Owen, 1848

Family Bovidae Gray, 1821

Genus *Bos* Linnaeus, 1758

Bos sp.

Figure 1;

Mammalia Linnaeus, 1758

Order Cetartiodactyla Montgelard et al., 1997

Family Bovidae Gray, 1821

Genus *Bison* (*Bison*) *bonasus* Linnaeus, 1758

Bison sp.

Figure 2

The bone remains are represented by a small number of specimens (fragmentary skulls and horny cores) from the Holocene faunal assemblages of: Tsamakaberd, Ayrivank and Shorzha [1; 7–10].

Order Artiodactyla Owen, 1848

Family Cervidae Gray, 1821

Genus *Cervus* Linnaeus, 1758

Cervus elaphus maral Ogilby, 1840

Figure 3

Synonym *Cervus elaphus maral*

A characteristic representative of the fauna of Armenia from the early Holocene to the late Middle Ages (inclusive). It ranks first among wild animals in materials from excavations of monuments in the Lake Sevan basin, in terms of both the number of finds of bones and individuals. The vast majority of deer bones belong to adult animals that were hunted for meat, skins and antlers. The bones and fallen antlers of adult animals were used to make tools such as hoes, digging tools and Manaserian presses [11–13].

Order Artiodactyla Owen, 1848

Family Bovidae Gray, 1821

Genus *Bos* Linnaeus, 1758

Bos sp.

Figure 4; Figure 5, a, b; Figure 6, a, b

These rocks contain animal bone remains, which lay alternately with diagonally layered sand in two strata. The species composition of the “faunistic complex” is rich: remains of *Cervus elaphus* (red deer), *Canis lupus* (wolf), *Vulpes vulpes* (fox), *Sus* sp. (boar) and horn cores of small cavicorns are identified, however the dominating remains belong to big *Bos* sp. (aurochs).

Mammalia Linnaeus, 1758

Order Cetartiodactyla Montgelard et al., 1997

Family Bovidae Gray, 1821

Genus *Bison* Hamilton Smith, 1827

Bison bonasus (Linnaeus, 1758)

Subspecies *Bison bonasus caucasicus*

(Turkin & Satunin, 1904)

Figure 1; Figure 2

The remains are represented by a small number of specimens (fragmentary skulls and horny cores) from the Holocene faunal assemblages of: Tsamakaberd, Ayrivank and Shorzha (Mejlumian & Manaseryan [7]; Mejlumian [1]; Manaseryan [8]; Manaserian [9]; Wecek, Hartmann, Pajmans &., Manaseryan et al. [10].

Extinct species.



Figure 1. Skull fragment – *Bos* sp.
Рисунок 1. Фрагмент черепа – *Bos* sp.



Figure 2. Horn core – *Bison* sp.
Рисунок 2. Роговой стержень – *Bison* sp.

Order Artiodactyla Owen, 1848

Family Cervidae Goldfuss, 1820

Genus *Cervus* Linnaeus, 1758

Cervus elaphus maral Ogilby, 1840

Figure 3

Synonym *Cervus elaphus maral*

A characteristic representative of the fauna of Armenia from the early Holocene to the late Middle Ages (inclusive).

It ranks first among wild animals in materials from excavations of monuments in the Lake Sevan basin, in terms of both the number of finds of bones and individuals. The vast majority of deer bones belong to fairly large adults, but not old individuals, indicating that deer was the main species hunted for its meat and hide. Tools were made from the bones and shed antlers of adult animals – hoes, digging tools, wringer [11–13].



Figure 3. Skull – *Cervus elaphus*
Рисунок 3. Череп – *Cervus elaphus*

Order Artiodactyla Owen, 1848

Family Bovidae Gray, 1821

Genus *Bos* Linnaeus, 1758

Bos primigenius Bojanus, 1825

Extinct species.

Figure 4; Figure 5, a, b; Figure 6, a, b

Fragments of skulls with cores and isolated horn cores, (over 20 specimens), are distinguished by their large size and greater girth of the horn core at the base than those of domesticated bulls in materials from excavations

(Ayrivank, Sevan fortress and Lchashen). [9; 14; 15]; Wolf (*Canis lupus*), Fox (*Vulpes vulpes*) and Boar (*Sus scrofa*)

Wolf (*Canis lupus*) – wolf bones are very rare amongst the excavated remains. Usually, as in this case, single bones are found. Fox (*Vulpes vulpes*) – fox bones (jaws and individual teeth) are found in remains from excavations more often than wolf bones but still only in small quantities as single bones. Boar (*Sus scrofa*) – boar bones are very rare in the excavated remains. [11; 16; 17].

The remains are not numerous and are represented by a small number of specimens (fragmentary skulls and horn cores) from the Holocene faunal assemblages of: Tsamakaberd, Ayrivank and Shorzha [[1; 7–10].

In silty and sandy rock of grey colour, separated by sand layers, mollusks there have been found remains of some invertebrate animals, cemented onto the remains of mammal skeletons.



Figure 4. Humerus – *Bos primigenius*

Рисунок 4. Плечевая кость – *Bos primigenius*

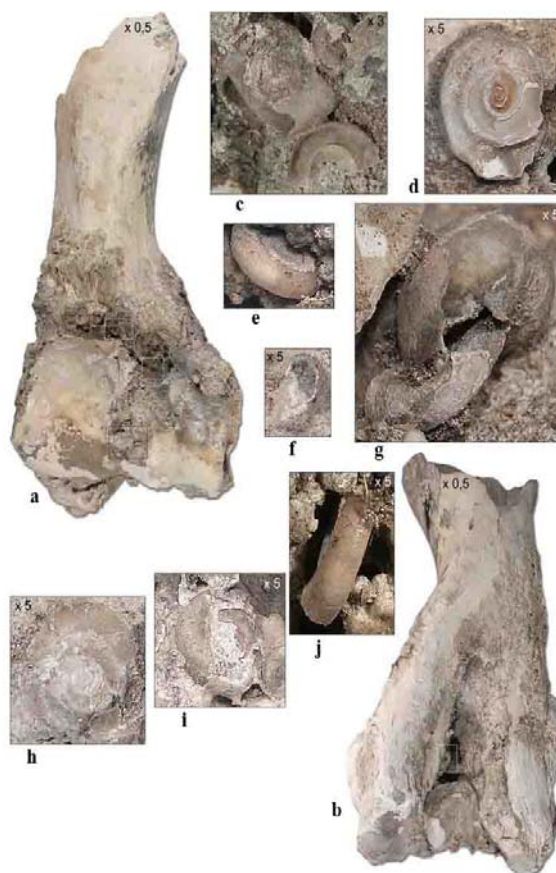


Figure 5. The shells of mollusks on bone remains of Family Bovidae: a, b – bone remains; c–j – shells of mollusks

Рисунок 5. Раковины моллюсков на костных остатках семейства Bovidae; a, b – костные остатки; c–j – раковины моллюсков

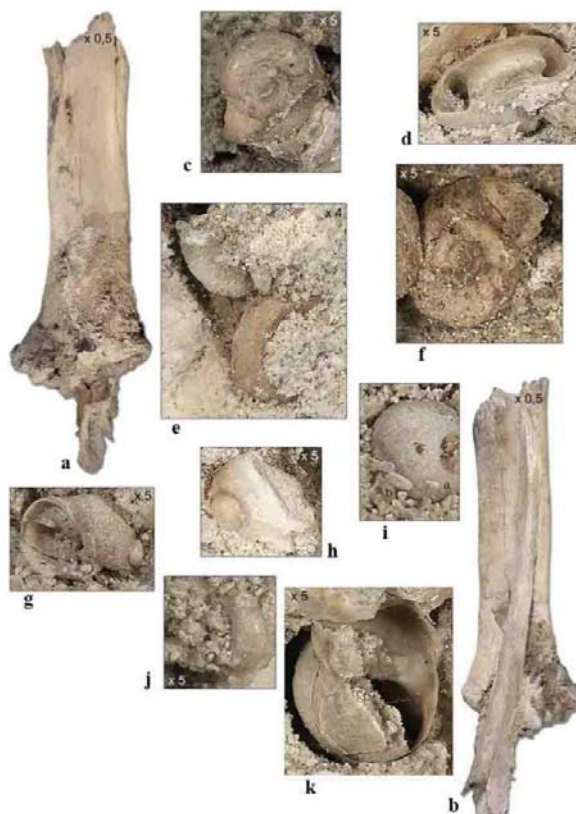


Figure 6. The shells of mollusks on bone remains of Family Bovidae: a, b – bone remains; c–k – shells of mollusks

Рисунок 6. Раковины моллюсков на костных остатках семейства Bovidae; a, b – костные остатки; c–k – раковины моллюсков

Gastropoda**Ectobranchia****Family Valvatidae Gray, 1840**Genus *Valvata* Muller, 1774*Valvata piscinalis* (Muller, 1774)

Figure 7, b

Shell is small, rounded turbinate, very thinly striated. Height of body whorl is equal to height of shell opening. It has 4–5 whorls, increasing at regular intervals. Shell: height – 6 mm; width – 5,5 mm.

It lives in rivers, lakes and ponds.

Discopoda**Family Bithyniidae Gray, 1857**Genus *Bithynia* Leach, 1818*Bithynia troschelii* Paasch, 1842

Figure 7, a

Shell is thinly transversely striated. Whorls are evenly swollen. Shell opening and operculum are rounded-oval. Operculum is with well-expressed lines of accretion. Shell: height – 8,5 mm; width – 6,5 mm.

The species is known from a reservoir located in the eastern part of the shore of Lake Sevan. At present, after the lake level dropped, the reservoir has also dried up. This is the only place in the entire South Caucasus where this species is known. This species is a glacial relict and is currently classified as a rare species [3].

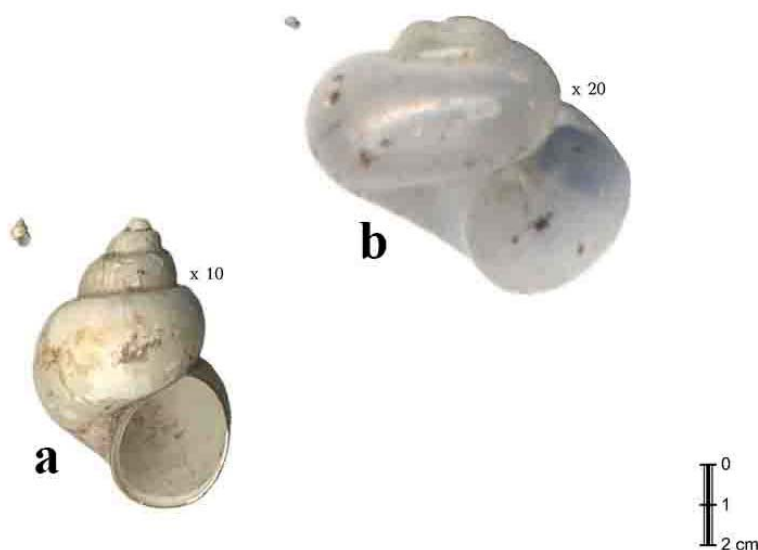


Figure 7. Family Valvatidae: a – *Bithynia troschelii*; b – *Valvata piscinalis*

Рисунок 7. Семейство Valvatidae: a – *Bithynia troschelii*; b – *Valvata piscinalis*

Basommatophora**Family Lymnaeidae Rafinesque, 1815**Genus *Lymnaea* Lamarck, 1799*Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758)

Figure 8, a

Shell is large, with the extended sharp body whorl. The first whorls increase slowly and poorly convex, the last whorls extend and swell rapidly: 6–8 whorls; shell opening is ovate, its height is a little bit more than height of whorl. Shell: height – 50 mm; width – 30 mm.

It inhabits permanent reservoirs and lives on vegetation. In Lake Sevan it is widely distributed.

Family Lymnaeidae Rafinesque, 1815Genus *Lymnaea* Lamarck, 1799*Lymnaea stagnalis* var. *goktschana* Mousson, 1873

Figure 8, b

Shell is thin-walled, transparent, thinly striated; height of shell opening is more than height of body whorl; last whorl is expanded and oval. Shell: height – 30 mm; width – 16 mm.

It is known only from Lake Sevan [5].

Family Lymnaeidae Rafinesque, 1815Genus *Lymnaea* Lamarck, 1799*Lymnaea auricularia* Linnaeus, 1758

Figure 8, c

Shell is earlike, thinly striated, body whorl is sharp. It has 4 whorls. Shell opening is ovate or oval. The height of shell opening is much more than height of body whorl. Shell: height – 25 mm; width – 25 mm.

Inhabit permanent reservoirs and lives on vegetation. It inhabits flat sites adjoining Lake Sevan not higher than 2000 m above sea level.

Family Lymnaeidae Rafinesque, 1815Genus *Lymnaea* Lamarck, 1799*Lymnaea ovata* (Draparnaud, 1805)

Figure 8, d

Shell is ovate or earlike. Whorls increase rapidly, the penultimate whorl is convex, the last one is very swollen. Shell opening sometimes is oval, more or less expanded. Shell: height – 26 mm; width – 20 mm.

In Armenia the species is widely distributed. In Lake Sevan it was one of abundant species formerly [2]. Lives in small lakes and ponds.

It often occurs in deposits of the whole Quaternary period [4].

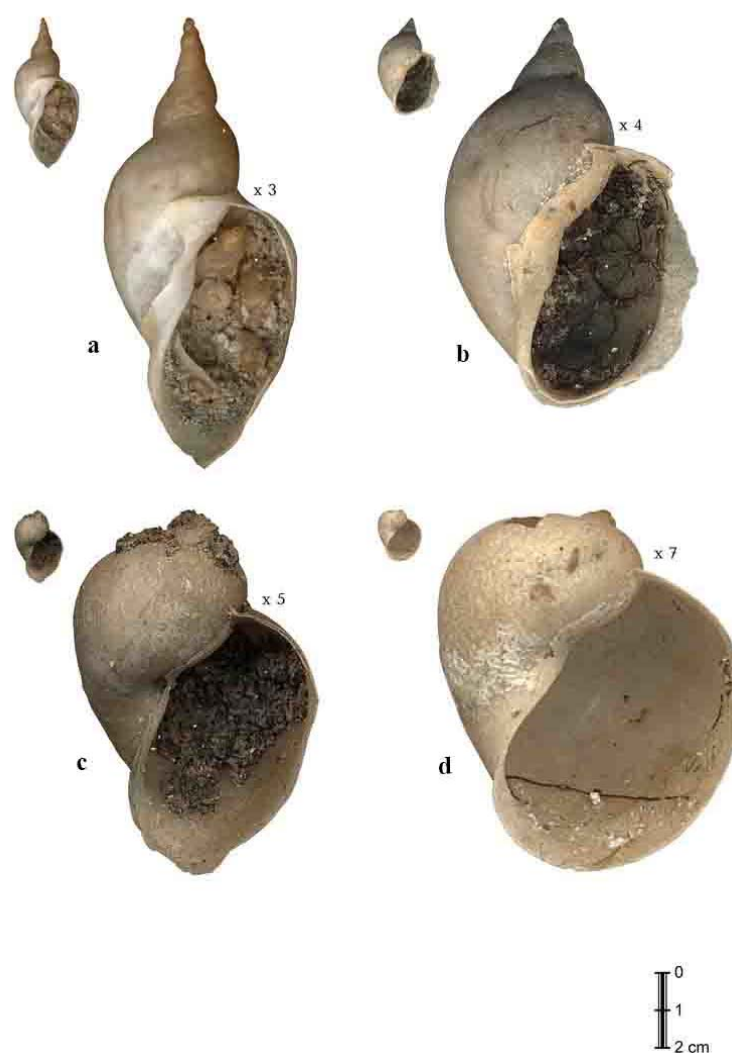


Figure 8. Family Lymnaeidae: a – *Lymnaea stagnalis*; b – *Lymnaea stagnalis* var. *gorkchaana*; c – *Lymnaea auricularia*; d – *Lymnaea ovate*

Рисунок 8. Семейство Lymnaeidae: a – *Lymnaea stagnalis*; b – *Lymnaea stagnalis* var. *gorkchaana*; c – *Lymnaea auricularia*; d – *Lymnaea ovate*

Family Planorbidae Rafinesque, 1815

Genus *Planorbis* Muller, 1974

Planorbis carinatus Muller, 1774

Figure 9, a

Shell is thin-walled, thinly and densely transversely striated. It has 4-5 whorls. The upper side of shell is concave. On the last whorl of shell there is a distinct threadlike keel which passes at middle height. Shell: height – 3mm; width – 18 mm.

It formerly inhabited Lake Sevan and was one of the dominant mollusk species in Lake Sevan. Shells which have been exposed above water and have lost their corneous layer long ago and become white, occur now in quantity on the lakeside. Akramovski [2]; Harutyunova [3].

Family Planorbidae Rafinesque, 1815

Genus *Planorbis* Muller, 1974

Planorbis planorbis (Linnaeus, 1758)

Figure 9, b

Shell is thinly transversely striated, concave on top and almost flat at the bottom. Keel on border of the lower side of shell is almost threadlike, with deep lines above and

below, delimiting it from the rest of the shell surface. Shell: height – 3,5 mm; width – 18 mm.

It is the most common species, occurring everywhere in small reservoirs and along the littoral margins of large reservoirs. The species is the most pollution resistant of all freshwater mollusks.

Family Planorbidae, Rafinesque, 1815

Genus *Gyraulus*, Agassiz, 1837)

Gyraulus laevis (Alder, 1838)

Figure 9, c

Shell is very thinly transversely striated without spiral striation. It has 4 whorls increasing fairly rapidly. There is no keel. The upper side is flat; whorls are convex, as though turned. The lower side is concave, whorls are slightly flattened. Shell opening is semi-oval, slightly slanting, the upper edge is extended forward. Shell: height – 1 mm; width – 4 mm.

Inhabits small clean reservoirs of spring origin. It is uncommon.

Its fossils are known from deposits of the Quaternary period. [4].

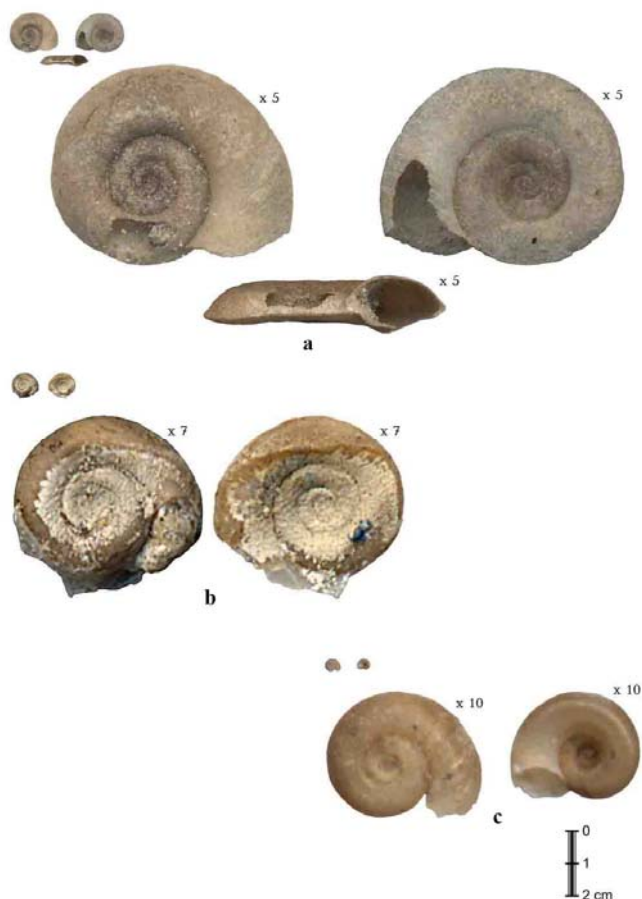


Figure 9. Family Planorbidae: a – *Planorbis carinatus*; b – *Planorbis planorbis*; c – *Gyraulus laevis*

Рисунок 9. Семейство Planorbidae: a – *Planorbis carinatus*; b – *Planorbis planorbis*; c – *Gyraulus laevis*

Bivalvia

Astartida

Family Pisidiidae Gray, 1857

Genus *Euglesa* Leach, 1832

Euglesa casertana (Polli, 1791)

Figure 10

Shell is usually ovate, rarely triangular, poorly and irregularly striated, usually more or less matte, moderately swollen, with pores. Crowns are wide, but not towering, are approximately on 2/3 lengths of shell. Shell: height – 6 mm; length – 7 mm; thickness – 4 mm.

In Armenia it is the most common of all species of the genus, occurring in all areas and in all zones. In Lake Sevan it is common but not very abundant.

All ten mollusks studied now inhabit the Lake Sevan Basin. One of them, *Planorbis carinatus*, a glacial relict, was one of dominant species of mollusks in Lake Sevan. Shells which have been exposed above water and have lost their corneous layer long ago and become white, occur now in quantity along the lakeside. It is referred to now as a category of vanishing species. *Bithynia troschellii*, a glacial relict, also referred to as a vanishing species. *Gyraulus laevis* was found by us in quantity on bone remains, and now also enters is considered as rare species. The other species found are widely distributed in Armenia.

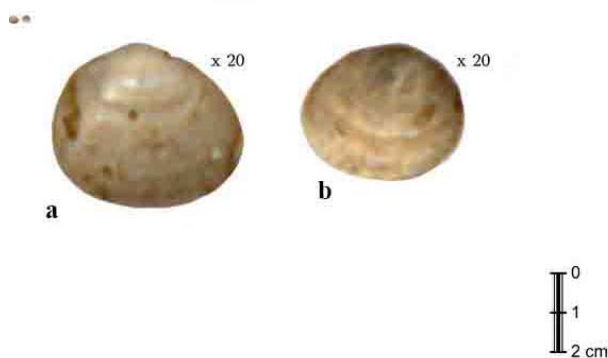


Figure 10. Family Pisidiidae: a, b – *Euglesa casertana*

Рисунок 10. Семейство Pisidiidae: a, b – *Euglesa casertana*

CONCLUSION

The formation of freshwater Lake Sevan, the largest one in the Caucasus, is connected with warming climate and thawing of the last glaciation. On the northwestern shore of the lake, there have been found the osseous remains of mammals (skulls, horn shafts of bulls and bison, bones of the postcranial skeleton) with cemented freshwater mollusks. Ten species of freshwater mollusks have been identified. Two of these, *Bithynia troschelii* Paasch, 1842 and *Planorbis carinatus* Muller, 1774, are glacial relics.

ACKNOWLEDGMENT

The research was supported by the Higher Education and Science Committee of MESCS RA (Research project № 25RG-1F169).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование поддержано Комитетом по высшему образованию и науке МОКС РА (исследовательский проект № 25RG-1F169).

REFERENCES

1. Mezhlumyan S.K. *Paleofauna of the Neolithic, Bronze and Iron Ages on the Territory of Armenia* [Paleofauna of the Eneolithic, Bronze and Iron Ages in Armenia]. Yerevan, Akademiya Publ., 1972, 176 p. (In Russian)
2. Akramowski N. *Fauna Armyanskoi SSR. Molluski* [Fauna of the Armenian SSR. Mollusca]. Yerevan, Akademiya Publ., 1976, 267 p. (In Russian)
3. Arutyunova L. Redkie i ischezayushchie vidy mollyuskov ozera Sevan [Rare and vanishing species of mollusks of the Lake Sevan]. *Tezisy dokladov Respublikanskogo nauchnogo soveshchaniya po zoologii* [Theses of the reports of the Republican Scientific Meeting on Zoology]. Yerevan, 1998, p. 32. (In Russian)
4. Danilovski I. [Reference lithologic-stratigraphic section of deposits of the Scandinavian glaciation of Russian plain and guiding Quaternary molluscs]. In: *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo geologicheskogo instituta* [Proceedings of National Research Geological Institute]. Moscow, 1955, p. 202. (In Russian)
5. Zhadin V. *Molluski presnykh i solonovatykh vod SSSR* [Molluscs of fresh and brackish waters of the USSR]. Moscow-Leningrad, Akademiya Publ., 1952, 376 p. (In Russian)
6. Starobogatov Y. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR (Plankton i bentos)* [Determinant of the freshwater invertebrates of the European part of the USSR (Plankton and Benthos)]. Leningrad, Akademiya Publ., 1977, 510 p. (In Russian)
7. Mezhlumyan S.K., Manaseryan N.U. New data on the fossil fauna of the Sevan basin. *Priroda Armenii* [Journal Nature of Armenia]. 1971, vol. 17-18, pp. 40–43. (In Russian)
8. Manaseryan N. Caucasian Bison: Pages of History. XIV ASWA international meeting. Barcelona, 2019, pp. 56–57.
9. Manaseryan N. Fossil fauna of Lake Sevan basin. In: *Arkheologicheskoe nasledie strany Uduri-Ehtiuni* [Archaeological heritage of Uduri-Etiuni country]. Yerevan, Institute of Archaeology and Ethnography Publ., 2022, pp. 90–98. (In Russian)
10. Wecek K., Hartmann S., Pajmans J., Manaseryan N. et al. Complex Admixture Preceded and Followed the Extinction of Wisent in the Wild. *Mol. Biol. Evol.*, 2016, vol. 34, no. 3, pp. 598–612.
11. Manaseryan N. Mlekopitayushchie rannegolotsenovo fauny basseina ozera Sevan [Mammals of the early Holocene fauna of the Sevan basin]. *Materialy X s'ezda Teriologicheskogo obshchestva RAN. 1-5 fevralya 2016 g., Moskva* [Proceedings of the International Conference, The 10th Congress of the Mammalogical Society at the RAS, 1-5 February 2016]. Moscow, 2016, pp. 250–251. (In Russian)
12. Manaseryan N. Carnivora mammals of the Holocene in Armenia. *Archaeozoology of the Near East*. Oxbow Books, Oxford, 2016, pp. 76–87.

13. Doan K., Niedzialkowska M., Manaseryan N. et al. Phylogenetics and phylogeography of red deer mtDNA lineages during the last 50000 years in Eurasia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2021. no. 20, pp. 1–26.
14. Manaseryan N. Small cattle of the Bronze Age in Armenia. *Biologicheskii zhurnal Armenii* [Biological Journal of Armenia]. 1984, no. 11, pp. 966–970. (In Russian)
15. Manaseryan N., Mirzoyan L. Armenia: Animal Remains from Neolithic and Bronze Age Settlements and Burials (review of osteological material from the collection funds of the Institute of Zoology). *Studii de Preistorie*, Bucuresti, 2013, vol. 10, pp. 131–153.
16. Manaseryan N., Harutyunova L. Subfossil fauna of the Holocen in Lake Sevan basin. 11th International Meeting of ASWA, Haifa, Israel, 2013, pp. 53.
17. Manaseryan N. Armenia: wild boar in all issues. *Studii de Preistorie*, Bucuresti, 2013, vol. 10, pp. 245–248.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Межлумян С.К. Палеофауна эпох энеолита, бронзы и железа на территории Армении. АН Армянской ССР. Ереван: Академия, 1972. 176 с.
2. Акрамовский Н. Фауна Армянской ССР. Моллюски. АН Армянской ССР, Ереван: Академия, 1976. 267 с.
3. Арутюнова Л. Редкие и исчезающие виды моллюсков озера Севан // Тезисы докладов Республиканского научного совещания по зоологии. Ереван, 1998. 32 с.
4. Даниловский И. Опорный литолого-стратиграфический разрез отложений скандинавского оледенения Русской равнины и руководящие четвертичные моллюски // Труды Всесоюзного научно-исследовательского геологического института. Москва, 1955. 202 с.
5. Жадин В. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М.-Л.: Академия, 1952. 376 с.
6. Старобогатов Ю.А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (Планктон и бентос). Л.: Академия, 1977. 510 с.
7. Межлумян С.К., Манасерян Н.У. Новые данные об ископаемой фауне Севанского бассейна // Природа Армении. 1971. Т. 17-18. С. 40–43.
8. Manaseryan N. Caucasian Bison: Pages of History // XIV ASWA international meeting. Barcelona, 2019. P. 56–57.
9. Манасерян Н.У. Ископаемая фауна бассейна озера Севан // В кн.: Археологическое наследие страны Удური-Этиуни. Ереван: Издательство Института археологии и этнографии, 2022. С. 90–98.
10. Wecek K., Hartmann S., Pajmans J., Manaseryan N. et al. Complex Admixture Preceded and Followed the Extinction of Wisent in the Wild // *Mol. Biol. Evol.* 2016. V. 34. N 3. P. 598–612.
11. Манасерян Н.У. Млекопитающие раннеголоценовой фауны бассейна озера Севан // Материалы X съезда Териологического общества РАН. 1-5 февраля 2016 г., Москва, 2016. С. 250–251.
12. Manaseryan N. Carnivora mammals of the Holocene in Armenia // *Archaeozoology of the Near East*. Oxbow Books, Oxford, 2016. P. 76–87.
13. Doan K., Niedzialkowska M., Manaseryan N. et al. Phylogenetics and phylogeography of red deer mtDNA lineages during the last 50000 years in Eurasia // *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2021. N 20. P. 1–26.
14. Манасерян Н.У. Мелкий рогатый скот бронзового века Армении // Биологический журнал Армении. 1984. N 11. С. 966–970.
15. Manaseryan N., Mirzoyan L. Armenia: Animal Remains from Neolithic and Bronze Age Settlements and Burials (review of osteological material from the collection funds of the Institute of Zoology) // *Studii de Preistorie*, Bucuresti. 2013. V. 10. P 131–153.
16. Manaseryan N., Harutyunova L. Subfossil fauna of the Holocen in Lake Sevan basin // 11th International Meeting of ASWA, Haifa, Israel, 2013. P. 53.
17. Manaseryan N. Armenia: wild boar in all issues // *Studii de Preistorie*, Bucuresti. 2013. V. 10. P. 245–248.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Laura J. Harutyunova, Ivan G. Gabrielyan, Nina U. Manaseryan and Andranik A. Gyonjyan carried out the analysis and processing of the data obtained and participated in the writing of the manuscript. Lyudmila S. Mirumyan, Ruzanna G. Harutyunyan, Marine V. Vardanyan, Madina Z. Magomedova and Patimat D. Magomedova, conducted the scientific analysis of the data obtained. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Лаура Дж. Арутюнова, Иван Г. Габриелян, Нина У. Манасерян, Андраник А. Генджян проводили анализ и обработку полученных данных и участвовали в написании рукописи. Людмила С. Мирумян, Рузанна Г. Арутюнян, Марина В. Варданян, Мадина З. Магомедова, Патимат Д. Магомедова проводили научный анализ полученных данных. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Laura J. Harutyunova / Лаура Дж. Арутюнова <http://orcid.org/0000-0001-7814-6577>
Nina H. Manaseryan / Нина У. Манасерян <https://orcid.org/0000-0001-8246-0403>
Andranik A. Gyonjyan / Андраник А. Генджян <https://orcid.org/0009-0001-9394-1111>
Lyudmila S. Mirumyan / Людмила С. Мирумян <http://orcid.org/0000-0003-2821-9795>
Ruzanna G. Harutyunyan / Рузанна Г. Арутюнян <http://orcid.org/0000-0002-9992-7142>
Marine V. Vardanyan / Марина В. Варданян <http://orcid.org/0009-0000-5610-0375>
Madina Z. Magomedova / Мадина З. Магомедова <http://orcid.org/0000-0001-8425-166>
Patimat D. Magomedova / Патимат Д. Магомедова <http://orcid.org/0000-0001-6072-1094>
Ivan G. Gabrielyan / Иван Г. Габриелян <https://orcid.org/0000-0002-5522-4242>

Высокогидроксилированные фуллеренолы $C_{60}(OH)_{36}$ как потенциальные загрязнители окружающей среды: оценка антиоксидантной активности в клетках печени

Ашура И. Исрапилова¹, Айна А. Адиева¹, Альбина М. Джафарова², Надира О. Гусейнова², Жанна Б. Лютова^{3,4}, Алина А. Борисенкова^{3,4}, Рамазан Г. Яхьяев⁵, Вагаб Р. Абдуллаев^{2,6}

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия

⁴Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», Гатчина, Россия

⁵Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

⁶Филиал Дагестанского государственного университета, Кизляр, Россия

Контактное лицо

Ашура И. Исрапилова, аспирант, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального Исследовательского центра Российской Академии Наук; 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45.
Тел. +79331111529
Email ms.israpilova98@bk.ru
ORCID <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>

Формат цитирования

Исрапилова А.И., Адиева А.А., Джафарова А.М., Гусейнова Н.О., Лютова Ж.Б., Борисенкова А.А., Яхьяев Р.Г., Абдуллаев В.Р.
Высокогидроксилированные фуллеренолы $C_{60}(OH)_{36}$ как потенциальные загрязнители окружающей среды: оценка антиоксидантной активности в клетках печени // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 103-114.
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-9

Получена 29 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 10 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Целью данной работы было исследование антиоксидантных свойств фуллеренола $C_{60}(OH)_{36}$ в различных модельных системах *in vitro*, а также оценка протекторной эффективности фуллеренола в отношении белков и липидов гомогенатов печени.

Эксперименты проводились на гомогенатах печени белых лабораторных крыс. На первоначальном этапе оценивалась антиоксидантная активность фуллеренола в различных концентрациях (от $1 \cdot 10^{-5}$ до 0,2 мг/мл). Поскольку в системе аутоокисления адреналина достаточно высокую антиоксидантную активность показала концентрация фуллеренола 0,001 мг/мл, мы использовали ее для исследования антиоксидантной активности в других модельных системах, в которых проводилась искусственная индукция окислительного стресса.

В дальнейшем в каждой модельной системе были получены контрольные значения, относительно которых судили об эффективности действия фуллеренола в качестве антиоксиданта. Оценивалась протекторная эффективность фуллеренола в отношении белков и липидов гомогенатов печени. Также проведено исследование влияния фуллеренола на активность фермента супероксиддисмутазы. На модельной системе было показано, что фуллеренол предотвращает окислительные повреждения липидов.

Исследование интенсивности окислительной модификации белков в модельной системе Fe^{+2}/H_2O_2 (среда Фентона) показало, что фуллеренол эффективно снижал прирост карбонильных групп. $C_{60}(OH)_{36}$ в концентрации 0,001 мг/мл снижал уровень генерации АФК (активные формы кислорода) в митохондриях печени крыс, что выражалось в падении интенсивности флуоресценции АФК-чувствительного зонда.

Ключевые слова

Фуллеренол, антиоксидант, свободные радикалы, активные формы кислорода.

Highly hydroxylated fullerenols C₆₀(OH)₃₆ as potential environmental pollutants: Evaluation of antioxidant activity in liver

Ashura I. Israpilova¹, Aina A. Adieva¹, Albina M. Dzhafarova², Nadira O. Guseynova², Zhanna B. Lyutova^{3,4}, Alina A. Borisenkova^{3,4}, Ramazan H. Yahyaev⁵ and Vagab R. Abdullaev^{2,6}

¹Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, Russia

⁴B.P. Konstantinov Petersburg Nuclear Physics Institute, National Research Centre Kurchatov Institute, Gatchina, Russia

⁵Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

⁶Branch of Dagestan State University, Kizlyar, Russia

Principal contact

Ashura I. Israpilova, postgraduate student, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhiev St., Makhachkala, Russia 367000. Tel. +79331111529

Email ms.israpilova98@bk.ru

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>

How to cite this article

Israpilova A.I., Adieva A.A., Dzhafarova A.M., Guseynova N.O., Lyutova Zh.B., Borisenkova A.A., Yahyaev R.H., Abdullaev V.R. Highly hydroxylated fullerenols C₆₀(OH)₃₆ as potential environmental pollutants: Evaluation of antioxidant activity in liver. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):103-114. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-9

Received 29 May 2025

Revised 10 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

The aim of this work was to study the antioxidant properties of fullereneol C₆₀(OH)₃₆ in various in vitro model systems, as well as to evaluate the protective effectiveness of fullereneol against proteins and lipids of liver homogenates.

The experiments were carried out on liver homogenates of white laboratory rats. At the initial stage, the antioxidant activity of fullereneol in various concentrations (from 1×10⁻⁵ to 0.2 mg/ml) was evaluated. Since the fullereneol concentration of 0.001 mg/ml showed a sufficiently high antioxidant activity in the epinephrine autoxidation system, we used it to study the antioxidant activity in other model systems in which artificial induction of oxidative stress was performed.

Subsequently, control values were obtained in each model system, relative to which the effectiveness of fullereneol as an antioxidant was judged. The protective efficacy of fullereneol against liver homogenate proteins and lipids was evaluated. The effect of fullereneol on the activity of the superoxide dismutase enzyme was also studied. Using the model system, it was shown that fullereneol prevents oxidative damage to lipids.

A study of the intensity of oxidative modification of proteins in the Fe²⁺/H₂O₂ model system (Fenton's medium) showed that fullereneol effectively reduced the increase in carbonyl groups. C₆₀(OH)₃₆ at a concentration of 0.001 mg/ml reduced the rate of ROS generation in rat liver mitochondria, which resulted in a decrease in the fluorescence intensity of the ROS-sensitive (reactive oxygen species) the probe.

Key Words

Fullereneol, antioxidant, free radicals, reactive oxygen species.

ВВЕДЕНИЕ

Фуллерены и их производные используются в самых разных областях, таких как косметология, солнечная энергетика, создание и исследование новых фармацевтических препаратов. Помимо лабораторного и промышленного синтеза, фуллерены также могут образовываться в результате естественных и антропогенных процессов горения и были обнаружены в промышленных выбросах [1] и т. д. В дополнение к источникам, переносимым по воздуху (т. е. побочным продуктам сгорания), одним из потенциальных путей попадания фуллеренов и их производных в почвенную среду является повторное использование загрязненных продуктов, образуемых при очистке сточных вод [2; 3].

Фуллерены известны своей сильной фотохимической реакционной способностью и способностью как генерировать, так и гасить активные формы кислорода АФК. АФК участвуют во многих окислительно-восстановительных процессах для сохранения клеточного гомеостаза. Однако их перепроизводство приводит к развитию окислительного стресса (ОС), приводящего к повреждению клеточных структур [4]. Кроме того, появляется все больше доказательств, подтверждающих роль АФК в развитии различных патологических состояний [5]. Таким образом, оценка про/антиоксидантных свойств соединений, являющихся потенциальными загрязнителями окружающей среды, является актуальной задачей, решение которой необходимо для понимания возможных последствий в случае попадания нанозагрязнителей в организм человека.

Фуллерены, благодаря наличию сопряженной π -электронной системы, обладают антиоксидантной активностью. Однако применение нефункционализированных фуллеренов в биомедицине ограничено вследствие их крайне малой растворимости в воде и, как следствие, низкой биосовместимости. Поверхностно-функционализированные фуллерены, содержащие гидроксильные, карбоксильные, аминокислотные и др. группы обладают хорошей биосовместимостью [6]. Кроме того, водорастворимые гидроксипроизводные фуллерена – фуллеренолы – способны эффективно нейтрализовать различные АФК как *in vitro*, так и *in vivo*. Фуллеренолы показали свою перспективность в качестве препаратов для лечения заболеваний, ассоциированных с ОС (окислительный стресс). Так, было показано, что фуллеренолы обладают противовирусной [7], нейропротекторной [8], противоопухолевой активностью [9; 10], защищают клетки от воздействия ультрафиолетового [11; 12] и ионизирующего излучения [13; 14]. В некоторых исследованиях показано, что фуллеренолы могут выполнять роль защитных агентов благодаря своей способности эффективно удалять свободные радикалы и снижать перекисное окисление липидов плазматической мембраны. Они поддерживают окислительно-восстановительный баланс в организме, стимулируя активность антиоксидантных ферментов [15].

Производные фуллерена продемонстрировали свою способность действовать как сильные антиоксиданты в водных растворах [15–19], в некоторых исследованиях было показано, что они индуцируют ОС в клеточных системах [20]. Кроме того, в настоящее время нет однозначного ответа, что в большей степени определяет антиоксидантные свойства фуллеренов –

собственно функциональные группы и их количество на поверхности фуллерена, или же ненасыщенные связи фуллереновой молекулы. С другой стороны, функционализированное производное, помимо антиоксидантных свойств, должно обладать хорошей биосовместимостью – высокой растворимостью в воде и отсутствием цитотоксичности.

Несмотря на большое количество работ, биологические свойства некоторых фуллеренолов [21] продолжают исследоваться, поскольку литературные данные, полученные различными исследовательскими группами достаточно противоречивы. Целью данной работы было исследование антиоксидантных свойств фуллеренола $C_{60}(OH)_{36}$ в различных модельных системах *in vitro*, а также оценка протекторной эффективности фуллеренола в отношении белков и липидов клеток печени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фуллеренол $C_{60}(OH)_{36}$ был синтезирован и охарактеризован ранее [22].

Получение гомогенатов печени крыс и выделение митохондрий

Опыты проводились на крысах-самцах Вистар массой 200–220 грамм. Эксперименты выполнены с соблюдением правил надлежащей лабораторной практики (приказ МЗ РФ от 01.04.2016 г. № 199н). Животные содержали в стандартных условиях вивария со свободным доступом к воде и пище. После декапитации животного извлекали печень и помещали в охлажденную до 0°C среду выделения следующего состава: 250 мМ сахараза (AppliChem, Германия), 3 мМ Tris-ОН (AppliChem, Германия), 0,5 мМ ЭГТА (Sigma, США) (рН=7,3). Промытую ткань через 1 мин измельчали ножницами в стеклянном стаканчике на холоде на кусочки размером 2–3 мм, взвешивали, пропускали через стальную давилку-пресс, охлажденную до 4°C, а затем измельчали в течение 2 мин при 4°C в гомогенизаторе Поттера (стекло-тефлон, зазор 200 мкм) в десятикратном объеме (объем/масса) среды выделения. Выделение интактных митохондрий из полученных гомогенатов производили методом дифференциального центрифугирования [23].

Оценка активности фуллеренола против супероксидного анион-радикала в системе аутоокисления адреналина

Для генерации супероксидного аниона использовали систему аутоокисления адреналина, в процессе которого в урановешенном с воздухом растворе 0,1 % раствора адреналина гидрохлорида в 0,2 М карбонатно-натриевом (Na_2CO_3 - $NaHCO_3$) буфере (рН 10,7) [24].

Для этого добавляли 2,0 мл карбонатно-натриевого буфера с рН=10,7, 100 мкл 0,1 % раствора адреналина гидрохлорида, 30 мкл фуллеренола и перемешивают в течение 30 секунд. Поглощение полученного раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 347 нм в течение двух минут от начала реакции. Раствор, содержащий 0,2 М 2,0 мл буфера, 100 мкл 0,1 % адреналина используют в качестве контрольного образца.

Антиоксидантная активность (АА, %) различных концентраций фуллеренола была определена по формуле:

$$AA = \frac{(A1 - A2)}{A1} * 100\%$$

где A1 – поглощение раствора адреналина в карбонатном буфере;

A2 – поглощение раствора адреналина в карбонатном буфере в присутствии фуллеренола.

Оценка влияния фуллеренола на перекисное окисление липидов

Для индукции перекисного окисления липидов (ПОЛ) использовали среду Fe^{2+} /аскорбат (12 мМ соль Мора, 0,5 мМ аскорбиновой кислоты). Эксперимент начинали с предварительной инкубации (15 минут, 37 °C) гомогената печени крыс с фуллеренолом (40 мкл), после чего отбирали пробу и добавляли в среду Fe^{2+} /аскорбат. Для определения динамики накопления МДА в пробах из среды в нулевое время, через 10, 20 и 30 минут отбирали пробы для определения концентрации МДА. Отбирали 0,6 мл и добавляли в среду, содержащую 0,6 мл соли Мора и 0,6 мл аскорбиновой кислоты. Сразу из среды же отбирали аликвоту в 0,4 мл и добавляли 1 мл ТХУ для того, чтобы остановить реакцию. Отбор аликвот для последующего определения МДА производили через 10 минут и 30 мин инкубации. Для учета исходных значений МДА в гомогенате, его после предварительной инкубации, добавляли в среду с фосфатным буфером без среды Фентона, из которого затем отбирали пробы для анализа МДА.

Оценка влияния фуллеренола на окислительную модификацию белков

Для индукции использовали модельную систему, содержащую 10^{-3} М $FeSO_4$; $3 \cdot 10^{-4}$ М H_2O_2 ; 10^{-3} М ЭДТА (среда Фентона). Фуллеренол (40 мкл) инкубировали с гомогенатом печени крыс (0,6 мл) в течение 15 минут при 37 °C. Отбирали 0,6 мл и добавляли в среду, содержащую 0,6 мл H_2O_2 и 0,6 мл смеси $FeSO_4$ и ЭДТА. Сразу из среды отбирали аликвоту в 0,1 мл и добавляли 0,1 мл ТХУ для того, чтобы остановить реакцию. Отбор аликвот для последующего определения МДА производили через 20 минут и 40 мин инкубации

Определение содержания малонового диальдегида

Содержание малонового диальдегида (МДА) определяли по его реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), в результате которой в кислой среде образуется окрашенный комплекс с максимумом поглощения при 532 нм [25].

Определение содержания карбонильных групп в белках печени

Содержание карбонильных групп в белках митохондрией определяли по реакции их с 2,4-динитрофенил-гидразином.

Исследование влияния фуллеренола на уровни генерации АФК в митохондриях

Митохондрии печени крыс инкубировали в специальной термостатированной (37 °C) кювете спектрофлуориметра в 2 мл среды инкубации (100 мМ KCl, 20 мМ Трис, 3 мМ $MgCl_2$, 3 мМ H_3PO_4 (рН 7,3)). Измеряли интенсивность флуоресценции дихлорфлуоресцеина (CM- H_2 DCFDA) в энергетизированных сукцинатом (5 мМ) митохондриях после добавления фуллеренола (0,001 мг/мл) или ротенона

(1,5 мкМ) при λ возбуждения 395 и λ эмиссии 500–540 на спектрофлуориметре Hitachi F-7000.

Определение активности супероксиддисмутазы

Суммарную активность супероксиддисмутазы (СОД) в митохондриях определяли адренохромовым методом, основанным на спонтанном автоокислении адреналина [26] с образованием супероксидных анионов, регистрируемых с помощью нитросинего тетразолия. Для этого добавляют 2,0 мл 0,2 М карбонатно-натриевого (Na_2CO_3 - $NaHCO_3$) буфера с рН=10,65, 56 мкл 0,18 % раствора адреналина (эпинефрина) гидрохлорида, 30 мкл антиоксиданта и перемешивают в течение 30 секунд. Оптическую плотность полученного раствора измеряют на спектрофотометре при длине волны 347 нм в течение 10 мин.

Статистическая обработка результатов исследования

Обработка данных произведена с использованием пакета прикладных программ SPSS Statistics 22 (IBM, США). Нормальность распределения определяли критерием Шапиро-Уилка. Равенство дисперсий экспериментальных данных оценивали с помощью критериев Левеня и Уэлча. Для множественных сравнений независимых групп использовали непараметрический дисперсионный анализ и критерий Краскела-Уоллиса (H-test). При обнаружении статистически значимых различий между группами проводили апостериорные сравнения с помощью критерия Манна-Уитни с новым критическим уровнем значимости, учитывающим количество сравниваемых групп. Данные в таблицах представлены в виде медианы с указанием нижнего и верхнего квартилей – Me [Q1:Q3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование антиоксидантной активности фуллеренола в модельной системе аутоокисления адреналина

Одной из широко используемых моделей исследования антиоксидантной активности различных веществ является модель аутоокисления адреналина, происходящего в щелочной среде [27]. Из рис. 1 видно, что при отсутствии фуллеренола добавление адреналина в щелочную среду способствует быстрому аутоокислению адреналина после чего увеличивается поглощение раствора при 347 нм, соответствующее одному из продуктов аутоокисления. На нескольких стадиях процесса аутоокисления выделяется супероксидный анион-радикал, участвующий в протекании реакций. Следовательно, соединение, обладающее антиоксидантными свойствами и поглощающее супероксид, будет ингибировать процесс аутоокисления адреналина. Так, на рис. 1 видно, что фуллеренол дозозависимо ингибировал процесс аутоокисления адреналина. Высокие дозы фуллеренола (0,2 мг/мл) существенно ингибировали процесс окисления, в то время как очень низкие (0,00001 мг/мл) оказывали лишь незначительный эффект. При этом кинетические кривые в присутствии различных доз адреналина имели различные углы наклона, из тангенса которых была определена скорость аутоокисления адреналина (рис. 2).

Из рис. 2 следует, что фуллеренол при концентрации 0,2 мг/мл существенно подавлял

реакцию аутоокисления адреналина, что отражается в снижении скорости реакции на 67 %. Фуллеренол в низкой дозе (0,00001 мг/мл) не показал статистически значимого эффекта на реакцию аутоокисления. В то же

время фуллеренол в умеренных дозах (0,001–0,1 мг) в одинаковой степени тормозил скорость реакции аутоокисления адреналина.

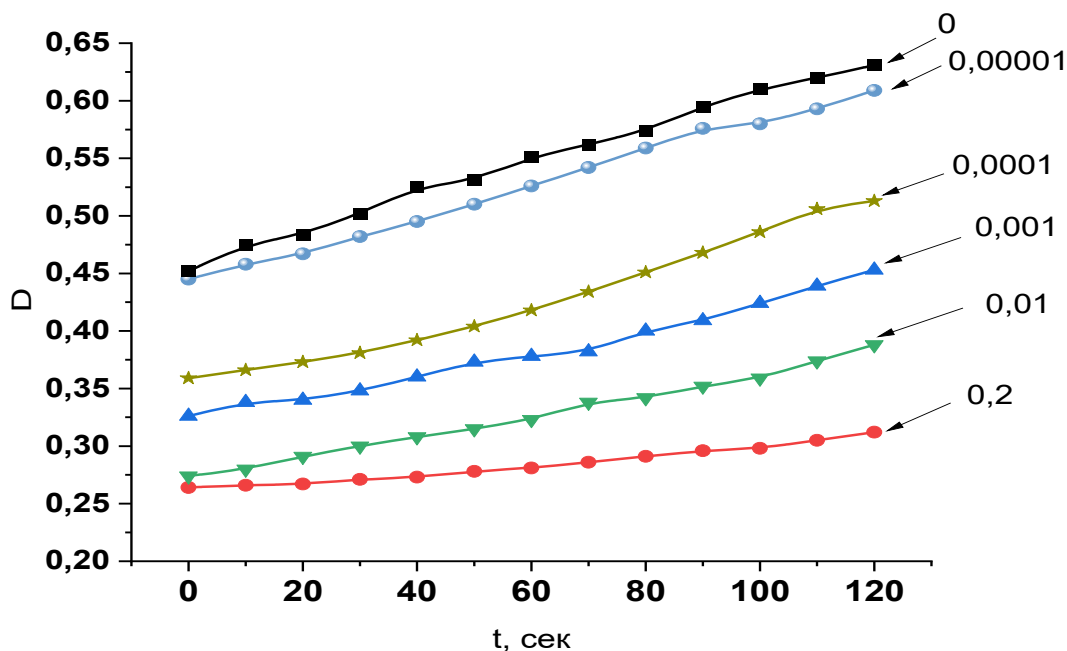


Рисунок 1. Влияние различных концентраций фуллеренола (0,00001–0,2 мг/мл) на кинетику аутоокисления адреналина в карбонатном буфере (pH 10,7)

Figure 1. Effect of different concentrations of fullereneol (0.00001–0.2 mg/ml) on the kinetics of adrenaline autooxidation in a carbonate buffer (pH 10.7)

Для того, чтобы исключить возможные эффекты самого фуллеренола на изменение оптической плотности карбонатного буфера, производился контрольный эксперимент: в карбонатный буфер добавляли

эквивалентное количество фуллеренола и следили за изменением оптической плотности при 347 нм. Поглощения на этой длине волны не было обнаружено и оно не изменялась в динамике.

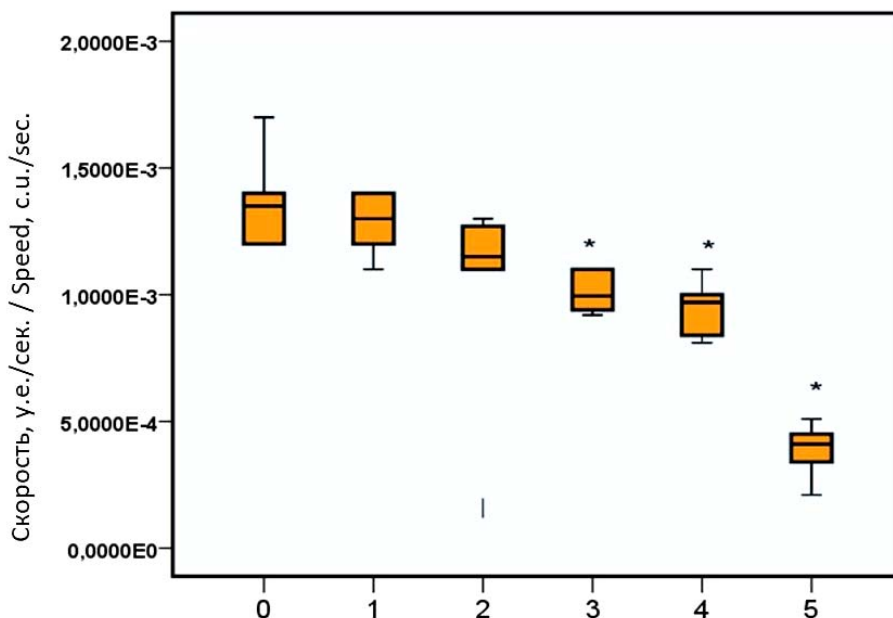


Рисунок 2. Влияние различных концентраций фуллеренола на скорость аутоокисления адреналина в карбонатном буфере: 1 – 0,00001 мг/мл, 2 – 0,0001 мг/мл, 3 – 0,001 мг/мл, 4 – 0,01 мг/мл, 5 – 0,2 мг/мл (Me [Q1:Q3], * – $p \leq 0.05$ относительно модельной системы без фуллеренола)

Figure 2. Effect of different concentrations of fullereneol on the rate of adrenaline autooxidation in a carbonate buffer: 1 – 0.00001 mg/ml, 2 – 0.0001 mg/ml, 3 – 0.001 mg/ml, 4 – 0.01 mg/ml, 5 – 0.2 mg/ml (Me [Q1:Q3], * – $p \leq 0.05$ relative to the model system without fullereneol)

Результаты расчета антиоксидантной активности фуллеренола приведены на рисунке 3. Считается, что вещество обладает антиоксидантными свойствами, когда $AA > 10\%$. Из рисунка 3 видно, что фуллеренол в низкой дозе (0,00001 мг/мл) обладает незначительной антиоксидантной активностью – 7,1 [5,2;8,9] %. При

дозе 0,0001 мг/мл показана умеренная антиоксидантная активность – 14,2 [10,7;15,3] %. При дозе 0,001 мг/мл AA равна 32,1 [26,2;39,3] %, при дозе 0,01 мг/мл – 43,4 [38,3;49,5] %, при дозе 0,2 мг/мл – 79,5 [73,7;83,5] %.

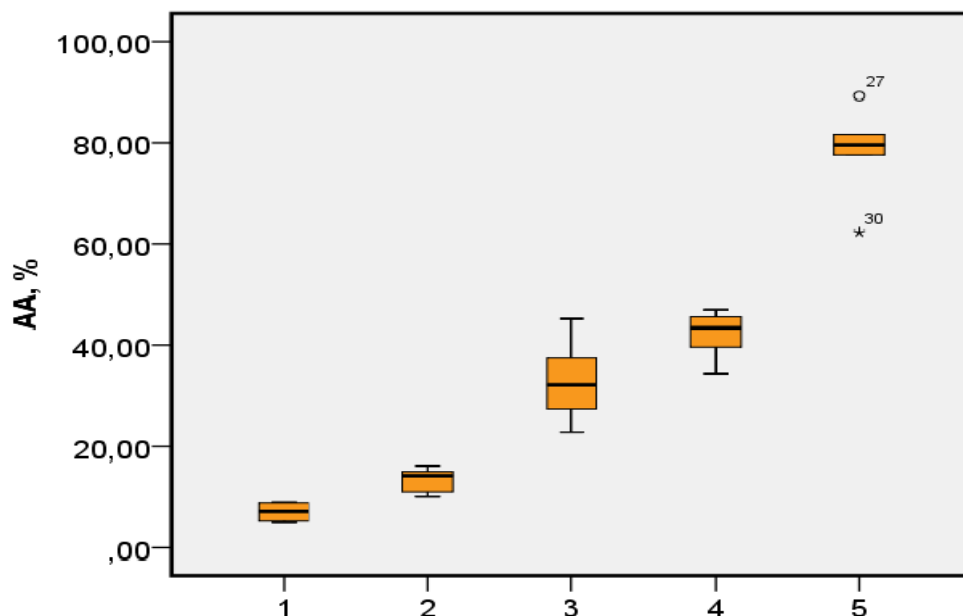


Рисунок 3. Антиоксидантная активность различных концентраций фуллеренола (0,0001 – 0,2 мг/мл) в системе аутоокисления адреналина: 1 – 0,00001 мг/мл, 2 – 0,0001 мг/мл, 3 – 0,001 мг/мл, 4 – 0,01 мг/мл, 5 – 0,2 мг/мл (Me [Q1:Q3], ° – негрубые выбросы, * – грубые выбросы)

Figure 3. Antioxidant activity of various concentrations of fullereneol (0.0001 – 0.2 mg/ml) in an adrenaline autooxidation system: 1 – 0.00001 mg/ml, 2 – 0.0001 mg/ml, 3 – 0.001 mg/ml, 4 – 0.01 mg/ml, 5 – 0.2 mg/ml (Me [Q1:Q3], ° – non-rough outliers, * – rough outliers)

Влияние фуллеренола на динамику перекисного окисления липидов

Поскольку в системе аутоокисления адреналина достаточно высокую антиоксидантную активность показал фуллеренол в концентрации 0,001 мг/мл, мы использовали ее для исследования антиоксидантной активности в других модельных системах. Исследовано влияние фуллеренола на динамику Fe^{2+} /аскорбат-индуцированного перекисного окисления липидов (ПОЛ) в гомогенате печени крыс *in vitro*. Об интенсивности ПОЛ судили по накоплению конечного продукта ПОЛ – МДА. Среда, содержащая ионы железа (в составе соли Мора) и аскорбиновую кислоту, с большой скоростью генерирует гидроксильные (OH^*) радикалы. Результаты исследования, представленные на рис. 4 показали, что в гомогенатах печени крыс содержание МДА (исходный уровень) составляет 1,28 нмоль/мг белка. В течение 30 мин инкубации при температуре 37 °C (в термостатированной кювете) уровень МДА незначительно снижался. Это, вероятно, обусловлено тем, что для эксперимента использовали гомогенат, предварительно замороженный при температуре -70 °C. Процедура инкубации гомогената при температуре 37 °C могла привести к активации антиоксидантных ферментов в гомогенате или активации системы по метаболизированию МДА в уксусную кислоту, как это описано в работе Холливеда и Гуттериджа [28].

В среде Fe^{2+} /аскорбат происходило очень быстрое накопление МДА, так что в течение нескольких

секунд перемешивания гомогената с компонентами среды и процедуры измерения уже наблюдался рост МДА (на 21,7 %). Наиболее существенный рост количества МДА происходил в первые 10 мин инкубации. Дальнейшая инкубация в среде Fe^{2+} /аскорбат продолжала способствовать повышению уровня МДА: за 30 мин он увеличивался относительно контроля в 2,5 раза. Инкубация гомогената с фуллеренолом в среде Фентона существенно снижала уровень накопления продуктов ПОЛ, что очевидно из графика, представленного на рисунке 4. Так, на 30 минуте инкубации уровень ПОЛ снижался на 23,4 %. При этом он оставался значительно выше контрольных значений.

Известно, что субстратами ПОЛ являются ненасыщенные жирнокислотные остатки фосфолипидов, содержание которых в печени очень высокое. Ненасыщенные фосфолипиды локализованы, главным образом, в окрестностях мембранных белков, образуя так называемые аннулярные липиды. В связи с этим, аннулярные липиды могут подвергаться перекисному окислению в первую очередь. Этому может способствовать также и то, что рядом расположенный белок, является местом связывания металлов, в том числе и ионов железа, которые могут промотировать процессы генерации радикалов [28].

Перекисное окисление липида начинается с отрыва гидроксильным радикалом атома водорода от атома углерода, находящегося рядом с двойной связью углеводородной цепочки. Далее в результате

перегруппировки атомов образуется диеновый конъюгат, судьба которого зависит от наличия кислорода в липидном слое. Взаимодействие диенового конъюгата с молекулой кислорода приводит к образованию перекиси жирной кислоты, которая может распадаться с образованием МДА и других альдегидов. Диеновые конъюгаты могут быть восстановлены под действием глутатионпероксидазы гидроперекисей липидов [29].

Можно предположить, что со временем

происходит обрыв цепной реакции ПОЛ, при взаимодействии липопероксильных радикалов друг с другом или с антиоксидантами, например, токоферолом. Нельзя также исключить высокую скорость метаболизма МДА в гомогенатах, а также высокую активность глутатионпероксидазы. Известно, что глутатионпероксидаза содержит редокс-чувствительную тиоловую группу окисление которой может способствовать компенсаторному повышению её активности.

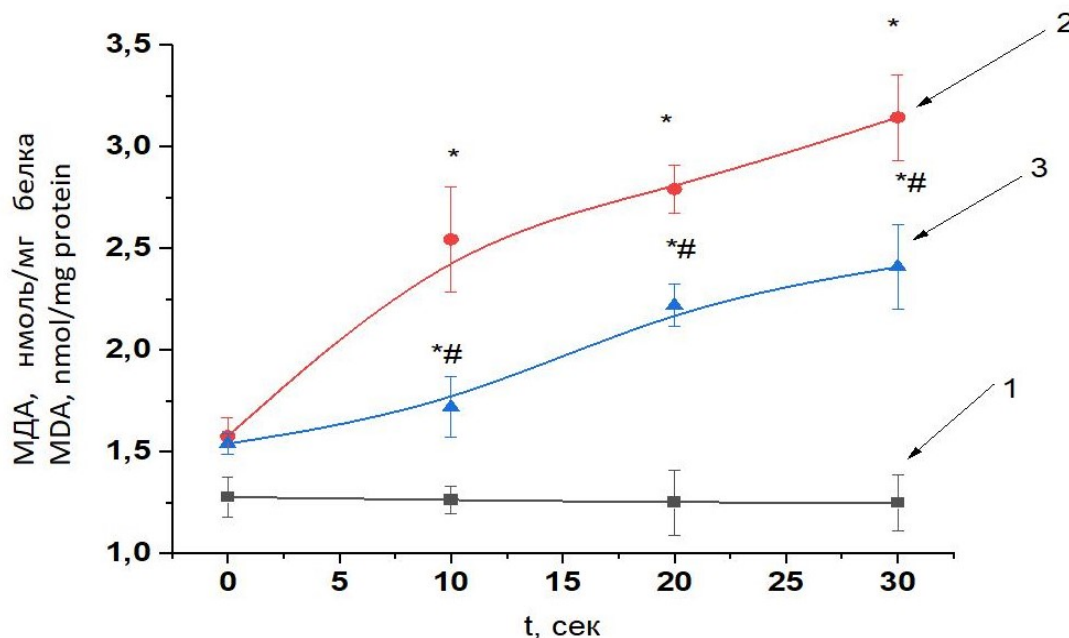


Рисунок 4. Влияние фуллеренола (0,001 мг/мл) на динамику Fe²⁺/аскорбат-индуцированного ПОЛ в гомогенате печени крыс in vitro: 1 – контроль (исходный уровень МДА), 2 – Fe²⁺/аскорбат-индуцированный уровень МДА, 3 – фуллеренол + Fe²⁺/аскорбат-индуцированный уровень МДА (p<0.05 * – относительно контроля, # – относительно Fe²⁺/аскорбат)

Figure 4. The effect of fullereneol (0.001 mg/ml) on the dynamics of Fe²⁺/ascorbate-induced lipid peroxidation in rat liver homogenate in vitro: 1 – control (initial MDA level), 2 – Fe²⁺/ascorbate-induced MDA level, 3 – fullereneol + Fe²⁺/ascorbate-induced MDA level (p<0.05 * – relative to control, # – relative to Fe²⁺/ascorbate)

Влияние фуллеренола на интенсивность окислительной модификации белков

Окислительная модификация белков (ОМБ) – это важный процесс, в котором участвуют АФК. Наиболее подвержены окислению серосодержащие (метионин, цистеин) и ароматические (гистидин, триптофан, тирозин и фенилаланин) аминокислотные остатки белков. Это может приводить к образованию различных продуктов, таких как карбонильные группы, дисульфиды, битирозины [30].

Таким образом, большой интерес должны предоставлять вещества, направленные на защиту белков от окислительной деструкции. В качестве такого соединения можно предложить фуллеренолы. Нами исследованы антиоксидантные свойства C₆₀(OH)₃₆ в модельной системе Fe²⁺/H₂O₂ (среда Фентона), инициирующей металлкализируемое окисление пролиновых, аргининовых, лизиновых, гистидиновых остатков белков. Моделирование эксперимента производилось по такому же алгоритму, что и моделирование с индукцией ПОЛ, описанному выше. Об интенсивности ОМБ в модельной системе судили по накоплению карбонильных групп. Для этого отбирали по

0,1 мл сразу же после индукции ОМБ, через 10, 20 минут и 40 минут (рис. 5)

Из рисунка 5 видно, что исходный уровень карбонильных групп в гомогенате печени крыс составлял 1,8 нмоль/мг белка. Инкубация гомогената в буфере приводила к незначительному росту карбонильных групп, обусловленному, возможно, конформационными изменениями в белках за длительный период инкубации в кювете при температуре 37 °С. Более того, нельзя исключить и тот факт, что с повышением температуры происходила активация ферментных систем, участвующих в генерации АФК. В частности, ксантиноксидазы, монооксигеназы, простогландинсинтазы, НАДН-оксидазы. Образующиеся АФК способствуют окислению белков.

Инкубация гомогената в среде Фентона приводила к существенному росту количества карбонильных групп уже в течение первых секунд инкубации. В течение 40 мин наблюдался значительный рост количества карбонильных групп: оно превышало контрольные значения в 3,1 раз. Фуллеренол эффективно подавлял рост карбонильных групп. Так за 30 мин инкубации подавление роста карбонильных групп в среде Фентона составляло 40,2 %.

Флуоресцентные исследования влияния фуллеренола на интенсивность генерации АФК

Известно, что электрон-транспортные цепи (ЭТЦ) митохондрий являются основными источниками АФК в клетке, избыточная генерация которых может привести к окислительным повреждениям митохондриальных структур и нарушению их функций. В связи с этим несомненный интерес могут представлять вещества, способные снизить интенсивность генерации митохондриальных АФК и тем самым защитить клетки от неблагоприятных последствий митохондриальной дисфункции. Обнаруженная нами высокая антиоксидантная активность фуллеренола и его наноразмеры позволяют рассмотреть его в качестве потенциального кандидата на роль митохондри-

адресованного антиоксиданта. Для экспериментальной проверки способности фуллеренола влиять на интенсивность генерации АФК в митохондриях был использован флуоресцентный метод, основанный на использовании зондов, которые при взаимодействии с АФК изменяют свои спектральные характеристики. Одним из распространенных зондов является CM-H₂DCFDA (дихлорфлуоресцин). Данный зонд хорошо проникает для биологических мембран, при этом он гидролизруется в цитозоле с образованием карбоксилатного аниона DCFH. Окисление посредством АФК приводит к образованию флуоресцентного DCF, максимум возбуждения которого приходится на 495 нм, а максимум эмиссии на 520 нм [31].

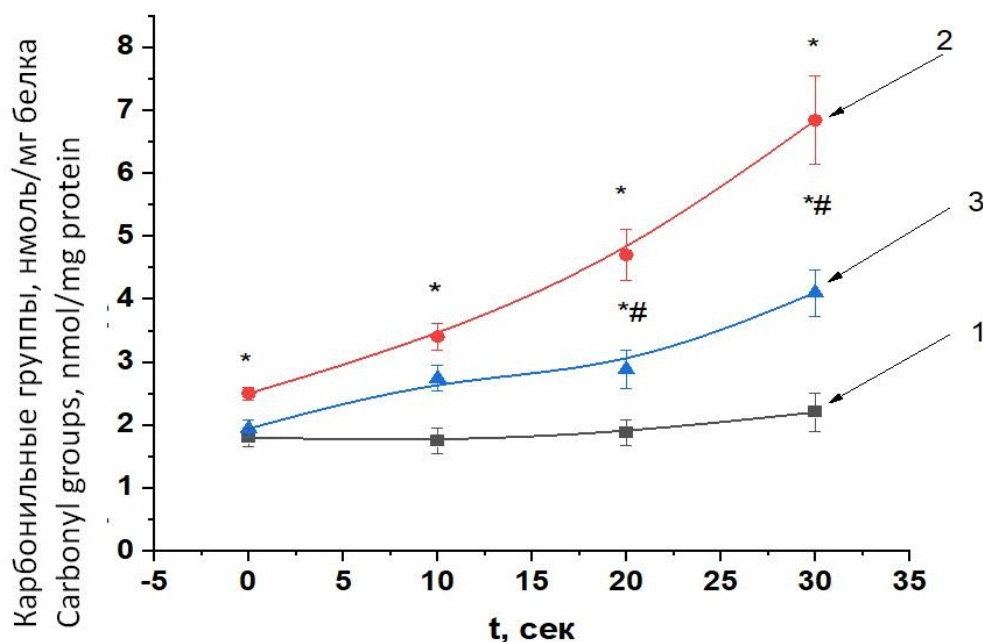


Рисунок 5. Влияние фуллеренола (0,001 мг/мл) на динамику Fe²⁺/H₂O₂-индуцированной ОМБ в гомогенате печени крыс *in vitro*: 1 – исходный уровень карбонильных групп (контроль), 2 – Fe²⁺/H₂O₂-индуцированный уровень карбонильных групп, 3 – фуллеренол + Fe²⁺/H₂O₂-индуцированный уровень карбонильных групп (p≤0.05 * – относительно контроля, # – относительно Fe²⁺/H₂O₂)

Figure 5. Effect of fullereneol (0.001 mg/ml) on the dynamics of Fe²⁺/H₂O₂-induced OMP in rat liver homogenate *in vitro*: 1 – control (initial level of carbonyl groups), 2 – Fe²⁺/H₂O₂-induced level of carbonyl groups, 3 – fullereneol + Fe²⁺/H₂O₂-induced level of carbonyl groups (p≤0.05 * – relative to control, # – relative to Fe²⁺/H₂O₂)

Исследование проводилось с использованием энергизированных сукцинатом митохондрий, то есть находящихся в метаболическом состоянии 2 по Чансу (после добавления избытка субстрата Комплекса II ЭТЦ – сукцината). В первом случае митохондрии инкубировали в течение 10 минут в среде инкубации с сукцинатом, во втором – в среде сукцинат+фуллеренол (0,001 мг/мл), в третьем – сукцинат+ротенон.

Из рисунка 6, на котором представлены спектры флуоресценции DCFH, видно, что добавление сукцинатата существенно увеличивает интенсивность флуоресценции зонда. Это обусловлено интенсификацией потока электронов по ЭТЦ митохондрий и, следовательно, вероятности восстановления кислорода до супероксидного радикала. Одним из предполагаемых механизмов повышения скорости генерации АФК является, возможно, обратный транспорт электронов на Комплекс I ЭТЦ (НАДН-дегидрогеназа) в условиях избытка сукцината, что приводит к

перевосстановленности данного комплекса, который считается главным источником АФК в митохондриях. Доказательством этой гипотезы является тот факт, что добавление ротенона в среду с сукцинатом и митохондриями максимально подавляет интенсивность генерации АФК в митохондриях (I_{max} снижается в 3,1 раз).

Добавление фуллеренола (в дозе 0,001 мг/мл) существенно снижало интенсивность флуоресценции DCFH (на 37 % снижается I_{max}), что указывает на существенное подавление уровня АФК в митохондриях.

Исследование эффектов фуллеренола на активность супероксиддисмутазы

Фуллеренол может оказывать влияние на активность антиоксидантных ферментов, в частности супероксиддисмутазы (СОД). Для того, чтобы оценить возможное воздействие фуллеренола на данный фермент, мы предварительно инкубировали в течение

10 мин митохондрии в буфере, содержащем 0,001 мг/мл фуллеренола. В качестве контроля использовали митохондрии, инкубированные за тот же промежуток времени в буфере, не содержащем

фуллеренол. Через 10 мин отбирали 50 мкл инкубационной смеси и определяли в ней активность СОД в соответствии с методикой по регистрации активности фермента.

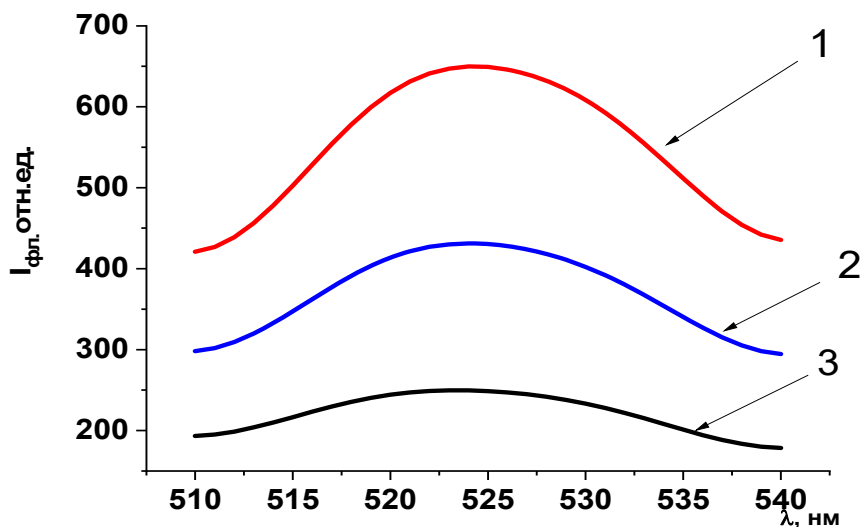


Рисунок 6. Влияние фуллеренола на спектры флуоресценции DCFH в митохондриях печени крыс:

1 – сукцинат, 2 – сукцинат+фуллеренол (0,001 мг/мл), 3 – сукцинат+ротенон

Figure 6. Effect of fullereneol on DCFH fluorescence spectra in rat liver mitochondria:

1 – succinate, 2 – succinate+fullereneol (0.001 mg/ml), 3 – succinate+rotenone

Таблица 1. Влияние фуллеренола на активность СОД в митохондриях печени крыс

Table 1. Effect of fullereneol on SOD activity in rat liver

Активность СОД (ед./мг белка) / SOD activity (U/mg protein)	
Гомогенат Homogenate	5,2 [7.4;4,5]
Гомогенат+фуллеренол Homogenate+fullereneol	4,4 [3,7;5,4]

Из таблицы 1 видно, что фуллеренол незначительно снижал активность СОД (на 15,5 %), однако это снижение не является статистически достоверным. Такие эффекты СОД, вероятно, связаны с влиянием фуллеренола на конформацию фермента. Фуллеренол $C_{60}(OH)_{36}$ обладает множеством гидроксильных групп, которые могут взаимодействовать с белками с помощью водородных связей. Таким образом, несмотря на целый ряд обнаруженных антиоксидантных эффектов фуллеренола, он может оказывать и нежелательное влияние на биополимеры, в частности, на ферменты, способствуя изменению их конформации, а, следовательно, и активности. Вероятно, фуллеренол оказывает антиоксидантный эффект за счет непосредственного взаимодействия с свободными радикалами.

На сегодняшний день фуллерены и их водные растворы являются одними из самых эффективных известных антиоксидантов. Их механизм действия принципиально отличается от традиционных антиоксидантов. В отличие от обычных восстановителей, которые расходуются в ходе нейтрализации свободных радикалов, фуллерены выступают в роли катализаторов. Они способствуют рекомбинации и взаимной нейтрализации активных кислородных соединений, не расходуясь сами. Это позволяет фуллеренам проявлять сверхмощные антиоксидантные свойства даже в ничтожно малых дозах. При этом их действие сохраняется в течение длительного времени

после однократного применения – в отдельных случаях в течение нескольких месяцев. По своей эффективности и продолжительности действия фуллерены качественно превосходят все другие известные антиоксиданты. Их можно сравнить с витаминами, где фуллерен C_{60} выступает в роли "витаминной формы углерода".

Фуллеренолы имеют различное количество и распределение гидроксильных групп, что может заметно повлиять на их реакционную способность, стабильность и оптические свойства [32]. Таким образом, чрезвычайно важно понять взаимосвязь между конфигурацией фуллеренолов и их антиоксидантными свойствами для применения в области биомедицины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Литературные данные указывают на то, что даже сверхмалые дозы фуллеренолов (0,0000001 мг/мл) обладают антиоксидантной активностью. Для того, чтобы подобрать те концентрации фуллеренола, что малотоксичны, но обладающие умеренной антиокислительной активностью, мы исследовали антиоксидантную активность $C_{60}(OH)_{36}$ в системе аутоокисления адреналина. Фуллеренол $C_{60}(OH)_{36}$ в диапазоне концентраций 0,00001–0,2 мг/мл дозозависимо снижал скорость генерации супероксидного радикала в модельной системе аутоокисления адреналина, при этом антиоксидантная активность при максимальной концентрации фуллеренола (0,2 мг/мл)

составляла 79,58 %, а при 0,00001 мг/мл – 7,1 %. Таким образом, фуллеренол обладал высокой антиоксидантной активностью.

Исследования в системе Fe^{2+} /аскорбат, в которой инициируется ПОЛ, показали, что фуллеренол в концентрации 0,001 мг/мл предотвращает окислительные повреждения липидов. Исследование интенсивности окислительной модификации белков в модельной системе $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ (среда Фентона) показало, что фуллеренол эффективно снижает прирост карбонильных групп. $\text{C}_{60}(\text{OH})_{24}$ в концентрации 0,001 мг/мл подавлял окисление белков гидроксильными радикалами, генерируемыми в модельной системе $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$, снижая уровни карбонильных групп за 30 минут инкубации гомогената на 40,2 %.

Для оценки антиоксидантной активности фуллеренола был использован также флуоресцентный метод. Было обнаружено, что фуллеренол существенно снижал интенсивность флуоресценции чувствительного к АФК зонда дихлорфлуоресцина при инкубации митохондрий в среде, содержащей избыток сукцината. Эффекты фуллеренола могут быть связаны с его влиянием на активность на активность антиоксидантных ферментов, в частности, СОД. Оказалось, что фуллеренол незначительно снижал активность СОД (на 20,9 %), однако это снижение не является статистически достоверным. Такие эффекты СОД, вероятно, связаны с влиянием фуллерена на конформацию фермента посредством образования водородных связей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Sanchis J., Berrojalbiz N., Caballero G., Dachs J., Farré M., Barceló D. Occurrence of aerosol-bound fullerenes in the Mediterranean Sea atmosphere // *Environmental science & technology*. 2012. V. 46 (3). P. 1335–1343.
- Navarro D.A., Kookana R.S., Kirby J.K., Martin S.M., Shareef A., Du J., McLaughlin M.J. Behaviour of fullerenes (C60) in the terrestrial environment: potential release from biosolids-amended soils // *Journal of hazardous materials*. 2013. V. 262. P. 496–503.
- Navarro D.A., Kookana R.S., McLaughlin M. J., Kirby J.K. Fullerol as a potential pathway for mineralization of fullerene nanoparticles in biosolid-amended soils // *Environmental Science & Technology Letters*. 2016. V. 3 (1). P. 7–12.
- Yu Y., Liu S., Yang L., Song P., Liu Z., Liu X., Yan X., Dong Q. Roles of reactive oxygen species in inflammation and cancer // *MedComm*. 2024. V. 5(4). Article ID: e519. DOI: 10.1002/mco2.519
- Bardawel S.K., Gul M., Alzweiri M., Ishaqat A., ALSalamat H.A., Bashatwah R.M. Reactive Oxygen Species: the Dual Role in Physiological and Pathological Conditions of the Human Body // *Eurasian J Med*. 2018. V. 50(3). P. 193–201. <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2018.17397>
- Zhao Y., Shen X., Ma R., Hou Y., Qian Y., Fan C. Biological and biocompatible characteristics of fullerene nanomaterials for tissue engineering // *Histol. Histopathol*. 2021. V. 18316. P. 456–477 <https://doi.org/10.14670/HH-18-316>
- Xu P.Y., Li X.Q., Chen W.G., Deng L.L., Tan Y.Z., Zhang Q., Xie S.Y., Zheng L.S. Progress in Antiviral Fullerene Research // *Nanomaterials*. 2022. V. 12. P. 67–73.
- Bolshakova O.I., Borisenkova A.A., Golomidov I.M., Komissarov A.E., Slobodina A.D., Ryabova E. V., Ryabokon I.S., Latypova E.M., Slepneva E.E., Sarantseva S.V. Fullerenols Prevent Neuron Death and Reduce Oxidative Stress in Drosophila Huntington's Disease Model // *Cells*. 2023. V. 12. P. 56–63. <https://doi.org/10.3390/cells12010170>
- Tang J., Chen Z., Sun B., Dong J., Liu J., Zhou H., Wang L., Bai R., Miao Q., Zhao Y., et al. Polyhydroxylated Fullerenols Regulate Macrophage for Cancer Adoptive Immunotherapy and Greatly Inhibit the Tumor Metastasis // *Nanomedicine*. 2016. V. 12. Iss. 4. P. 945–954. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2015.11.021>
- Caldeira D. de A.F., Mesquita F.M., Pinheiro F.G., Oliveira D.F., Oliveira L.F.S., Nascimento J.H.M., Takiya C.M., Maciel L., Zin W.A. Acute Exposure to C60 Fullerene Damages Pulmonary Mitochondrial Function and Mechanics // *Nanotoxicology*. 2021. V. 15. Iss. 3. P. 352–365. <https://doi.org/10.1080/17435390.2020.1863498>
- Saitoh Y., Miyaniishi A., Mizuno H., Kato S., Aoshima H., Kokubo K., Miwa N. Super-Highly Hydroxylated Fullerene Derivative Protects Human Keratinocytes from UV-Induced Cell Injuries Together with the Decreases in Intracellular ROS Generation and DNA Damages // *J Photochem Photobiol*. 2011. V. 102. Iss. 1. P. 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.09.006>
- Chen X., Yang J., Li M., Zhu S., Zhao M., Yang C., Liu B., Gao H., Lu A., Ge L., et al. Fullerene Protects Cornea from Ultraviolet B Exposure // *Redox Biol*. 2022 V. 54. Article ID: 102360. <https://doi.org/doi:10.1016/j.redox.2022.102360>
- Bogdanovic V., Stankov K., Nikolic A., Icevici I., Solajic S., Bogdanovic G., Djordjevic A. The Influence of Fullerene on Antioxidative Enzyme Activity in Irradiated Human Erythrocytic Cell Line (K562) // *Hem Ind*. 2007. V. 61. Iss. 3. P. 164–166. <https://doi.org/10.2298/hemind0703164b>
- Wang C., Zhao M., Xie J., Ji C., Leng Z., Gu Z. Fullerene nano-Montmorillonite Nanocomposite as an Efficient Radioprotective Agent for Ameliorating Radioactive Duodenal Injury // *Chemical Engineering Journal*. 2022.V. 427. Article ID: 131725. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131725>
- Grebowski J., Kazmierska-Grebowska P., Cichon N., Piotrowski P., Litwinienko G. The Effect of Fullerene C60(OH)36 on the Antioxidant Defense System in Erythrocytes // *Int. J. Mol. Sci*. 2021. V. 23(119). Iss. 1. <https://doi.org/10.3390/ijms23010119>
- Grebowski J., Konopko A., Krokosz A., DiLabio G.A., Litwinienko G. Antioxidant Activity of Highly Hydroxylated Fullerene C60 and Its Interactions with the Analogue of α -Tocopherol // *Free Radic Biol Med*. 2020. V. 160. P. 734–744. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.08.017>
- Kovel E.S., Sachkova A.S., Vnukova N.G., Churilov G.N., Knyazeva E.M., Kudryasheva N.S. Antioxidant Activity and Toxicity of Fullerenols via Bioluminescence Signaling: Role of Oxygen Substituents // *Int J Mol Sci*. 2019. V. 20. Iss. 9. Article ID: 2324. <https://doi.org/10.3390/ijms20092324>
- Kovel E.S., Kicheeva A.G., Vnukova N.G., Churilov G.N., Stepin E.A., Kudryasheva N.S. Toxicity and Antioxidant Activity of Fullerene C60,70 with Low Number of Oxygen Substituents // *Int J Mol Sci*. 2021. V. 22. Iss. 12. Article ID: 6382. <https://doi.org/10.3390/ijms22126382>
- Markelić M., Drača D., Krajnović T., Jović Z., Vuksanović M., Koruga D., Mijatović S., Maksimović-Ivanić D. Combined Action of Hyper-Harmonized Hydroxylated Fullerene Water Complex and Hyperpolarized Light Leads to Melanoma Cell Reprogramming *In Vitro* // *Nanomaterials*. 2022. V. 12. Iss. 8. <https://doi.org/10.3390/nano12081331>
- Sergeeva V., Kraevaya O.A., Ershova E., Kameneva L., Malinovskaya E., Dolgikh O., Konkova M., Voronov I., Zhilenkov A., Veiko N., et al. Antioxidant properties of fullerene derivatives depend on their chemical structure: A study of two fullerene derivatives on HELFs // *Oxid. Med. Cell. Longev*. 2019. Iss. 1. Article ID: 4398695. <https://doi.org/10.1155/2019/4398695>
- Кукалия О.Н., Мещеряков А.А., Юрьев Г.О., Андошкин П.А., Семенов К.Н., Молчанов О.Е., Майстренко Д.Н., Мурын И.В., Шаройко В.В. Перспективы применения водорастворимых производных легких фуллеренов в медицине // *Трансляционная медицина*. 2023. Т. 10(6). С. 507–521. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2023-10-6-507-521>
- Borisenkova A.A., Eropkin M.Y., Konovalova N.I., Titova A.V., Markova M.A., Lyutova Z.B., Mazur A.S., Sedov V.P., Orlova V.A., Lykholay A.N., Orlova D.N., Arutyunyan A.V. Fullerene C60 (OH) 36: Antioxidant, Cytoprotective, Anti-Influenza Virus Activity, and Self-Assembly in Aqueous Solutions and Cell Culture Media // *Antioxidants*. 2024. V. 13(12). P. 1525–1530.
- Djafarzadeh S., Jakob S.M. Isolation of Intact Mitochondria from Skeletal Muscle by Differential Centrifugation for High-resolution Respirometry Measurements // *J Vis Exp*. 2017. V. 8(121). Article ID: e55251. <https://doi.org/10.3791/55251>
- Мустафакулов М.А., Набиев А.Х., Абдулладжанова Н.Г., Матчанов А.Д., Тухтаева С. Изучение антиоксидантной и

антирадикальной активности листьев *Isatis tinctoria* L // *Universum: химия и биология*. 2022. Т. 15. N 7. С. 40–44.

25. Лысакова Т.И. Влияние факторов ишемического повреждения на перекисное окисление липидов в синапсомозга крыс // *Биофизика*. 1997. Т. 42. N 2. С. 408–411.

26. Сирота Т.В. Использование нитросинего тетразолия в реакции автоокисления адреналина для определения активности супероксиддисмутазы // *Биомедицинская химия*. 2013. Т. 59. N 4. С. 399–410.

27. Torres-Cuevas I., Parra-Llorca A., Sánchez-Illana A., Nuñez-Ramiro A. Oxy-gen and oxidative stress in the perinatal period // *Redox Biology*. 2017. V. 12. P. 674–681.

28. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 4th Edition, Oxford University Press, Oxford. 2006. V. 14.

29. Imai H., Nakagawa Y. Biological significance of phospholipids hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx, GPx4) in mammalian cells // *Free Radical Biology and Medicine*. 2003. V. 34. P. 145–169.

30. Дубинина Е.Е. Продукты кислородного обмена в функциональной активности клеток: (жизнь и смерть, созидание и разрушение) // *Физиологические и клиничко-биохимические аспекты*. СПб.: Медицинская пресса, 2006. Т. 397. С. 95–102.

31. Kalyanaraman B., Darley-Usmar V., Davies K.J., Dennery P.A., Forman H.J., Gri-sham M.B., Mann G.E., Moore K., Roberts L.J., Ischiropoulos H. Measuring reactive oxygen and nitrogen species with fluorescent probes: challenges and limitations // *Free Radic Biol Med*. 2012. V. 52(1). P. 1–6.

<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2011.09.030>

32. Fileti E.E., Rivelino R., Mota F.D., Malaspina T. Effects of hydroxyl group distribution on the reactivity, stability and optical properties of fullereneols // *Nanotechnology*. 2008. V. 19. P. 509–801.

REFERENCES

1. Sanchis J., Berrojalbiz N., Caballero G., Dachs J., Farré M., Barceló D. Occurrence of aerosol-bound fullerenes in the Mediterranean Sea atmosphere. *Environmental science & technology*, 2012, vol. 46, no. 3, pp. 1335–1343.

2. Navarro D.A., Kookana R.S., Kirby J.K., Martin S.M., Shareef A., Du J., McLaughlin M.J. Behavior of fullerenes (C60) in the terrestrial environment: potential release from biosolids-amended soils. *Journal of hazardous materials*, 2013, vol. 262, pp. 496–503.

3. Navarro D.A., Kookana R.S., McLaughlin M.J., Kirby J.K. Fullerol as a potential pathway for mineralization of fullerene nanoparticles in biosolid-amended soils. *Environmental Science & Technology Letters*, 2016, vol. 3, no. 1, pp. 7–12.

4. Yu Y., Liu S., Yang L., Song P., Liu Z., Liu X., Yan X., Dong Q. Roles of reactive oxygen species in inflammation and cancer. *MedComm*, 2024, vol. 5, no. 4, article ID: e519. DOI: 10.1002/mco2.519

5. Bardaweel S.K., Gul M., Alzweiri M., Ishaqat A., AlSalamat H.A., Bashatwah R.M. Reactive Oxygen Species: the Dual Role in Physiological and Pathological Conditions of the Human Body. *Eurasian J Med*, 2018, vol. 50, no. 3, pp. 193–201.

<https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2018.17397>

6. Zhao Y., Shen X., Ma R., Hou Y., Qian Y., Fan C. Biological and biocompatible characteristics of fullereneol nanomaterials for tissue engineering. *Histol. Histopathol*, 2021, vol. 18316, pp. 456–477.

<https://doi.org/10.14670/HH-18-316>

7. Xu P.Y., Li X.Q., Chen W.G., Deng L.L., Tan Y.Z., Zhang Q., Xie S.Y., Zheng L.S. Progress in Antiviral Fullerene Research. *Nanomaterials*, 2022, vol. 12, pp. 67–73.

8. Bolshakova O.I., Borisenkova A.A., Golomidov I.M., Komissarov A.E., Slobodina A.D., Ryabova E.V., Ryabokon I.S., Latypova E.M., Slepneva E.E., Sarantseva S.V. Fullerenols Prevent Neuron Death and Reduce Oxidative Stress in Drosophila Huntington's Disease Model. *Cells*, 2023, vol. 12, pp. 56–63. <https://doi.org/10.3390/cells12010170>

9. Tang J., Chen Z., Sun B., Dong J., Liu J., Zhou H., Wang L., Bai R., Miao Q., Zhao Y., et al. Polyhydroxylated Fullerenols Regulate Macrophage for Cancer Adoptive Immunotherapy and Greatly Inhibit the Tumor Metastasis. *Nanomedicine*, 2016, vol.12, iss. 4, pp. 945–954.

<https://doi.org/10.1016/j.nano.2015.11.021>

10. Caldeira D. de A.F., Mesquita F.M., Pinheiro F.G., Oliveira D.F., Oliveira L.F.S., Nascimento J.H.M., Takiya C.M., Maciel L., Zin W.A., Acute Exposure to C60 Fullerene Damages Pulmonary Mitochondrial Function and Mechanics. *Nanotoxicology*, 2021, vol. 15, iss. 3, pp. 352–365. <https://doi.org/10.1080/17435390.2020.1863498>

11. Saitoh Y., Miyanishi A., Mizuno H., Kato S., Aoshima H., Kokubo K., Miwa N. Super-Highly Hydroxylated Fullerene Derivative Protects Human Keratinocytes from UV-Induced Cell Injuries Together with the Decreases in Intracellular ROS Generation and DNA Damages. *J Photochem Photobiol*, 2011, vol.102, iss. 1, pp. 69–76.

<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.09.006>

12. Chen X., Yang J., Li M., Zhu S., Zhao M., Yang C., Liu B., Gao H., Lu A., Ge L., et al. Fullereneol Protects Cornea from Ultraviolet B Exposure. *Redox Biol*, 2022, vol. 54, article ID: 102360.

<https://doi.org/doi:10.1016/j.redox.2022.102360>

13. Bogdanovic V., Stankov K., Nikolic A., Icevic I., Solajic S., Bogdanovic G., Djordjevic A. The Influence of Fullereneol on Antioxidative Enzyme Activity in Irradiated Human Erythroleukemic Cell Line (K562). *Hem Ind.*, 2007, vol. 61, iss. 3, pp. 164–166.

<https://doi.org/10.2298/hemind0703164b>

14. Wang C., Zhao M., Xie J., Ji C., Leng Z., Gu Z. Fullereneol nano-Montmorillonite Nanocomposite as an Efficient Radioprotective Agent for Ameliorating Radioactive Duodenal Injury. *Chemical Engineering Journal*, 2022, vol. 427, article ID: 131725.

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131725>

15. Grebowski J., Kazmierska-Grebowska P., Cichon N., Piotrowski P., Litwinienko G. The Effect of Fullereneol C60(OH)36 on the Antioxidant Defense System in Erythrocytes. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 23 no.119, iss. 1. <https://doi.org/10.3390/ijms23010119>

16. Grebowski J., Konopko A., Krokosz A., DiLabio G.A., Litwinienko G. Antioxidant Activity of Highly Hydroxylated Fullerene C60 and Its Interactions with the Analogue of α -Tocopherol. *Free Radic Biol Med*, 2020, vol. 160, pp. 734–744.

<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.08.017>

17. Kovel E.S., Sachkova A.S., Vnukova N.G., Churilov G.N., Kryazeva E.M., Kudryasheva N.S. Antioxidant Activity and Toxicity of Fullerenols via Bioluminescence Signaling: Role of Oxygen Substituents. *Int J Mol Sci*. 2019, vol. 20, iss. 9, article ID: 2324.

<https://doi.org/10.3390/ijms20092324>

18. Kovel E.S., Kicheeva A.G., Vnukova N.G., Churilov G.N., Stepin E.A., Kudryasheva N.S. Toxicity and Antioxidant Activity of Fullereneol C60.70 with Low Number of Oxygen Substituents. *Int J Mol Sci.*, 2021, vol. 22, iss. 12, article ID: 6382. <https://doi.org/10.3390/ijms22126382>

19. Markelić M., Drača D., Krajnović T., Jović Z., Vuksanović M., Koruga D., Mijatović S., Maksimović-Ivanić, D. Combined Action of Hyper-Harmonized Hydroxylated Fullerene Water Complex and Hyperpolarized Light Leads to Melanoma Cell Reprogramming In Vitro. *Nanomaterials*, 2022, vol. 12, iss. 8.

<https://doi.org/10.3390/nano12081331>

20. Sergeeva V., Kraevaya O.A., Ershova E., Kameneva L., Malinovskaya E., Dolgikh O., Konkova M., Voronov I., Zhilenkov A., Veiko N., et al. Antioxidant properties of fullerene derivatives depend on their chemical structure: A study of two fullerene derivatives on HELFs. *Oxid. Med. Cell. Longev*, 2019, iss. 1, article ID: 4398695.

<https://doi.org/10.1155/2019/4398695>

21. Kukaliya O.N., Meshcheryakov A.A., Yuryev G.O., Andoskin P.A., Semenov K.N., Molchanov O.E., Maistrenko D.N., Murin I.V., Sharoiiko V.V. Prospects for the use of water-soluble derivatives of light fullerenes in medicine. *Translational medicine*, 2023, vol. 10, no. 6, pp. 507–521. (In Russian) <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2023-10-6-507-521>

22. Borisenkova A.A., Eropkin M.Y., Konovalova N.I., Titova A.V., Markova M.A., Lyutova Z.B., Mazur A.S., Sedov V.P., Orlova V.A., Lykholay A.N., Orlova D.N., Arutyunyan A.V. Fullereneol C60 (OH) 36: Antioxidant, Cytoprotective, Anti-Influenza Virus Activity, and Self-Assembly in Aqueous Solutions and Cell Culture Media. *Antioxidants*, 2024, vol. 13, no. 12, pp. 1525–1530.

23. Djafarzadeh S., Jakob S.M. Isolation of Intact Mitochondria from Skeletal Muscle by Differential Centrifugation for High-resolution Respirometry Measurements. *J Vis Exp.*, 2017, vol. 8, no. 121, article ID: e55251. <https://doi.org/10.3791/55251>

24. Mustafakulov M.A., Nabiev A.Kh., Abdulladzhanova N.G., Matchanov A.D., Tukhtaeva S. Study of antioxidant and antiradical activity of isatis tinctoria l leaves. *Universum: chemistry and biology*, 2022, vol. 15, no. 7, pp. 40–44. (In Russian)

25. Lysakova T.I. The influence of ischemic injury factors on lipid peroxidation in rat brain synaptosomes. *Biophysics*, 1997, vol. 42, no. 2, pp. 408–411. (In Russian)

26. Sirota T.V. Use of nitroblue tetrazolium in the reaction of adrenaline autooxidation to determine the activity of superoxide dismutase. *Biomedical Chemistry*, 2013, vol. 59, no. 4, pp. 399–410. (In Russian)
27. Torres-Cuevas I., Parra-Llorca A., Sánchez-Illana A., Nuñez-Ramiro A. Oxygen and oxidative stress in the perinatal period. *Redox Biology*, 2017, vol. 12, pp. 674–681.
28. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 4th Edition, Oxford University Press, Oxford, 2006, vol. 14.
29. Imai H., Nakagawa Y., Biological significance of phospholipids hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx, GPx4) in mammalian cells *Free Radical Biology and Medicine*, 2003, vol. 34, pp. 145–169.
30. Dubinina E.E. *Produkty kislorodnogo obmena v funktsional'noi aktivnosti kletok: (zhizn' i smert', sozidanie i razrushenie)*.

- Fiziologicheskie i kliniko-biokhimicheskie aspekty* [Oxygen metabolism products in the functional activity of cells: (life and death, creation and destruction)]. Physiological and clinical-biochemical aspects]. St. Petersburg, Medical Press, 2006, vol. 397, pp. 95–102. (In Russian)
31. Kalyanaraman B., Darley-Usmar V., Davies K.J., Dennery P.A., Forman H.J., Gri-sham M.B., Mann G.E., Moore K., Roberts L.J., Ischiropoulos H. Measuring reactive oxygen and nitrogen species with fluores-cent probes: challenges and limitations. *Free Radic Biol Med*, 2012, vol. 52, no. 1, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2011.09.030>
32. Fileti E.E., Rivelino R., Mota F.D., Malaspina T. Effects of hydrox-yl group distribution on the reactivity, stability and optical properties of fullerenols. *Nanotechnology*, 2008, vol. 19, pp. 509–801.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ашүра И. Исрапилова написала текст статьи, проанализировала и интерпретировала результаты исследования. Айна А. Адиева сформулировала идеи, проанализировала и интерпретировала результаты исследования. Рамазан Г. Яхьяев подготовил обзор литературных источников, собрал данные. Альбина М. Джафарова разработала методики исследования. Надира О. Гусейнова обобщила данные, подготовила табличный материал. Жанна Б. Лютова провела научное редактирование текста. Алина А. Борисенкова провела синтез гидроксированной формы фуллеренола. Вагаб Р. Абдуллаев провел статистическую обработку и обобщил данные. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ashura I. Israpilova undertook writing the text of the article, analysis and interpretation of the research results. Aina A. Adieva formulated the idea, analysed and interpreted the research results. Ramazan G. Yahyaev prepared a review of literary sources and undertook data collection. Albina M. Dzhafarova undertook development of research methodology. Nadira O. Guseynova generalised data and prepared tabular material. Zhanna B. Lyutova undertook scientific text editing. Alina A. Borisenkova undertook synthesis of the hydroxylated form of fullereneol. Vagab R. Abdullaev undertook statistical data processing and data synthesis. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ашүра И. Исрапилова / Ashura I. Israpilova <https://orcid.org/0009-0001-6318-595X>
 Айна А. Адиева / Aina A. Adieva <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>
 Альбина М. Джафарова / Albina M. Dzhafarova <https://orcid.org/0000-0001-7744-859X>
 Надира О. Гусейнова / Nadira O. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>
 Жанна Б. Лютова / Zhanna B. Lyutova <https://orcid.org/0000-0001-6925-2802>
 Алина А. Борисенкова / Alina A. Borisenkova <https://orcid.org/0000-0002-7618-5617>
 Рамазан Г. Яхьяев / Ramazan H. Yahyaev <https://orcid.org/0009-0006-5097-5908>
 Вагаб Р. Абдуллаев / Vagab R. Abdullaev <https://orcid.org/0000-0002-3551-1746>

Оригинальная статья / Original article

УДК 504.06:677

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-10



Формирование экологического сознания у студентов через активные методы обучения

Анастасия И. Храмова, Александр С. Парсанов, Ирина В. Красина

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Контактное лицо

Анастасия И. Храмова, ассистент, кафедра технологии химических и натуральных волокон и изделий, Казанский национальный исследовательский технологический университет; 420015 Россия, г. Казань, ул. Карла Маркса, 68.

Тел. +791969660662

Email im-yula@mail.ruORCID <https://orcid.org/0009-0008-766>**Формат цитирования**

Храмова А.И., Парсанов А.С., Красина И.В. Формирование экологического сознания у студентов через активные методы обучения // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 115-121. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-10

Получена 9 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: создание педагогических условий, которые не только обеспечат усвоение экологических знаний, но и сформируют устойчивые ценностные установки, мотивирующие студентов к активному участию в решении экологических проблем.

В ходе исследования применялся комплексный подход, объединяющий теоретический анализ и практические методы изучения формирования экологического сознания у студентов. В основе работы был глубокий анализ научной литературы по педагогике, экологическому образованию и психологии. Основным инструментом стало анкетирование, которое включало несколько типов вопросов. Важным компонентом стало проведение конкурса экологических проектов, сосредоточенных на использование вторичного сырья текстильной отрасли.

Качественный анализ полученных данных выявил несколько ключевых факторов, способствующих формированию экологического сознания. Во-первых, важную роль играет возможность применения знаний на практике. Во-вторых, значительное влияние оказывает групповая работа, позволяющая обсуждать экологические проблемы и совместно искать решения. В-третьих, как показало исследование, непосредственный контакт с природными объектами существенно усиливает эмоциональную вовлеченность студентов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание теоретической подготовки с практической деятельностью создает оптимальные условия для развития экологического сознания.

Проведенное исследование подтвердило, что формирование экологического сознания — это важная составляющая профессиональной подготовки современного специалиста. Разработанные методики и рекомендации могут быть использованы для совершенствования образовательных программ в высшей школе. Дальнейшая работа в этом направлении будет способствовать подготовке нового поколения профессионалов, обладающих не только специальными знаниями, но и сформированной экологической культурой, что особенно важно в условиях современных глобальных вызовов.

Ключевые слова

Экологическое сознание, высшее образование, педагогические методы, практико-ориентированное обучение, активные методы обучения, экологическое воспитание, устойчивое развитие.

The formation of environmentally friendly consciousness among students through active teaching methods

Anastasia I. Khramova, Alexander S. Parsanov and Irina V. Krasina

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Principal contact

Anastasia I. Khramova, Assistant, Department of Technology of Chemical and Natural Fibres and Products, Kazan National Research Technological University; 68 Karl Marx St, Kazan, Russia 420015. Tel. +791969660662

Email im-yula@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0009-0008-7660-1167>

How to cite this article

Khramova A.I., Parsanov A.S., Krasina I.V. The formation of environmentally friendly consciousness among students through active teaching methods. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):115-121. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-10

Received 9 May 2025

Revised 14 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. Edification of pedagogical conditions, which will not only ensure the assimilation of environmental knowledge but also form stable value-based assets that motivate students to actively participate in solving environmental problems.

In the course of the study, an integrated approach was used, combining theoretical analysis and practical methods for studying the formation of environmental consciousness among students. The work was based on a deep analysis of scientific literature on pedagogy, environmental education and psychology. The main tool was a survey, which included several types of questions. An important component was the holding of competitions of environmental projects focused on the use of secondary raw materials of the textile industry.

A qualitative analysis of the data obtained revealed several key factors contributing to the formation of environmental consciousness. Firstly, an important role is played by the possibility of applying knowledge in practice. Secondly, group work has a significant impact that allows discussing environmental problems and looking for solutions together. Thirdly, as the study showed, direct contact with natural objects significantly enhances the emotional involvement of students. The results indicate that the combination of theoretical preparation with practical activities creates optimal conditions for the development of environmental consciousness.

The study confirmed that the formation of environmental consciousness is an important component of the professional training of a modern specialist. The methods and recommendations developed can be used to improve educational programs in higher education. Further work in this direction will contribute to the preparation of a new generation of professionals with not only special knowledge but also a formed environmental culture, which is especially important in the context of modern global challenges.

Key Words

Environmental consciousness, higher education, pedagogical methods, practice-oriented training, active teaching methods, environmental education, sustainable development.

ВВЕДЕНИЕ

Современные экологические вызовы, такие как изменение климата, загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов, требуют от общества осознанного и ответственного подхода к их решению. В этом контексте высшие учебные заведения играют ключевую роль, формируя у студентов не только профессиональные компетенции, но и экологическое сознание. Молодёжь, обладающая необходимыми знаниями и ценностными ориентирами, способна вносить значительный вклад в улучшение состояния окружающей среды. Поэтому экологическое образование становится неотъемлемой частью подготовки будущих специалистов.

Важно отметить, что экологическое образование не должно ограничиваться теоретическими знаниями. Практические занятия, участие в природоохранных проектах и экологических акциях позволяют студентам глубже понять взаимосвязь между своими действиями и состоянием окружающей среды. Например, разработка проектов по переработке отходов или внедрению энергосберегающих технологий помогает студентам осознать свою роль в решении глобальных проблем. Такие инициативы не только укрепляют теоретическую базу, но и формируют активную гражданскую позицию.

Кроме того, экологическое сознание способствует развитию нового типа ответственности, который выходит за рамки профессиональной деятельности. Выпускники вузов, обладающие экологической культурой, могут влиять на принятие решений в сфере экономики и политики, способствуя устойчивому развитию общества. Для этого учебные заведения должны создавать условия для взаимодействия студентов с экспертами, общественными организациями и экологическими движениями. Такое сотрудничество расширяет кругозор студентов и позволяет им применять свои знания на практике.

Таким образом, формирование экологического сознания у студентов — это не только ответ на актуальные экологические проблемы, но и важный этап подготовки специалистов, готовых к участию в создании устойчивого будущего. Интеграция теоретических и практических методов обучения, а также вовлечение студентов в реальные проекты, являются ключевыми факторами успеха в этом процессе.

Цели и задачи исследования

Настоящее исследование направлено на разработку и апробацию эффективных моделей и методов, способствующих формированию экологического сознания у студентов высших учебных заведений. Основная цель работы заключается в создании педагогических условий, которые не только обеспечивают усвоение экологических знаний, но и формируют устойчивые ценностные установки, мотивирующие студентов к активному участию в решении экологических проблем.

В рамках достижения поставленной цели выделен ряд конкретных задач. Первая задача включает анализ существующих образовательных программ и инициатив в области экологического воспитания в вузах. Это позволит выявить наиболее эффективные подходы, а также определить проблемы в современных методиках преподавания экологии. На

основе проведённого анализа будут сформулированы рекомендации по совершенствованию учебных программ.

Для оценки текущего уровня экологического сознания среди студентов было организовано социологическое исследование. В ходе работы применялись различные методы сбора данных, включая анкетирование, опросы и глубинные интервью. Такой многоаспектный подход позволил получить репрезентативные данные о восприятии экологических проблем современной молодёжью. Особое внимание уделялось выявлению степени осведомленности студентов о существующих экологических вызовах и их готовности к практическим действиям по охране окружающей среды. Собранные данные стали основой для разработки адресных образовательных стратегий, учитывающих специфику студенческой аудитории.

Экспериментальная часть исследования включала апробацию активных методов обучения. В учебный процесс были внедрены практико-ориентированные занятия, экологические акции и конкурсные проекты. Основное внимание уделялось изучению влияния непосредственного участия студентов в природоохранной деятельности на формирование их экологической культуры. Особый интерес представляла оценка готовности обучающихся применять полученные знания в реальных ситуациях, что является важным показателем эффективности образовательного процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования применялся комплексный подход, объединяющий теоретический анализ и практические методы изучения формирования экологического сознания у студентов. Теоретическая основа работы включала глубокий анализ научной литературы по педагогике, экологическому образованию и психологии. Были тщательно изучены труды ведущих специалистов в области экологической грамотности и методологии экологического воспитания [1]. Особое внимание уделялось исследованиям, посвященным взаимосвязи экологического сознания с патриотическим воспитанием и современными образовательными технологиями.

Эмпирическая часть исследования основывалась на сочетании различных методов сбора и анализа данных. Основным инструментом стало анкетирование, которое включало несколько типов вопросов. Первая группа вопросов была направлена на оценку уровня экологических знаний студентов. Вторая группа заданий позволяла определить степень сформированности экологических установок. Третья часть анкеты выявляла готовность студентов к практической природоохранной деятельности.

Для проверки эффективности различных педагогических подходов была специально разработана экспериментальная образовательная программа. Программа включала лекционные занятия с использованием современных мультимедийных технологий. В рамках семинаров применялись активные методы обучения, в частности дискуссионные формы работы. Особое место в программе занимали практические занятия с элементами проектной деятельности [2]. Важным компонентом стало проведение конкурса экологических проектов, сосредоточенных на использовании вторичного сырья текстильной отрасли.

При обработке полученных данных использовались различные статистические методы. Проводился сравнительный анализ результатов входного и итогового тестирования. Корреляционный анализ помог выявить взаимосвязи между различными показателями экологического сознания. Для обеспечения достоверности результатов применялись методы математической статистики.

В исследовательский процесс была включена экспертная оценка. К работе привлекались ведущие специалисты в области экологического образования, что обеспечило валидность применяемых методик. Эксперты участвовали в разработке инструментария исследования и интерпретации полученных данных.

Такой многоаспектный подход позволил получить всесторонние данные об уровне экологического сознания студентов. Сочетание теоретического анализа с практическими методами исследования обеспечило глубину изучения проблемы. Использование традиционных и инновационных педагогических методик дало возможность не только констатировать текущее состояние экологического образования, но и разработать практические рекомендации по его совершенствованию в высшей школе. Комплексный характер исследования обеспечил надежность полученных результатов и возможность их практического применения.

Практическое исследование

Для проведения исследования, охватывающего развитие экологического сознания у студентов высших учебных заведений, был выбран комплексный подход: оценка стартовой точки экологической грамотности и внедрение педагогических техник для ее роста. Это было разбито на 3 шага: настраивание исследования, внедрение учебной программы, промежуточное пересмотрение. В настройке научного подхода была проверена отправная точка экологического сознания студентов, через анкетирование и тестирование, включающие закрытые и открытые вопросы, направленные на определение:

- базового уровня информированности об экологических проблемах;
- личного отношения к проблемам охраны окружающей среды;
- готовности вовлекаться в «зеленые» мероприятия [3].

Первоначальная база опросов показала, что при всепроникающем знании проблемы многие студенты не видят связь между своими повседневными действиями и последующей судьбой нашей экосистемы.

В будущем пересмотре добавилась специализированная образовательная программа, сбитая на активные методы обучения. Программа объединила специфические методики, как групповое проектное обучение, командные проблемы и интерактивные дискуссии, позволяющие студентам не только получать теорию, но и закрепляющие практику. Занятия проводились в формате «экологических семинаров», где студенты могли свободно обмениваться мнениями; предлагать собственные решения экологических проблем и делиться опытом участия в природоохранных акциях [4].

Такой подход позволил создать продуктивную образовательную среду, способствующую активизации

познавательной деятельности студентов и формированию у них осознанного экологического поведения.

Практическая составляющая образовательной программы включала проведение творческого конкурса «Эко-ремейк». В условиях глобальных экологических вызовов важную роль играет формирование экологической культуры и сознания у молодежи, что способствует их более активному участию в решении проблем, связанных с охраной природы и устойчивым развитием. В связи с этим творческое экологическое движение и, в частности, инициативы, направленные на популяризацию экологического творчества, представляют собой важный инструмент для вовлечения студентов в экологически ориентированные проекты.

Конкурс «Эко-ремейк» являлся зеркалом такого подхода, способствуя развитию не только творческих способностей участников, но и формированию у них ответственного отношения к окружающей среде. В процессе работы над конкурсными проектами студенты имели возможность переосмыслить обычные вещи, сделать их функциональными при помощи переработанных материалов, таким образом, не только проявляя свою креативность, но и продвигая идеи устойчивого потребления. Актуальность данной темы обоснована не только экологическими аспектами, но и образовательными, что подчеркивает необходимость интеграции творческих подходов в учебный процесс как эффективного метода воспитания экологически сознательных граждан. В конкурсе приняли участие свыше ста студентов. Жюри тщательно оценивало представленные работы и выбрало лучшие из них. Участники продемонстрировали высокий уровень подготовки и творческий подход к выполнению заданий. Победители были определены на основании качества и оригинальности их работ (рис. 1).

Сравнительный анализ данных предварительного и итогового тестирования выявил значительную положительную динамику как в уровне экологических знаний, так и в сформированности экологических установок у участников эксперимента. Особенно показательным стало изменение поведенческих моделей студентов, выразившееся в повышении уровня экологической осознанности и готовности к практическому участию в природоохранных проектах. Результаты исследования убедительно демонстрируют, что сочетание традиционных образовательных методик с практико-ориентированными формами работы создает оптимальные условия для развития экологического сознания.

Важнейшим выводом проведенной работы стало подтверждение гипотезы о том, что устойчивое экологическое сознание формируется только при условии комплексного воздействия, включающего как теоретическую подготовку, так и непосредственное участие в природоохранной деятельности. Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего развития практических компонентов экологического образования, поскольку именно они обеспечивают перевод знаний в устойчивые поведенческие установки. Особое значение имеет создание образовательной среды, которая не только информирует студентов об экологических проблемах, но и предоставляет возможности для их практического решения.



Рисунок 1. Конкурсные работы студентов занявшие призовые места
Figure 1. Competition work of students who received prizes

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование позволило получить значимые данные, отражающие динамику формирования экологического сознания у студентов. На начальном этапе диагностика показала, что лишь треть опрошенных (30 %) демонстрировала высокий уровень экологической грамотности. Большинство студентов находилось на среднем уровне осведомленности, при этом только 25 % респондентов могли аргументированно отвечать на вопросы, касающиеся глобальных экологических проблем, таких как климатические изменения или загрязнение водных ресурсов.

После реализации образовательной программы, включавшей как теоретические модули, так и практические мероприятия, были зафиксированы существенные изменения. Повторное тестирование выявило, что количество студентов с высоким уровнем экологических знаний увеличилось до 60 %. Особенно заметный прогресс наблюдался в понимании взаимосвязи между повседневной деятельностью человека и состоянием окружающей среды.

Важным результатом стало изменение поведенческих установок участников исследования. Если на начальном этапе лишь 40 % студентов выражали готовность участвовать в природоохранных инициативах, то после завершения программы этот показатель вырос до 70 %. В качественных интервью многие респонденты отмечали, что практические занятия и проектная работа помогли им осознать личную ответственность за экологическую ситуацию.

Особого внимания заслуживают данные, касающиеся эффективности различных методов обучения. Студенты, участвовавшие в выездных мероприятиях и реальных экологических проектах, продемонстрировали более устойчивые изменения в поведении и мировоззрении по сравнению с теми, кто ограничился аудиторными занятиями [5]. Около 85 % участников практических мероприятий отметили, что такой опыт способствовал формированию устойчивой мотивации к экологически ответственному поведению.

Качественный анализ полученных данных выявил несколько ключевых факторов, способствующих формированию экологического сознания. Во-первых,

важную роль играет возможность применения знаний на практике. Во-вторых, значительное влияние оказывает групповая работа, позволяющая обсуждать экологические проблемы и совместно искать решения. В-третьих, как показало исследование, непосредственный контакт с природными объектами существенно усиливает эмоциональную вовлеченность студентов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание теоретической подготовки с практической деятельностью создает оптимальные условия для развития экологического сознания. При этом наиболее выраженный эффект наблюдается при использовании активных методов обучения, предполагающих личное участие студентов в решении экологических задач. Эти выводы имеют важное значение для совершенствования образовательных программ в высшей школе.

Полученные в ходе исследования данные позволяют сделать ряд важных выводов о процессе формирования экологического сознания у студентов. Анализ результатов показал четкую зависимость между используемыми педагогическими методами и уровнем экологической грамотности обучающихся. Наиболее эффективными оказались те подходы, которые сочетали теоретическую подготовку с практической деятельностью, что подтверждается значительным ростом показателей экологической осведомленности после реализации образовательной программы.

Интерактивные формы обучения продемонстрировали особую результативность в формировании экологических установок. Групповые проекты и дискуссии создавали условия для активного обмена мнениями, что способствовало более глубокому осмыслению экологических проблем. Примечательно, что студенты, участвовавшие в таких формах работы, не только лучше усваивали материал, но и проявляли большую готовность к практическим действиям по защите окружающей среды [6].

Практическая составляющая образовательного процесса оказала существенное влияние на формирование личной ответственности студентов. Участие в экологических акциях и выездных мероприятиях

позволило перевести абстрактные знания в плоскость конкретных действий.

Эмпирические данные наглядно демонстрируют эффективность практических занятий. Согласно результатам исследования, 85 % участников отметили существенные изменения в своем отношении к экологическим проблемам. У студентов сформировалась устойчивая мотивация к природоохранной деятельности, что подтверждает важность практико-ориентированного подхода в экологическом образовании. Эти результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего развития практических компонентов учебных программ.

Анализ хода эксперимента выявил определенные методические сложности. Разнородный уровень начальной экологической подготовки участников потребовал разработки дифференцированного подхода к обучению. Наблюдались случаи, когда некоторые студенты испытывали затруднения при работе в группах. Это указывает на важность тщательного формирования учебных коллективов с учетом индивидуальных особенностей и уровня подготовки каждого участника. Подобные наблюдения имеют значение для совершенствования методик групповой работы.

Особый научный интерес представляет вопрос устойчивости сформированных экологических установок. Для получения полной картины необходимы дальнейшие исследования, которые позволят оценить сохранность экологического сознания у выпускников с течением времени. Важно понять, как приобретенные в процессе обучения экологические ценности влияют на профессиональную деятельность бывших студентов. Эти данные будут иметь большое значение для совершенствования образовательных программ. Особого внимания заслуживает разработка механизмов интеграции экологического компонента в различные учебные дисциплины, что позволит усилить междисциплинарный характер экологического образования.

Полученные результаты подчеркивают необходимость постоянного обновления содержания экологического образования с учетом меняющейся экологической ситуации. Регулярное включение актуальных проблем в учебный процесс поможет поддерживать интерес студентов и обеспечит соответствие образовательных программ современным вызовам. Особую значимость приобретает подготовка преподавательского состава, способного эффективно использовать как традиционные, так и инновационные методы экологического воспитания.

Исследование подтвердило, что формирование экологического сознания – это сложный, многокомпонентный процесс, требующий системного подхода [7]. Наиболее перспективным направлением представляется дальнейшее развитие практико-ориентированных методов обучения, сочетающих образовательную деятельность с реальной природоохранной работой. Такие подходы не только повышают эффективность экологического образования, но и способствуют становлению активной гражданской позиции будущих специалистов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование формирования экологического сознания у студентов высших учебных

заведений позволило сделать ряд значимых выводов, имеющих практическую ценность для системы образования. Результаты работы убедительно доказали эффективность активных методов обучения в развитии экологической грамотности и ответственного отношения к окружающей среде. Особенно показательным стало увеличение числа студентов с высоким уровнем экологических знаний на 30 % после внедрения специальной образовательной программы.

Экспериментальные данные подтвердили особую важность практико-ориентированного подхода в экологическом образовании. Участие студентов в реальных природоохранных проектах и выездных мероприятиях не только улучшило усвоение теоретического материала, но и способствовало формированию устойчивой мотивации к экологически ответственному поведению. Это проявилось в том, что 85 % участников программы выразили готовность продолжать заниматься экологической деятельностью после окончания обучения.

Исследование выявило необходимость комплексного подхода к экологическому образованию, сочетающего несколько ключевых элементов. Теоретическая подготовка должна дополняться практическими занятиями, проектными работами и возможностями для самостоятельной исследовательской деятельности. При этом особое значение приобретает создание условий для обсуждения экологических проблем и совместного поиска решений, что способствует развитию критического мышления у студентов.

Полученные результаты указывают на важность дальнейшего совершенствования методик экологического образования. Необходимо разрабатывать дифференцированные программы, учитывающие особенности различных студенческих групп и специальностей. Требуется постоянное обновление содержания курсов с учетом актуальных экологических вызовов и достижений в области природоохранных технологий.

Особую значимость имеет подготовка преподавательского состава, способного эффективно использовать современные образовательные технологии. Организация регулярных курсов повышения квалификации и обмена опытом между вузами будет способствовать распространению лучших практик экологического образования.

Проведенное исследование подтвердило, что формирование экологического сознания – это важная составляющая профессиональной подготовки современного специалиста. Разработанные методики и рекомендации могут быть использованы для совершенствования образовательных программ в высшей школе. Дальнейшая работа в этом направлении будет способствовать подготовке нового поколения профессионалов, обладающих не только специальными знаниями, но и сформированной экологической культурой, что особенно важно в условиях современных глобальных вызовов.

Реализация предложенных подходов требует системной работы на институциональном уровне, включая развитие материально-технической базы, укрепление междисциплинарных связей и расширение сотрудничества с экологическими организациями. Только комплексное решение этих задач позволит обеспечить устойчивый эффект в формировании

экологического сознания у студентов и их готовности к практической деятельности по охране окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ниязова А.А. Непрерывное социально-экономическое образование : учебно-методическое пособие. Сургут : СурГПУ, 2021. 138 с.
2. Астраханцева И.В. Профессионально-педагогическое экологическое воспитание будущего учителя : учебное пособие. Ульяновск : УлГПУ им. И.Н. Ульянова, 2018. 143 с.
3. Вершинина С.В., Корякина Е.А., Чумлякова К.С., Чумлякова Д.В. Социальная ответственность бизнеса: учебное пособие. Тюмень : ТИУ, 2015. 154 с.
4. Соловьева В.В. Современные экологические проблемы : курс лекций для обучающихся по направлению подготовки Экология и природопользование (профиль «Экология») : учебное пособие. Самара : СГСПУ, 2022. 238 с.
5. Фирсов А.И. Экологические проблемы техносферы : учебно-методическое пособие. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024. 94 с.
6. Матвеева В.Е. Политика природопользования в Российской Федерации : учебное пособие. Кемерово : КемГУ, 2019. 98 с.
7. Формирование и развитие экологического сознания личности : монография / Журавлева Л. П., Архипова Т. Н., Басманова Н. И. и др. ; составители Н. И. Басманов, Н. Л. Захарова. Москва : Научный консультант, 2019. 208 с.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Анастасия И. Храмова, Ирина В. Красина разработали и провели конкурс среди студентов. Анастасия И. Храмова, Ирина В. Красина и Александр С. Парсанов проанализировали данные, написали рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Niyazova A.A. *Nepreryvnoe sotsial'no-ehkonomicheskoe obrazovanie* [Continuous socio-economic education]. Surgut, SurgPU Publ., 2021, 138 p. (In Russian)
2. Astrakhantseva I.V. *Professional'no-pedagogicheskoe ehkologicheskoe vospitanie budushchego uchitelya* [Professional-pedagogical environmental education of the future teacher]. Ulyanovsk, UIGPU named after I.N. Ulyanova Publ., 2018, 143 p. (In Russian)
3. Vershinina S.V., Koryakina E.A., Chumlyakova K. S., Chumlyakova D.V. *Sotsial'naya otvetstvennost' biznesa* [Social responsibility of business]. Tyumen, TIU Publ., 2015, 154 p. (In Russian)
4. Solovyova V.V. *Sovremennye ehkologicheskie problemy : kurs lektzii dlya obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki Ehkologiya i prirodopol'zovanie (profil' «Ehkologiya»)* [Modern environmental problems: a course of lectures for students in the direction of preparation of ecology and nature management (profile "Ecology")]. Samara, SGSPU Publ., 2022, 238 p. (In Russian)
5. Firsov A.I. *Ehkologicheskie problemy tekhnosfery* [Environmental problems of the technosphere: educational and methodological manual]. Nizhny Novgorod, NNGASU Publ., 2024, 94 p. (In Russian)
6. Matveeva V.E. *Politika prirodopol'zovaniya v Rossiiskoi Federatsii* [Policy of nature management in the Russian Federation]. Kemerovo, KemSU Publ., 2019, 98 p. (In Russian)
7. Zhuravleva L.P., Arkhipova T.N., Basmanova N.I. et al. *Formirovanie i razvitie ehkologicheskogo soznaniya lichnosti* [The formation and development of the environmental consciousness of the personality]. Moscow, Scientific consultant Publ., 2019, 208 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Anastasia I. Khramova and Irina V. Krasina developed and held a competition among students. Anastasia I. Khramova, Irina V. Krasina and Alexander S. Parsanov analysed the data and wrote the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Анастасия И. Храмова / Anastasia I. Khramova <https://orcid.org/0009-0008-7660-1167>
Александр С. Парсанов / Alexander S. Parsanov <https://orcid.org/0000-0002-9573-1521>
Ирина В. Красина / Irina V. Krasina <https://orcid.org/0000-0001-9448-121X>

Оригинальная статья / Original article
УДК 634.8:631.5
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-11



Регенерационная и фотосинтетическая активность сортов винограда при засолении среды

Калимат К. Мамедова¹, Елена В. Власова², Зарина М. Алиева¹

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Мамедова К.К., старший преподаватель
биологического факультета ДГУ; 367000 Россия,
г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 43А.
Тел. +79665000320
Email kalimat.mamedova@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5591-5529>

Формат цитирования

Мамедова К.К., Власова Е.В., Алиева З.М.
Регенерационная и фотосинтетическая
активность сортов винограда при засолении
среды // Юг России: экология, развитие. 2025.
Т. 20, N 3. С. 122-132. DOI: 10.18470/1992-1098-
2025-3-11

Получена 15 апреля 2025 г.

Прошла рецензирование 20 июня 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: изучение стрессоустойчивости сортов винограда путем оценки их ростовых параметров, пигментного состава и фотосинтетической активности в условиях NaCl засоления.

Проведено измерение ростовых и регенерационных показателей у черенков сортов винограда в условиях солевого стресса, определение содержания фотосинтетических пигментов методом спектрофотометрии, измерение флуоресценции РАМ-флуорометрией.

Наиболее высокими ростовыми и регенерационными показателями черенков в условиях солевого стресса (100 мМ NaCl) характеризовался сорт Августин. Максимальное содержание суммы хлорофиллов а и b отмечено у сортов Агадаи и Молдова. Исследования флуоресцентных параметров позволили оценить чувствительность фотосинтетического аппарата (ФСА) к действию стрессовых факторов. Наблюдаемая интенсификация фотохимического выхода фотосистемы 2 (ФС2) указывает на эффективную работу защитных механизмов, реализация которых приводит к устойчивости при засолении. Высокие показатели интенсивности фотосинтеза ($\dot{Y}$ (II)) коррелировали со скоростью переноса электронов по электронно-транспортной цепи. У сорта Августин относительная скорость электронного транспорта опытных и контрольных образцов совпадали, у сорта Ркацители опытные превышали контрольные значения на 30 %, у сортов Агадаи и Молдова уступали им.

В целом изменения в содержании фотосинтетических пигментов, эффективности работы фотосинтетического аппарата и продуктивности свидетельствуют об устойчивости изучаемых сортов к условиям засоления.

Ключевые слова

Засоление, виноград, фотосинтез, пигменты, флуоресценция.

Regenerative and photosynthetic activity of grape varieties during salinisation of medium

Kalimat K. Mamedova¹, Elena V. Vlasova² and Zarina M. Alieva¹

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Caspian Institute of Biological Resources, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Kalimat K. Mamedova, Chief Lecturer, Faculty of Biology, Dagestan State University; 43A M. Gadzhieva St., Makhachkala, Russia 367000. Tel. +79665000320

Email kalimat.mamedova@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5591-5529>

How to cite this article

Mamedova K.K., Vlasova E.V., Alieva Z.M. Regenerative and photosynthetic activity of grape varieties during salinisation of medium. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):122-132. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-11

Received 15 April 2025

Revised 20 June 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. To study the stress resistance of grape varieties by evaluating their growth parameters, pigment composition and photosynthetic activity under conditions of NaCl salinity.

Measurement of growth and regeneration parameters in grape cuttings under salt stress, determination of photosynthetic pigment content by spectrophotometry and measurement of fluorescence by PAM – fluorometry.

The Augustine variety was characterized by the highest growth and regeneration rates of cuttings under salt stress (100 mM NaCl). The maximum amount of chlorophylls a and b was found in Agadai and Moldova varieties. Studies of the fluorescent parameters made it possible to assess the sensitivity of the photosynthetic apparatus (PSA) to the effects of stress factors. The intensification of the photochemical output of photosystem 2 (FS2) observed, indicates the effective operation of protective mechanisms and the implementation of which leads to stability during salinity. High rates of photosynthesis intensity (Y (II)) correlated with the rate of electron transfer along the electron transport chain. In the Augustine variety, the relative speed of electronic transport of the experimental and control samples coincided, in the Rkatsiteli variety they exceeded the control values by 30% and in the Agadai and Moldova varieties they were inferior to them.

Overall, changes in the content of photosynthetic pigments and the efficiency of the work of the photosynthetic apparatus and productivity indicate the resistance of the studied varieties to salinisation conditions.

Key Words

Salinisation, grapes, photosynthesis, pigments, fluorescence.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенное засоление – один из наиболее распространённых стрессовых факторов, существенно влияющих на метаболизм и жизненный цикл растений [1]. Особенно остро эта проблема стоит для культурных растений, подавляющее большинство из которых являются гликофитами [2]. Для многих из них регионы возделывания приходится на засоленные территории. Явные признаки засоления отмечены на низменности Дагестана на площади 2128,0 тыс. га, только 320 тыс. га представлены незасоленными почвами и заняты они под высеv бахчевых [3; 4]. В связи с этим привлекает внимание виноград – одна из относительно солеустойчивых культур, имеющих важное значение для экономики страны в целом и для республики Дагестан, в частности. Большинство исследователей виноград признан среднесолеустойчивой культурой [5; 6]. При этом виноградарству, как отрасли сельского хозяйства, угрожает и обострение проблемы вторичного засоления. Показано, что виноградное растение погибает при содержании в почве 0,1 % NaCl [7–9]. Реакция на засоление у виноградного растения имеет явно выраженную сортовую специфику. В связи с этим возникает необходимость отбора солеустойчивых сортов винограда.

Засоление приводит к заметным морфофизиологическим и биохимическим изменениям в тканях растений. Так, интегральным показателем, отражающим состояние черенков в условиях стрессовых воздействий, является рост вегетативных органов растений [10]. Привлекает интерес и анализ регенерационных процессов на засолении [11; 12]. Среди биохимических маркеров устойчивости выделяют содержание пролина, ПОЛ [13]. Для мониторинга устойчивости и адаптивных реакций растения актуально изучение содержания фотосинтетических пигментов [14]. Одним из общепринятых индикаторов состояния растений служит оценка изменений эффективности первичных процессов фотосинтеза. Значение этого показателя определяется как важностью фотосинтетической функции в жизни растения, так и высокой чувствительностью фотосинтетического аппарата (ФСА) к повреждающим воздействиям. Измерение и анализ флуоресцентных параметров растений позволяют диагностировать физиологическое состояние растения, проследить изменения на различных участках ФСА в процессе адаптации к абиотическим факторам, а также оценивать потенциальные возможности растения [15].

В работе проведена сравнительная оценка реакции на солевой стресс четырех сортов винограда (Августин, Агадаи, Молдова, Ркацители) путем оценки ростовых и регенерационных показателей (образование и рост побегов и корней), содержания пигментов фотосинтеза и параметров флуоресценции хлорофилла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ морфофизиологических показателей. В опытах использованы 2–3 глазковые черенки винограда (*Vitis vinifera*) сортов Августин, Агадаи, Ркацители, Молдова, которые культивировали в условиях водной культуры. Условия засоления моделировали путем 24-часовой экспозиции черенков в 100 мМ растворе NaCl. Контролем служило постоянное культивирование

в воде. Морфофизиологическое состояние черенков оценивали по показателям активности корнеобразования и побегообразования, которые определяли как число черенков, сформировавших корни или побеги, выраженное в процентах от общего числа черенков в варианте, а также размерам корней и побегов определяемые линейными изменениями ростовых параметров на каждые 5 суток.

Определение фотосинтетических пигментов

Экстракцию пигментов проводили в закрытых пробирках в 96 % ацетоне. Гомогенизированную смесь разделяли центрифугированием при 3000 об/мин в течение 10 минут. Аналитическое определение проводили с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-1800 при длинах волн $\lambda=661,6$, (644,8) нм для хлорофилла *a* (*b*) и $\lambda=470$ нм для общего каротина. Содержание рассчитывали по методике Lichtenthaler [16] для ацетона (96 %) и выражали в мг/г сырой массы листьев. Дополнительно рассчитывали отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам ($Xл(a+b)/Кар.$) Долю хлорофиллов в составе светособирающего комплекса (ССК) рассчитывали согласно Lichtenthaler [16] (исходя из того, что весь $Xл b$ находится в ССК, а отношение $Xл a/Xл b$ в этом комплексе составляет 1.2): $(C_{Xлb} + 1,2C_{Xлa})/(C_{Xлa} + C_{Xлb})$.

PAM-флуориметрия

Измерения флуоресцентных показателей проводили в 8-ми биологических повторностях на сформированных листьях растений импульсным флуориметром MINI-PAM (Walz, Германия). В образцах регистрировали фоновую (F_0'), максимальную (F_m') флуоресценцию (зондирующие импульсы возбуждающего света интенсивностью $0,15 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ ФАР, длительностью 3 мкс и модуляционной частотой 600 Гц, галогеновый светодиод H-3000 Stanley, $\lambda=650$ нм), максимальный ($F_v/F_m = F_m - F_0$) и эффективный ($Y(II) = (F_m' - F_0')/F_m'$) фотохимический выход ФС2. Вариабельная флуоресценция ($F_v = F_m - F_0$); NPQ – нефотохимическое тушение флуоресценции [17] рассчитывалась как нормализованный коэффициент тушения по Штерну-Фольмеру ($NPQ = (F_m/F_0') - 1$; относительную скорость нециклического электронного транспорта ($ETR = ФАР \cdot ETR \text{ Factor} \cdot Y(II) \cdot 0,5$) измеряли от $0-820 \text{ мкмоль } e^- \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}$ при восьми заданных интенсивностях света ($0,65, 90, 125, 190, 285, 420, 625$ и $820 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$), где ФАР – квантовая плотность потока фотосинтетически активного излучения, ($\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$). Долю тепловой диссипации в реализации поглощенной световой энергии рассчитывали по формуле $D = 1 - F_v'/F_m'$ [18]. Коэффициент фотохимического тушения флуоресценции, $qP = (F_m' - F_0')/(F_m' - F_0)$. Дополнительные квантовые выходы [19]: $Y(NO)$ – квантовый выход нерегулируемых нефотохимических потерь энергии в ФС2, $Y(NPQ)$ – квантовый выход регулируемых нефотохимических потерь энергии в ФС2.

Перед измерением индукционных кривых листовые пластинки были адаптированы к темноте в течение 30 мин. Измерения световых зависимостей проводились при последовательном увеличении интенсивности ($0, 25, 45, 65, 90, 125, 190, 285, 420, 625, 820, 1150$ и $1500 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$). На основании полученных световых кривых оценивали

дополнительные фотосинтетические параметры: (α) – начальный наклон световой кривой, отражает эффективность использования световой энергии, (ETRmax) – максимальную относительную скорость электронов по электрон-транспортной цепи, ($I_k = \text{ETRm}/\alpha$) минимальную насыщающую интенсивность света; β – параметр ингибирования (I_b) – «индекс фотоингибирования» ($I_b = \text{ETRmPot}/\beta$) [20]. Обозначения и описание фотосинтетических параметров представлены в соответствии с общепринятой номенклатурой [21].

Статистическая обработка результатов

Данные обрабатывали с использованием пакетов прикладных программ Statistica 8.0 (StatSoft, Inc., США) и SPSS Statistics 22 (IBM, США). Нормальность распределения определяли критерием Шапиро-Уилка. Для множественных сравнений независимых групп использовали дисперсионный анализ ANOVA и критерий Фишера (F-test), различия считали достоверными при значениях $p < 0,05$. При обнаружении статистически значимых различий между

группами проводили апостериорные сравнения с помощью критерия Стьюдента.

Исследования проводили на базе лаборатории физиологии и биотехнологии растений им. проф. А.Г. Юсупова биологического факультета ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет».

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые сорта винограда отличались по характеру морфологических изменений у черенков в условиях засоления. Солевой стресс в меньшей степени подавлял развитие побегов у черенков, чем корней (табл. 1) Так, показатель побегообразования у черенков на засолении варьировал по сортам от 84 до 100 % к контролю. Образование же корней снижалось у черенков сортов Августин, Агадаи, Ркацители до уровня 50–56 %, а сорта Молдова – 40 % к контролю. Показатели роста новообразованных побегов на засолении снижались до уровня 39 % к контролю у сорта Агадаи, 56 % – сорта Молдова и 67 % – сорта Ркацители. У сорта Августин они оставались на уровне контрольных значений. В большей степени на засолении снижались размеры корней.

Таблица 1. Состояние жизнеспособности черенков у сортов в контроле (К) и при импульсном засолении NaCl (100мМ) на 35 сутки культивирования

Table 1. State of viability of cuttings in varieties in control (K) and with pulsed salinity of NaCl (100mM) on the 35th day of cultivation

Варианты опыта Variants experience	Образование, % Formation, %				Рост, см Growth, cm			
	Побегов shoot	% к % k	Корней roots	% к % k	Побегов shoot	% к % k	Корней roots	% к % k
Августин / Augustine								
K	100	100	100	100	90±0,9	100	5,5±0,4	100
NaCl	100	100	50	50	9,9±0,9	110	2,3±0,3	42
Ркацители / Rkatsiteli								
K	90	100	80	100	9,5±1,0	100	4,7±0,3	100
NaCl	80	89	40	50	6,4±0,6	67	2,7±0,1	57
Агадаи / Agadai								
K	95	100	90	100	11,0±1,3	100	7,1±1,3	100
NaCl	80	84	50	56	4,6±1,1	39	3,4±1,2	48
Молдова / Moldova								
K	100	100	75	100	13,5±1,0	100	4,5±0,8	100
NaCl	100	100	30	40	9,0±0,3	56	2,3±0,2	51

Содержание зеленых пигментов в листьях черенков винограда как в контроле, так и в условиях засоления, имело сортовую специфику (табл. 2). Максимальное содержание пигментов в контрольном варианте наблюдалось у сорта Ркацители – 2,21 мг/г сырого веса, минимальное у сорта Агадаи – 0,99 мг/г. В условиях модельного засоления у сорта Ркацители уровень хлорофилла *a* незначительно отличался от контроля (94 %), несколько уступал ему сорт Августин с показателем (89 %), содержание же хлорофилла *a* в листьях новообразованных побегов у черенков сортов Молдова (120 %) и Агадаи (131 %) повышалось по сравнению с контролем.

Содержание хлорофилла *b* у всех сортов на засолении повышалось по сравнению с контрольными значениями. Наибольшие значения содержания хлорофилла *b* наблюдались также у сортов Агадаи (260 %) и Молдова (177 %). У сортов Ркацители и

Августин этот показатель незначительно отличался от контроля, составив 108 % и 122 % соответственно.

Максимальное значение суммы пигментов относительно контроля отмечено у сорта Агадаи, у которого оно составило 1,62 мг, что на 64 % выше контроля. У сорта Молдовы содержание пигментов составило 1,99 мг (на 34 % выше контроля). Достоверных различий по содержанию суммы пигментов относительно контроля у сортов Ркацители и Августин не наблюдалось.

Содержание каротиноидов у всех сортов при воздействии NaCl в концентрации 100 мМ сохранялись на уровне контрольных значений.

Одним из общепринятых индикаторов состояния растений служит оценка изменений эффективности первичных процессов фотосинтеза. Значение этого показателя определяется как важностью фотосинтетической функции в жизни растения, так и высокой чувствительностью

фотосинтетического аппарата (ФСА) к повреждающим воздействиям. Измерение и анализ флуоресцентных параметров растений позволяет диагностировать физиологическое состояние растения, проследить

изменения на различных участках ФСА в процессе адаптации к абиотическим факторам, а также оценить потенциальные возможности растения [15].

Таблица 2. Влияние хлоридного засоления (100 мМ) на уровень фотосинтетических пигментов

Table 2. Effect of chloride salinity (100 мМ) on the level of photosynthetic pigments

Показатели Варианты Experimental Variants	Содержание пигментов, мг/г сырого веса Pigment content, mg/g of raw weight							
	Chl <i>a</i>		Chl <i>b</i>		ССК светособирающий хлорофилл (a + b) light-harvesting chlorophyll		Car	
	% к % к	% к % к	% к % к	% к % к	% к % к	% к % к	% к % к	% к % к
Молдова / Moldova								
К	1,09±0,05	100	0,39±0,02	100	(0,58) 1,48±0,07	100	0,21±0,04	100
NaCl	1,31±0,08	120	0,69±0,01*	177	(0,76) 1,99±0,08	134	0,19±0,02	90
Агадаи / Agadai								
К	0,74±0,04	100	0,25±0,02	100	(0,56) 0,99±0,06	100	0,15±0,01	100
NaCl	0,97±0,12	131	0,65±0,07*	260	(0,88) 1,62±0,18	164	0,14±0,03	93
Августин / Augustine								
К	1,51±0,24	100	0,58±0,11	100	(0,61) 2,09±0,35	100	0,27±0,03	100
NaCl	1,34±0,16	89	0,71±0,02	122	(0,76) 2,05±0,17	98	0,24±0,05	89
Ркацители / Rkatsiteli								
К	1,58±0,17	100	0,63±0,86	100	(0,63) 2,21±0,25	100	0,26±0,04	100
NaCl	1,48±0,04	94	0,68±0,01	108	(0,69) 2,16±0,05	98	0,25±0,01	96

Примечание: (*) Контрольные значения приведены на 28 сутки опыта, опытные – на 35-е в связи с задержкой роста побегов

Note: (*) Control values were recorded on day 28 of the experiment, while experimental values were obtained on day 35 due to a delay in shoot growth

Нами были проведены исследования флуоресцентных параметров 4 сортов винограда на свето-адаптированных листьях в естественных условиях. На рис. 1а представлены стартовые значения квантовых выходов F_0' , F_m' . Видно, что фоновая флуоресценция в контрольных вариантах у всех сортов практически одинакова и варьирует незначительно в пределах от 37 (Августин) до 44 (Молдова). Разброс значений энергетических потерь в виде F_m' у сортов различен: наименьшие потери у сорта Августин, затем Ркацители, Агадаи и наибольшие – у сорта Молдова. На рис. 1б указаны квантовые выходы вариабельной флуоресценции (F_v), которая представляет собой разницу между величинами флуоресценции хлорофилла F_m' и F_0' , высокие показатели у сорта Молдова связаны с увеличением F_m' . Эффективность преобразования поглощенного света в фотохимию ($Y(II)$) у всех сортов не высока и отличается незначительно (рис. 1б).

При моделировании условий засоления (рис. 2а) квантовые выходы фоновой и максимальной флуоресценции изменяются у всех сортов в разной степени: у сорта Агадаи повышается F_0' на 21,4 %, F_m' на 10,2 %, у Ркацители F_0' снижен относительно контроля на 8,1 %, F_m' увеличивается на 9,8 %, у Молдовы F_0' не меняется, но F_m' повышается на 11,5 %

и у Августина на фоне небольшого подъема F_0' на 8,1 % повышение F_m' весьма значительно – 40,6 %. В условиях солевого стресса эффективность фотосинтеза ($Y(II)$) у опытных образцов по сравнению с контрольными растениями также увеличивается: у сорта Августин на 16,9 %, Ркацители – 13,5 %, Агадаи – 11,4 % и Молдова – 6,3 % (рис. 2б). Обычно солевой стресс ведет к снижению эффективности работы ФСА, полученные данные по интенсификации $Y(II)$ указывают на эффективную работу защитных механизмов, реализация которых приводит к устойчивости при засолении.

Показатели молекулярных процессов диссипации энергии, идущих *in vivo*, измеряемых по кинетическим световым кривым (рис. 3), таких как фотосинтеза (Y) и относительная скорость электронов по электронно-транспортной цепи (ETR) и в контрольных вариантах варьируют в пределах нормы. Анализ дозозависимых световых кривых показал, что эффективность преобразования световой энергии в химическую в ФС2 ($Y(II)$) у всех представленных сортов, выросших на хлоридной среде (при солевом стрессе) выше контрольных (рис. 3б). С увеличением интенсивности светового потока эффективность фотосинтеза и коэффициенты фотохимического тушения флуоресценции (qP) снижаются (рис. 3а), доля

открытых реактационных центров (qL) ФС2 составила: 36 % у сорта Молдова, у сорта Августин – 27 %, Агадаи – 39 %, Ркацители – 32 %. Высокие показатели $Y(II)$ коррелировали со скоростью переноса электронов по электронно-транспортной цепи (ETR) (рис. 36). Если у сорта Августин относительная скорость

электронного транспорта у опытных и контрольных образцов совпадала, то у сортов Агадаи и Молдова у опытных она была ниже, чем у контрольных, а у сорта Ркацители отмечена обратная корреляция – у опытных на 30 % выше контрольных.

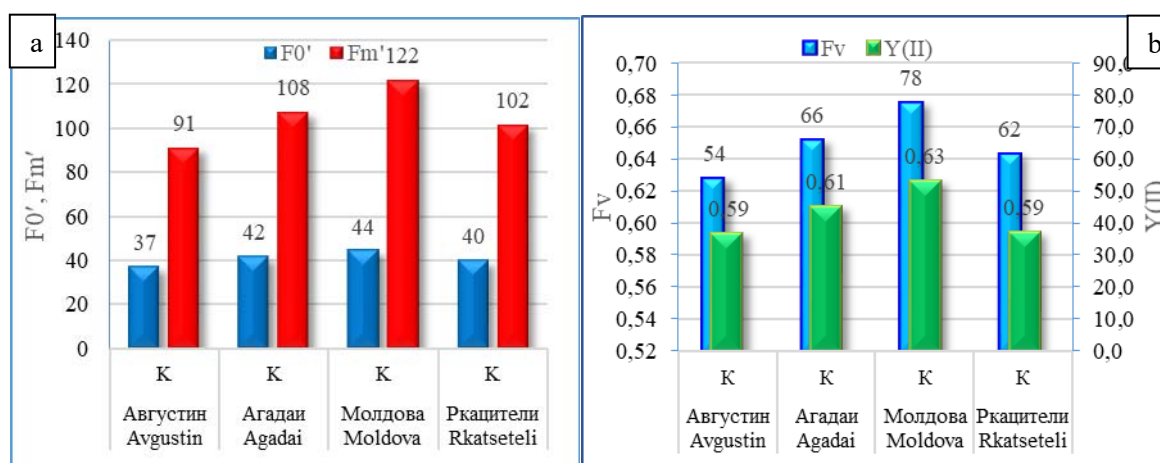


Рисунок 1. Стартовые значения квантовых выходов флуоресценций свето-адаптированных листьев исследуемых сортов: а – фоновая (F_0'), максимальная (F_m'); б – варибельная (F_v') флуоресценция и эффективности фотосинтеза ($Y(II)$) в контроле

Figure 1. Starting values of fluorescence quantum yields of light-adapted leaves in the control: а – background (F_0'), maximum (F_m'); б – variable (F_v') fluorescence, photosynthetic efficiency ($Y(II)$) Y-axis, intensity (rel. units)

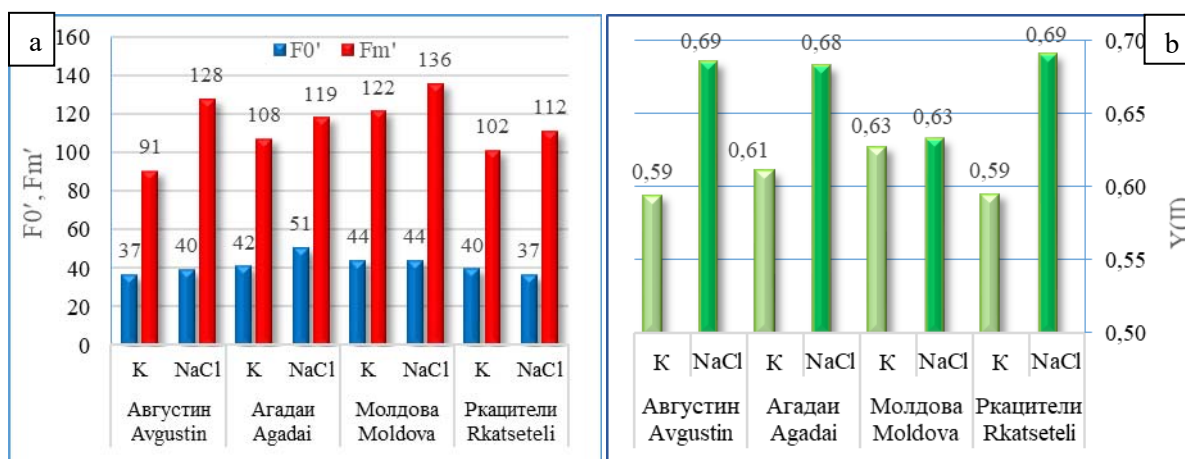


Рисунок 2. Стартовые значения квантовых выходов флуоресценций свето-адаптированных листьев исследуемых сортов: а – фоновая (F_0'), максимальная (F_m') в норме (К) и при солевом стрессе (NaCl); б – эффективность фотосинтеза ($Y(II)$) в норме (К) и при солевом стрессе (NaCl)

По вертикальной оси – интенсивность флуоресценции в относительных единицах

Figure 2. Starting values of quantum yields of fluorescence of light-adapted leaves of the varieties studied under normal conditions (K) and salt stress (NaCl): а – background (F_0'), maximum (F_m'); б – photosynthetic efficiency ($Y(II)$). Y-axis, intensity (rel. units)

Для оценки потенциальных возможностей испытываемых сортов измеряли фотосинтетические параметры при 30 минутной темновой адаптации растений. При засолении у листьев черенков всех представленных сортов показатели F и F_m повышаются по отношению к контролю, причем максимальная флуоресценция у сорта Августин возросла на 59 %, Молдова – 37 %, Ркацители – 13 %, Агадаи – 4 %. Как видно на рис. 4а самые высокие значения F_m у сорта Ркацители, низкие – у сорта Молдова, хотя показатели фоновой флуоресценции при солевом стрессе превышают контрольные на 34 %. У фотосинтезирующих

организмов поглощенная световая энергия реализуется по трем конкурентным направлениям: 1 – фотохимическое тушение с образованием органических веществ, 2 – нефотохимическое тушение или тепловая диссипация и 3 – флуоресценция. Поскольку они все являются конкурентными, соответственно, изменение эффективности одного из них ведет к противоположно направленному изменению двух других.

Определение компонентов нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла *a* проводят путём анализа кинетики релаксации максимального уровня

флуоресценции (Fm). На рис. 46 представлены дозозависимые параметры конкурентных с флуоресценцией процессов – Fv /Fm и NPQ. Нужно отметить, что значения Fv /Fm у всех сортов снижены относительно контрольных на 15–17 %. По максимальной эффективности фотосинтеза наибольшие показатели у сорта Агадаи, у всех сортов Fv /Fm проявляет тенденцию к снижению. Относительная скорость электронного транспорта у сортов Агадаи и Ркацители ниже контрольной, у сорта Августин – на

уровне контрольных значений. На фоне самых высоких показателей скорости транспорта возбужденных электронов (ETR) и тепловой диссипации, у сорта Молдова относительно низкий показатель Fv /Fm. Несмотря на то, что преобладающее количество энергии теряется в виде флуоресценции, растение, тем не менее, пытается обеспечить себя органическими веществами, поддерживая фотосинтез на необходимом уровне.

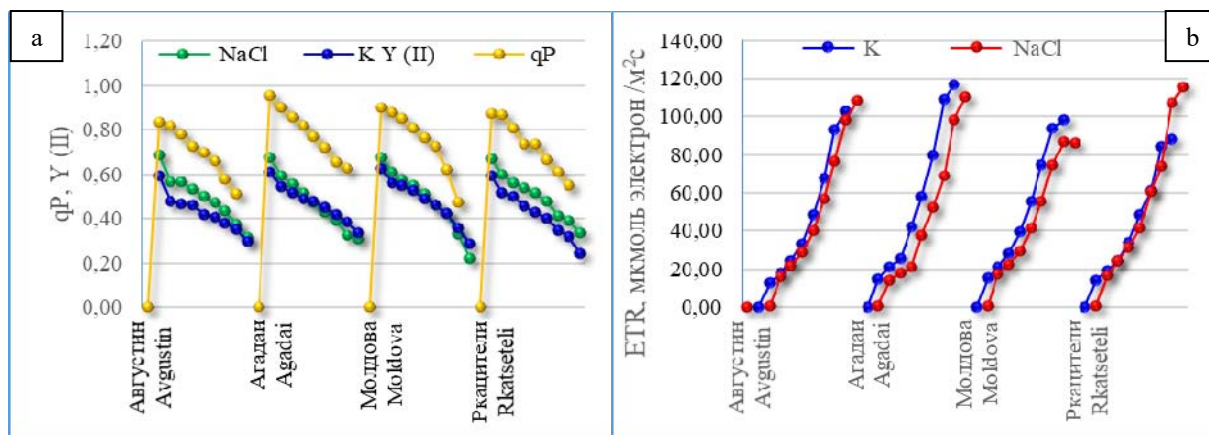


Рисунок 3. Быстрые световые кривые свето-адаптированных образцов в норме и при солевом стрессе:

а – дозозависимые кривые эффективности фотосинтеза (Y(II)) и фотохимического тушения (qP);

б – относительная скорость электронного транспорта (ETR)

Figure 3. Light curves of light-adapted samples under normal conditions and salt stress:

а – dose-dependent curves of the efficiency of photosynthesis (Y(II), rel. units) and photochemical

quenching (qP, rel. units); б – relative electron transport rate (ETR, $\mu\text{mol electrons/m}^2\text{s}$)

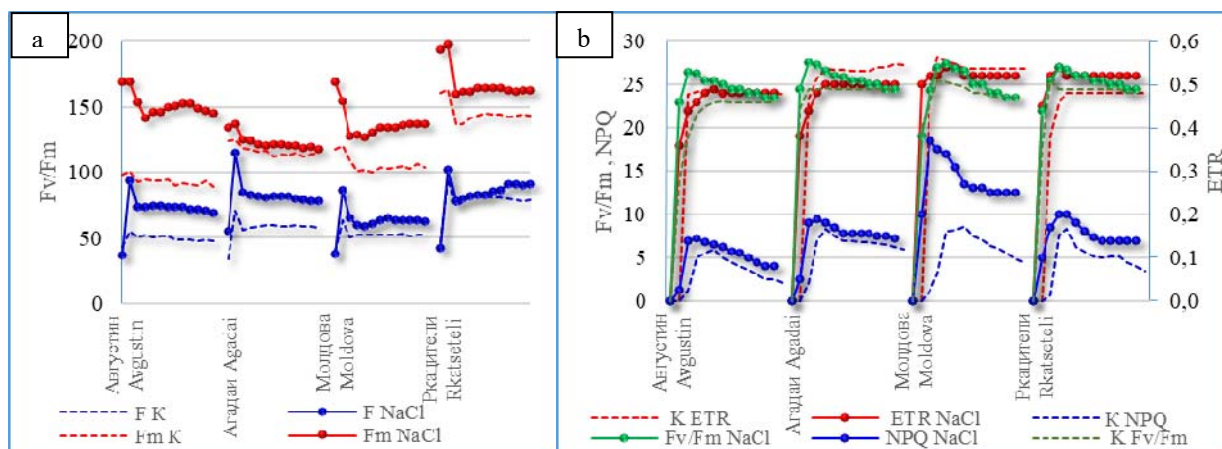


Рисунок 4. Дозозависимые световые кривые темно-адаптированных образцов в норме (К – прерывистые линии) и при солевом стрессе (NaCl): а – фоновая (F) и максимальная (Fm) флуоресценции, относительная скорость электронов по ETR ($\mu\text{кмоль/м}^2\text{с}$); б – нехимическое фототушение (NPQ), максимальная эффективности фотосинтеза (Fv /Fm). По оси ординат – интенсивность, отн. ед.

Figure 4. Dose-dependent light curves of dark-adapted samples under normal conditions (K – dashed lines)

and salt stress (NaCl): а – background (F) and maximum (Fm) fluorescence. Y-axis, intensity (rel. units);

б – nonchemical photoquenching (NPQ), maximum efficiency of photosynthesis (Fv /Fm) – Y-axis, intensity (rel. units); relative electron transport rate (ETR, $\mu\text{mol electrons/m}^2\text{s}$)

Дополнительные параметры, рассчитанные по основным параметрам флуоресценции, показывают дальнейшее распределение поглощенной энергии возбуждения в ФС2 по трем направлениям – Y(II) фотохимическая конверсия, регулируемые (Y(NPQ)) и нерегулируемые (Y(NO)) потери [19]. По нашим данным, у всех исследованных сортов преобладают регулируемые потери: у сорта Августин Y(NPQ) ~41,2 %, Агадаи ~43,1 %, Молдова ~34,3 % и Ркацители ~46,4 %.

Процентное соотношение по нерегулируемым потерям (Y(NO)): Августин ~7,1 %, Агадаи ~6,3 %, Молдова ~9,1 % и Ркацители ~4,4 %. Преобладание регулируемых потерь Y(NPQ) свидетельствует о хорошей регуляции потоков избыточной энергии возбуждения (за счет работы DrH и зеаксантин-зависимых фотопротекторных механизмов), которая безопасно рассеивается на уровне антенны. Субоптимальная мощность фотозащитных реакций

$Y(NPQ)/Y(NO)$ [22] для Августина = 5,8; Агадаи ~6,8; Молдова ~3,7 и Ркацители ~10,5 %.

Дополнительные фотосинтетические параметры, рассчитанные по результатам аппроксимации световых кривых [19], представлены в таблице 3.

Таблица 3. Дополнительные фотосинтетические параметры исследуемых сортов винограда в контроле (К) и при импульсном засолении NaCl (100мМ)

Table 3. Additional photosynthetic parameters of the grape varieties studied in control (K) and with pulsed NaCl salinity (100mM)

Сорт Variety		α , e^-	I/k , мкмоль (фотон)/ $m^2 \cdot c$	I/b , мкЕ/ $m^2 \cdot c$	β , e^-	ETRmPot	ETRmax, мкмоль $e^-/m^2 \cdot c$
Августин Augustine	K	0,21±0,001	137,55±22,3	667,44±21,4	0,64±0,07	1428,29±102,1	126,27±14,8
	NaCl	0,26±0,002	135,87±38,2	551,05±32,1	1,17±0,09	2200,41±98,4	126,95±13,3
Ркацители Rkatsiteli	K	0,21±0,001	101,09±11,1	473,01±41,5	0,88±0,05	1275,07±32,1	98,13±10,5
	NaCl	0,26±0,003	148,04±32,4	573,16±47,3	0,33±0,03	709,87±107,6	146,23±12,4
Агадаи Agadai	K	0,23±0,005	151,56±37,1	683,23±54,2	1,14±0,07	2047,56±112,1	139,89±21,7
	NaCl	0,22±0,001	146,79±27,6	653,35±34,3	0,29±0,02	653,44±64,4	133,87±11,2
Молдова Moldova	K	0,26±0,002	109,11±10,3	435,64±444,8	1,6±0,03	1811,81±103,6	108,56±15,3
	NaCl	0,29±0,004	81,96±12,7	280,51±30,1	4,24±0,9	3316,59±131,2	84,19±9,6

Примечание: Разница между контрольными (К) и опытными (NaCl) образцами достоверна ($p < 0,05$)

Note: A statistically significant difference was observed between the control (C) and experimental (NaCl) groups ($p < 0.05$)

Самый высокий параметр ингибирования (β) у сорта Молдова ~ 4,24 e^- , а максимальная потенциальная скорость переноса насыщенных электронов (ETR_{mPot}) (в отсутствии фотоингибирования) в 2 раза превышает ETR_{max}, а максимальная скорость нециклического транспорта электронов (ETR_{max}) снижается на 28,9 %, что может свидетельствовать о наличии сильного стресса.

Адаптация растений к условиям окружающей среды представляет собой комплекс взаимосвязанных реакций, направленных на эффективное использование ресурсов окружающей среды для реализации генетических алгоритмов роста и развития.

В процессе онтогенеза растения подвергаются воздействию различных абиотических факторов, среди которых наиболее существенны свет, температура, засуха и засоление. У фотосинтезирующих организмов различают следующие основные компоненты флуоресценции: 1 – фоновая (F_0'), не зависящая от фотохимических реакций и отражающая состояние антенного хлорофилла; 2 – максимальная (F_m'), показывает потери энергии возбуждения в виде флуоресценции и 3 – вариабельная, (F_v'), дает информацию о работе фотосинтетического аппарата. Фоновая флуоресценция не зависит от фотохимических реакций и связана с потерей энергии возбуждения между антенными пигментами ФС2 или со снижением скорости переноса энергии к РЦ ФС2 [23]. В условиях засоления повышение F_0' связывают с повреждением ультраструктуры с хлоропластов, считая, что повышенные значения F_0' были вызваны диссоциацией ССК II от ядра ФС II на набухших тилакоидах [24–27].

Повышение F_m' , отмеченное у всех сортов (рис. 2а), указывает на стрессованность растений, т.к. при нормальной и эффективной работе ФСА интенсивность флуоресценции Хл а остается низкой, однако любое нарушение процесса фотосинтеза приводит к её значительному увеличению. Это связано с координацией регуляции процессов, индуцирующих фотохимическое и нефотохимическое тушение флуоресценции. Считается, что повышение F_m' связано

с потреблением АТФ, при активации цикла Кальвина. При этом частичное снижение ΔpH (за счёт синтеза АТФ) приводит к понижению потерь энергии возбуждения (в виде тепла) и величины нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла, т.к. ΔpH является одним из основных факторов, регулирующих тепловую диссипацию в комплексах ФС2 [28]. Параллельно со снижением нефотохимического тушения флуоресценции увеличивается уровень фотохимического тушения (qP) (рис. 3а) за счёт повышения интенсивности использования НАДФН₂. Доля тепловой диссипации в реализации поглощенной световой энергии [18] у всех сортов снижается относительно контроля: Августин – 0,31 (контроль – 0,41), Молдова – 0,33 (контроль – 0,36), Ркацители – 0,33 (контроль – 0,39), Агадаи – 0,35 (контроль – 0,39). Это логично, поскольку тепловая диссипация является конкурентным процессом наряду с флуоресценцией и эффективностью фотосинтеза.

Известно, что при засолении у чувствительных растений эффективность фотосинтеза ($Y(II)$) и скорость передачи электронов по ЭТЦ снижается, у наших образцов эффективность преобразования поглощенной энергии превышает контрольные показатели (рис. 2б и 3а). Возможно, что при солевом стрессе снижается протонный градиент за счет повышения проницаемости мембран и включается защитный механизм, связанный с быстрым восстановлением Q_A [29]. Параметр $Y(II)$ отражает часть энергии возбужденных реакционных центров, которая расходуется на фотохимическую конверсию [23]. Она зависит от концентрации акцепторов электронов (например, НАДФ⁺, доступный на акцепторной стороне ФС1) или скорости переноса электронов [30]. Относительная скорость транспортировки электронов у опытных образцов фиксировалась на уровне контрольных значений – сорт Августин, превышала контрольные – Ркацители, у сортов Агадаи и Молдова незначительно снижалась, что характерно при засолении. Рассмотренные результаты экспериментов проводились на свето-адаптированных черенках

4 сортов винограда для определения уровня адаптационного к солевому стрессу.

После темновой адаптации опытных растений (когда реакционные центры ФС2 открыты) проведенные флуоресцентные исследования позволили оценить потенциальные возможности исследуемых сортов. Одной из основных характеристик комплексов ФС2 является квантовый выход фотохимического превращения энергии, реализовываемого ФС2. Отмеченное нами постепенное снижение максимальной эффективности фотосинтеза у всех образцов на фоне высокой скорости транспорта электронов ETR указывает на фотоингибирование. Наиболее часто оцениваемым параметром фотоингибирования является максимальная эффективность ФС2, F_v/F_m . Двумя распространенными изменениями, приводящими к снижению уровня F_v/F_m , являются увеличение фотозащитной тепловой диссипации, зависящей от зеаксантина, и снижение способности реакционных центров ФС2 выполнять фотохимическое разделение зарядов [31].

Степень фотоинактивации ФС2 зависит как от окислительно-восстановительного состояния Q_A [32], так и от эффективности тепловой диссипации [18]. Реакция на стресс, вызванный NaCl, коррелирует с понижением эффективности фотосинтеза и повышением параметров нефотохимического тушения как механизма безопасного рассеивания избыточной энергии. Увеличение NPQ у исследуемых образцов связано с генерацией протонного градиента в тилакоидной мембране, который снижает скорость электронного транспорта через цитохромный b_6/f комплекс, а восстановление пластохинонового пула способствует перераспределению энергии между двумя типами фотосистем в пользу ФС1 (переход состояний). Изменения интенсивности тепловой диссипации направлены на компенсацию лимитирования электронного транспорта путём безопасной утилизации части энергии возбуждения, не использованной в фотохимии [33]. Изменение активности ФС2 и развитие NPQ через циклический поток электронов являются физиологическими механизмами защиты фотосинтетического аппарата в стрессовых ситуациях [34]. В этих случаях скорость повреждения ФС2 повышает скорость ее репарации.

Несмотря на снижение эффективности ФС2 и интенсификации процессов нефотохимического тушения у исследуемых растений потери избыточной энергии возбуждения хорошо регулируются на уровне антенн за счет работы ДрН и зеаксантин-зависимых фотопротекторных механизмов. По дополнительным фотосинтетическим параметрам (табл. 3) видно, что эффективность фотосинтеза (α) в опытных образцах превышала контрольные значения, потенциально возможная скорость электронного транспорта (ETR_{mPot}) очень высока у сортов Августин и Молдова, однако солевой стресс индуцировал фотоингибирование ФС2, о чем свидетельствуют параметр ингибирования (β), максимальная относительная скорость (ETR_{max}) и высокие значения нефотохимического тушения (NPQ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом изменения в уровне фотосинтетических пигментов и эффективности работы ФСА свидетельствуют об устойчивости изучаемых сортов к условиям

засоления. По уровню физиологической адаптации и фотосинтетической пластичности сорта Ркацители, Агадаи и Августин проявили большую устойчивость, Молдова – меньшую. Это согласуется с характером морфологических изменений черенков в условиях засоления, проявляющихся в снижении ростовых и регенерационных показателей, которые в наибольшей степени выражены у сорта Молдова.

Эффективность фотосинтеза может быть важным фактором, определяющим устойчивость растений к абиотическим стрессам. Активная работа защитных механизмов обуславливает адаптивность и обеспечивают выживаемость растений.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность коллективу ФГБНУ «Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства» и лично д.б.н. Казахмедову Рамидину Эфендиевичу за предоставленный для исследований материал и ценные консультации.

ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to the staff of the Dagestan Breeding Experimental Station for Viticulture and Vegetable Growing and personally to Dr. Kazakhmedov Ramidin Efendievich for the material provided for research and for their valuable advice.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhang Zh., Fan Ya., Zhang A., Jiao Zh. Baseline-based soil salinity index (bssi): a novel remote sensing monitoring method of soil salinization // *Ieee journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*. 2023. N 16. P. 202–214.
2. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира // Москва: Наука, 2008. 415 с.
3. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М.-Р. Почвы Дагестана, геоэкологические проблемы их охраны и рационального использования // Юг России: экология, развитие. 2008. N 2. С. 78–84.
4. Залибеков З.Г. Почвы Дагестана // Махачкала: Наука, ДНЦ РАН, 2010. 243 с.
5. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Ленинград: Колос, 1977. 215 с.
6. Загиров Н.Г., Аличаев М.М. Ампеолоэкологическая оценка территории Терско-Сулакской низменности для расширения площадей под культуру винограда // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014. Т. 40. N 1. С. 134–137.
7. Егоров Е.А., Воробьева Т.Н., Ветер Ю.А. Продуктивный потенциал промышленных виноградников // *Аграрная наука*. 2007. N 1. С. 18–21.
8. Захарин А.А., Паничкин Л.А. Феномен солерезистентности гликофитов // *Физиология растений*. 2009. Т. 56. N 1. С. 107–116.
9. Рыфф И.И., Борисенко М.Н. Солеустойчивость подвойных сортов винограда в условиях *in vitro* // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. N 4 (60). С. 198–201.
10. Юсуфов А.Г., Алиева З.М. Пороговая чувствительность к стрессам индивидуума и органов растений // *Проблемы развития АПК региона*. 2013. Т. 14. N 2 (14). С. 43–47.
11. Юсуфов А.Г., Алиева З.М. Засоление среды и диагностика солеустойчивости растений // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. 2012. N 61. С. 216–222.
12. Мамедова К.К. Влияние специфики засоления среды на изолированные структуры винограда // В сб.: *Ботаника в современном мире. Труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции*. 2018. С. 293–294.

13. Ру К.М., Сяо К., Лин П., Пей З.М., Чженг Х.Л. Краткосрочное и долговременное воздействие NaCl на физиологические и биохимические характеристики листьев настоящего мангрового растения (*Kandelia Candel*) // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 403–409.
14. Королева О.Я., Колчевский К.Г. Влияние засоления почвы на пигментную систему и фотосинтез растений различных экологических групп // Тез. докл. II съезда Всероссийского общества физиологов растений. 1990. С. 46.
15. Kreslavski V.D., Zorina A.A., Los D.A., et al. Molecular mechanisms of stress resistance of photosynthetic machinery // Molecular stress physiology of plants. India: Springer India. 2013. P. 21–51.
16. Lichtenthaler H.K., Colowick S.P., Kaplan N.O. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in Enzymology. San Diego: Academic Press, 1987. P. 350–382.
17. Bilger W., Björkman O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis* // Photosynthesis Research. 1990. V. 25. P. 173–185.
18. Demmig-Adams B., Adams W.W., Baker D.H., Logan B.A., Bowling D.R., Verhoeven A.S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation // Physiol. Plant. 1996. V. 98. № 2. P. 253–264.
19. Genty B., Harbinson J., Cailly A., Rizza F. Fate of excitation at PS II in leaves: the non-photochemical side // Third BBSRC Robert Hill Symposium on Photosynthesis. 1996. V. 31. 28 p.
20. Kramer D.M., et al. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes // Photosynthesis Research. 2004. V. 79. P. 209–218.
21. Kalaji H.M., Schansker G., Ladle R.J., Goltsev V., Bosa K., Allakhverdiev S., Zivcak M. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues // Photosynthesis Research. 2014. V. 122. P. 121–158.
22. Körner C. Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Berlin, Heidelberg, Germany. Springer Verlag, 1999. 343 p.
23. Kalaji H.M., Rutkovskaya A. Reactions of the photosynthetic apparatus of corn seedlings to salt stress // Problem Notebooks of Achievements in Agricultural Sciences. 2004. V. 496. № 2. P. 161–167.
24. Lichtenthaler H.K., Kuhn G., Prenzle U. et al. Adaptation of chloroplast-ultrastructure and of chlorophyll-protein levels to high-light and low-light growth conditions // Zeitschrift für Naturforschung. 1982. V. 37 (5-6). P. 464–475.
25. Kalaji M., Rutkowska A. Reakcje aparatu fotosyntety cznego siewek kukurydzy na stres solny // Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2004. V. 496. P. 545–558.
26. Yamane K., Kawasaki M., Taniguchi M., Miyake H. Correlation between chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence characteristics in the leaves of rice (*Oryza sativa* L.) grown under salinity // Plant Production Science. 2008. V. 11. P. 139–145.
27. Yamane K., Rahman S., Kawasaki M., Taniguchi M., Miyake H. Pretreatment with antioxidants decreases the effects of salt stress on chloroplast ultrastructure in rice leaf segments (*Oryza sativa* L.) // Plant Production Science. 2004. V. 7. P. 292–300.
28. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альппресс, 2002. 184 с.
29. Sharma P., Jha A.B., Dubey R.S., Pessarakli M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions // Journal of Botany. 2012. Article ID: 217037. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>
30. Tsai Y.C., Chen K.C., Cheng T.S., et al. Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency // BMC Plant Biology. 2019. V. 19. P. 403. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1983-8>
31. Demmig-Adams B., Adams W.W. Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation // New phytologist. 2006. V. 172. № 1. P. 11–21.
32. Kalaji H. M., Rapacz M., Brestic M., Goltsev V. (Eds.). Chlorophyll fluorescence measurements and plant stress responses. Frontiers Media SA. 2023. V. 2. 194 p.
33. Гольцев В.Н., Каладжи М.Х., Кузманова М.А., Аллахвердиев С.И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а - теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. Москва: Ижевск, 2014. 220 с.
34. Bashir N., Athar H., Kalaji H., Wróbel J., Mahmood S., Zafar Z., Ashraf M. Is Photoprotection of PSII One of the Key Mechanisms for Drought Tolerance in Maize // International Journal of Molecular Sciences. 2021. V. 22. P. 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijms222413490>

REFERENCES

1. Zhang Zh., Fan Ya., Zhang A., and Jiao Zh. Baseline-based soil salinity index (bssi): a novel remote sensing monitoring method of soil salinization. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2023, no. 16, pp. 202–214.
2. Kovda V.A. *Problemy opustynivaniya i zasoleniya pochv aridnykh regionov mira* [Problems of desertification and salinization of soils in arid regions of the world]. Moscow, Nauka Publ., 2008, 415 p. (In Russian)
3. Balamirzoev M.A., Mirzoev E.M-R. Soils of Dagestan, geoeological problems of their protection and rational use. *Yug Rossii: ecologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2008, no. 2, pp. 78–84. (In Russian)
4. Zalibekov Z.G. *Pochvy Dagestana* [Soils of Dagestan]. Makhachkala, Nauka Publ., DSC RAS Publ., 2010, 243 p. (In Russian)
5. Udovenko G.V. *Soleustoychivost' kul'turnykh rastenii* [Salt resistance of cultivated plants]. Leningrad, Kolos Publ., 1977, 215 p. (In Russian)
6. Zagirov N.G., Alichayev M.M. Ampeloecological assessment of the Terek-Sulak lowland for expanding the area under grapes. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Pomiculture and berry growing of Russia]. 2014, vol. 40, no. 1, pp. 134–137. (In Russian)
7. Egorov E.A., Vorobyova T.N., Veter Yu.A. Productive potential of industrial vineyards. *Agrarnaya nauka* [Agricultural Science]. 2007, no. 1, pp. 18–21. (In Russian)
8. Zakharin A.A., Panichkin L.A. The phenomenon of salt resistance in glycophytes. *Fiziologiya rastenii* [Plant Physiology]. 2009, vol. 56, no. 1, pp. 107–116. (In Russian)
9. Ryff I.I., Borisenko M.N. Salt resistance of rootstock grape varieties under in vitro conditions. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Journal of Orenburg State Agrarian University]. 2016, vol. 60, no. 4, pp. 198–201. (In Russian)
10. Yusufov A.G., Alieva Z.M. Threshold sensitivity to stresses of an individual and plant organ. *Problemy razvitiya APK regiona* [Problems of APK region's development]. 2013, vol. 14, no. 2, pp. 43–47. (In Russian)
11. Yusufov A.G., Alieva Z.M. Salinization of the environment and diagnosis of plant salt resistance. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the RAS]. 2012, no. 61, pp. 216–222. (In Russian)
12. Mamedova K.K. Influence of the specificity of environmental salinization on isolated structures of grapes. *Botanika v sovremennom mire. Trudy XIV Syezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konferentsii* [Botany in the modern world. Proceedings of the XIV Congress of the Russian Botanical Society and Conference]. Makhachkala, Russian Botanical Society, V.L. Komarov Botanical Institute RAS, DSC RAS, Mountain Botanical Garden DSC RAS, Dagestan State University, 2018, pp. 293–294. (In Russian)
13. Ru K.M., Xiao K., Lin P., Pei Z.M., Zheng H.L. Short-term and long-term effects of NaCl on physiological and biochemical characteristics of leaves of the true mangrove plant (*Kandelia Candel*). *Fiziologiya rastenii* [Plant Physiology]. 2009, vol. 56, no. 3, pp. 403–409.
14. Koroleva O.Ya., Kolchevskii K.G. Influence of soil salinity on the pigment system and photosynthesis of plants of various ecological groups]. *Tezisy dokladov II syezda VOFR* [Abstracts of the II

- Congress of the Russian Society of Plant Physiologists]. Moscow, 1990, p. 46. (In Russian)
15. Kreslavski V.D., Zorina A.A., Los D.A., et al. Molecular mechanisms of stress resistance of photosynthetic machinery. *Molecular stress physiology of plants*. India, Springer India, 2013, pp. 21–51.
16. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, eds. Colowick S.P., and Kaplan N.O., San Diego, Academic Press, 1987, pp. 350–382.
17. Bilger W., Björkman O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. *Photosynthesis Research*, 1990, vol. 25, pp. 173–185.
18. Demmig-Adams B., Adams W.W., Baker D.H., Logan B.A., Bowling D.R., Verhoeven A.S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. *Physiologia Plantarum*, 1996, vol. 98, no. 2, pp. 253–264.
19. Genty B., Harbinson J., Cailly A.L., Rizza F. Fate of excitation at PS II in leaves: the non-photochemical side. Third BBSRC Robert Hill Symposium on Photosynthesis, 1996, vol. 31, 28 p.
20. Kramer D.M., et al. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, 2004, vol. 79, pp. 209–218.
21. Kalaji H.M., Schansker G., Ladle R.J., Goltsev V., et al. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynthesis Research*, 2014, vol. 122, pp. 121–158.
22. Körner C. Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Berlin, Heidelberg, Germany, Springer Verlag, 1999, 492 p.
23. Kalaji H.M., Rutkovskaya A. Reactions of the photosynthetic apparatus of corn seedlings to salt stress. *Problem Notebooks of Achievements in Agricultural Sciences*, 2004, vol. 496, no. 2. pp. 545–558.
24. Lichtenthaler H.K., Kuhn G., Prenzel U., et al. Adaptation of chloroplast-ultrastructure and of chlorophyll-protein levels to high-light and low-light growth conditions. *Zeitschrift für Naturforschung C*. 1982, vol. 37, no. 5-6, pp. 464–475.
25. Kalaji M., Rutkowska A. Reactions of the photosynthetic apparatus of corn seedlings to salt stress. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2004, vol. 496, pp. 545–558. (In Polish)
26. Yamane K., Kawasaki M., Taniguchi M., Miyake H. Correlation between chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence characteristics in the leaves of rice (*Oryza sativa* L.) grown under salinity. *Plant Production Science*, 2008, vol. 11, pp. 139–145.
27. Yamane K., Rahman S., Kawasaki M., Taniguchi M., Miyake H. Pretreatment with antioxidants decreases the effects of salt stress on chloroplast ultrastructure in rice leaf segments (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science*, 2004, vol. 7, pp. 292–300.
28. Korneev D.Yu. *Informatsionnye vozmozhnosti metoda induksii fluorestsentsii khlorofilla* [Information capabilities of the chlorophyll fluorescence induction method]. Kiev, Altpress Publ., 2002. (In Russian)
29. Sharma P., Jha A.B., Dubey R.S., Pessarakli M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of Botany*, 2012, article ID: 217037. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>
30. Tsai Y.C., Chen K.C., Cheng T.S., et al. Chlorophyll fluorescence analysis in diverse rice varieties reveals the positive correlation between the seedlings salt tolerance and photosynthetic efficiency. *BMC Plant Biology*, 2019, vol. 19, p. 403. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1983-8>
31. Demmig-Adams B., Adams W.W. Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation. *New Phytologist*, 2006, vol. 172, no. 1, pp. 11–21.
32. Kalaji H.M., Rapacz M., Brestic M., Goltsev V., eds. Chlorophyll fluorescence measurements and plant stress responses. *Frontiers Media SA*. 2023, vol. 2, 194p.
33. Goltsev V.N., Kaladzhi M.Kh., Kuzmanova M.A., et al. *Peremennaya i zamedlennaya fluorestsentsiya khlorofilla a - teoreticheskie osnovy i prakticheskoe prilozhenie v issledovanii rastenii* [Variable and delayed chlorophyll a fluorescence – theoretical foundations and practical application in plant research]. Moscow, Izhevsk Publ., 2014, 220 p. (In Russian)
34. Bashir N., Athar H., Kalaji H., Wróbel J., Mahmood S., Zafar Z., Ashraf M. Is Photoprotection of PSII One of the Key Mechanisms for Drought Tolerance in Maize. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, vol. 22, pp. 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijms222413490>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Калимат К. Мамедова провела эксперимент.
Елена В. Власова, Калимат К. Мамедова и
Зарина М. Алиева обработали и интерпретировали
результаты. Елена В. Власова, Зарина М. Алиева
рецензировали и редактировали рукопись.
Все авторы в равной степени участвовали в написании
рукописи и несут ответственность при обнаружении
плагиата, самоплагиата или других неэтических
проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Kalimat K. Mamedova conducted an experiment.
Elena V. Vlasova, Kalimat K. Mamedova and Zarina M. Alieva
processed and interpreted the results. Elena V. Vlasova and
Zarina M. Alieva reviewed and edited the manuscript.
All authors are equally participated in the writing
of the manuscript and are responsible for plagiarism,
self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Калимат К. Мамедова / Kalimat K. Mamedova <https://orcid.org/0000-0002-5591-5529>
Елена В. Власова / Elena V. Vlasova <https://orcid.org/0000-0003-0956-7110>
Зарина М. Алиева / Zarina M. Alieva <https://orcid.org/0000-0002-7722-7399>

Оригинальная статья / Original article

УДК 57.044

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-12



Уровни содержания и закономерности распространения тяжелых металлов в воде и донных отложениях озера Селигер

Юлия И. Баева, Наталья А. Черных

МГИМО МИД России, Москва, Россия

Контактное лицо

Юлия И. Баева, кандидат биологических наук, доцент кафедры демографической и миграционной политики, МГИМО МИД России; 119454 Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 76. Тел. +79167888129
Email baeva_yulya@mail.ru;
yu.baeva@inno.mgimo.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6137-2321>

Формат цитирования

Баева Ю.И., Черных Н.А. Уровни содержания и закономерности распространения тяжелых металлов в воде и донных отложениях озера Селигер // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 133-144. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-12

Получена 10 февраля 2025 г.

Прошла рецензирование 24 апреля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: определение и сравнительный анализ концентраций ряда тяжелых металлов (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd) в воде и донных отложениях оз. Селигер в зависимости от уровня техногенной нагрузки.

Содержание тяжелых металлов (ТМ) определяли в летние периоды 2023 и 2024 гг. в воде и донных отложениях пяти плесов оз. Селигер, испытывающих различную техногенную нагрузку. Количественный химический анализ проводили методами атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией и атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

Пространственная неоднородность в распределении химических элементов в воде Селигера обусловлена, главным образом, расположением источников загрязнения и сложной конфигурацией самого озера. Максимальные концентрации ТМ в воде и донных отложениях приурочены к Слободскому и Осташковскому плесам, вблизи мест расположения промышленных предприятий; минимальные – для Березовского и Полновского плесов. Повышенные концентрации элементов характерны для Селижаровского плеса, который, по сути, является транзитным – через него осуществляется вынос загрязняющих веществ в р. Селижаровку. Территориальное распространение ТМ в донных отложениях озера практически повторяет закономерности распределения элементов в воде. На основании анализа полученных авторами значений коэффициентов донной аккумуляции (КДА) установлен высокий уровень хронического загрязнения озера всеми изучаемыми металлами.

Полученные результаты подчеркивают необходимость всестороннего изучения экологического состояния водоема и дальнейших систематических наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в воде и донных отложениях озера Селигер.

Ключевые слова

Тяжелые металлы, загрязнение водных экосистем, озеро Селигер, промышленные предприятия.

Levels and distribution patterns of heavy metals in water and bottom sediments of Lake Seliger, Tver and Novgorod Regions, Russia

Yulia I. Baeva and Natalia A. Chernykh

MGIMO University, Moscow, Russia

Principal contact

Yulia I. Baeva, PhD in Biology, Associate Professor, Department of Demographic and Migration Policy, MGIMO University; 76 Prospect Vernadskogo, Moscow, Russia 119454.

Tel. +79167888129

Email baeva_yulya@mail.ru

yu.baeva@inno.mgimo.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6137-2321>

How to cite this article

Baeva Yu.I., Chernykh N.A. Levels and distribution patterns of heavy metals in water and bottom sediments of Lake Seliger, Tver and Novgorod Regions, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):133–144. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-12

Received 10 February 2025

Revised 24 April 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. This study sets out to determine and compare the concentrations of several heavy metals (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd) in the water and bottom sediments of Lake Seliger, with a particular focus on the impact of technogenic load.

The present study was conducted with the aim of determining the levels of heavy metals (HM) in the water and bottom sediments of five reaches of Lake Seliger during the summer periods of 2023 and 2024. The levels of HM were determined in order to ascertain the effects of different anthropogenic loads on the environment. Atomic absorption spectrometry with electrothermal atomisation and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry were used to conduct the quantitative chemical analysis.

The results of the study indicate that spatial heterogeneity in the distribution of chemical elements in Seliger water is primarily attributable to the location of pollution sources and the complex configuration of the lake itself. Maximum concentrations of heavy metals in water and bottom sediments are observed in the Slobodskoy and Ostashkovskoy reaches, in proximity to industrial enterprises, while minimum concentrations are recorded in the Berezovskoy and Polnovskoy reaches. Elevated concentrations of elements are characteristic of the Selizharovskoy reach, which is, in fact, a transit reach, through which pollutants are transported to the Selizharovka River. The distribution of heavy metals in the bottom sediments of the lake practically mirrors the distribution of elements in water. Based on the analysis of the values of bottom accumulation coefficients obtained by the authors, a high level of chronic pollution of the lake by all studied metals was established.

The results obtained underline the necessity for a thorough investigation into the ecological condition of the reservoir, in conjunction with the implementation of additional systematic observations pertaining to the content of pollutants in the water and bottom sediments of Lake Seliger.

Key Words

Heavy metals, pollution of aquatic ecosystems, Lake Seliger, industrial enterprises.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее серьезных глобальных экологических проблем является загрязнение водных и наземных экосистем тяжелыми металлами (ТМ) [1–13]. Высокая токсичность, устойчивость в окружающей среде, способность к биоаккумуляции, канцерогенность, многочисленные источники поступления, сложные механизмы и пути распространения делает данную группу веществ типичным загрязнителем водных объектов [1–3; 14–17]. Тяжелые металлы попадают в реки и озера как из природных, так и из антропогенных источников с атмосферными осадками и поверхностным стоком. Они оседают и накапливаются в донных отложениях, что приводит к увеличению их концентрации в водных экосистемах по всему миру [15–25].

Селигер является самым крупным озером Тверской области, обеспечивающим большую часть стока Верхневолжской водной системы, которая, в свою очередь, служит основным источником водоснабжения Московского региона. Его площадь составляет 222 км² (площадь озера с островами – 250 км²), а запасы пресной воды достигают 1,3 млн. м³ [26]. Водные ресурсы оз. Селигер интенсивно используются для питьевого и промышленного водоснабжения, судоходства и в рыбохозяйственных целях. Территория озера представляет собой один из крупнейших объектов туризма, спорта, рыболовства и охоты Центральной России. В 1974 г. район оз. Селигер был включен в перечень курортов, имеющих республиканское значение⁷. В настоящее время, наряду с Верхневолжскими озерами, Селигер имеет статус курорта местного значения в Тверской области⁸.

Основные источники поступления загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, в акваторию озера сосредоточены в центральной и юго-западной частях Слободского плеса. Главным образом, это предприятия г. Осташков: очистные сооружения канализации (МУП Осташковского городского округа «Жилищно-коммунальное хозяйство») и АО «Верхневолжский кожевенный завод».

Еще в 60-х гг. прошлого века был установлен достаточно высокий уровень эвтрофирования западной части Городского плеса (центральной части озера, включающей Осташковский и Слободской плесы), обусловленный сбросом неочищенных вод кожевенного завода и поступлением бытовых сточных вод г. Осташкова [27]. В 90-х гг. началось изучение загрязнения озера тяжелыми металлами. При анализе влияния промышленных сбросов на оз. Селигер было выделено три участка, отличающиеся по степени нагрузки: I – Городской и Селижаровский плесы,

II – Березовский, Елецкий и Троицкий плесы, III – Сосницкий, Кравотынский и Полновский плесы (рис. 1). При этом наибольшая техногенная нагрузка приходилась на Городской плес [28; 29].

В настоящее время Тверским центром гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды проводятся регулярные наблюдения за качеством воды в оз. Селигер по гидрохимическим показателям на гидрологическом посту в г. Осташков [30]. В пробах воды определяются 40 показателей состава и свойств воды, в том числе железо общее, медь, цинк, никель, хром общий, свинец и марганец. Для оценки уровня загрязненности воды используются такие комплексные показатели, как удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды [31]. Результаты гидрохимической оценки качества вод оз. Селигер по данным официального мониторинга, отраженным в ежегодных докладах Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области⁹, представлены на рис. 2.

Однако, несмотря на ежегодный мониторинг качества озерной воды, провести комплексную оценку загрязнения Селигера тяжелыми металлами невозможно в силу недостаточности проведенных исследований по содержанию и распределению элементов в других компонентах водной экосистемы. В настоящее время многочисленными исследованиями установлено, что донные отложения играют важную роль в поглощении тяжелых металлов, адсорбируя оседающие взвешенные частицы органических и неорганических веществ [15–17; 19; 23; 32]. При этом во многих странах мира определение концентрации тяжелых металлов в воде и донных отложениях является обязательным компонентом программ мониторинга качества воды и относится к числу приоритетных.

В связи с этим целью исследования является определение и сравнительный анализ концентраций ряда тяжелых металлов (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd) в воде и донных отложениях оз. Селигер в зависимости от уровня техногенной нагрузки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются вода и донные отложения пяти плесов оз. Селигер, испытывающих различную техногенную нагрузку: Полновского (минимальная нагрузка), Березовского (средняя нагрузка), Слободского, Осташковского и Селижаровского (максимальная нагрузка) (рис. 1).

Отбор проб воды проводили летом (в конце каждой декады июня и августа) в соответствии с [33–35]. Для отбора проб воды закладывали по 5–9 створов в каждом плесе. При отсутствии крупных источников сброса сточных вод пять створов располагали равномерно по акватории плеса; при

⁷ Постановление Совета Министров РСФСР от 13.02.1974 № 104 «О мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных богатств в бассейне озера Селигер Калининской области, а также развитию зоны отдыха и туризма в этом районе»

On measures to strengthen nature conservation and improve the use of natural resources in the Seliger Lake basin in the Kalinin Region, as well as to develop recreation and tourism in this area. Decree of the Council of Ministers of the RSFSR No.104 of February 13, 1974. (In Russian)

⁸ Постановление Администрации Тверской области от 11.09.2002 г. № 305-па «О признании территории озера Селигер и Верхневолжских озер курортом местного значения «Селигер» в Тверской области» On recognizing the territory of Lake Seliger and the Upper Volga Lakes as a resort of local significance "Seliger" in the Tver Region. Resolution of the Administration of the Tver Region No. 305-pa of September 11, 2002. (In Russian)

⁹ Доклады об экологической ситуации в Тверской области в 2011–2014 гг.; Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2014–2023 гг.; Обзоры состояния окружающей среды в Тверской области по данным наблюдательной сети Росгидромета в 2018–2023 гг. Reports on the environmental situation in the Tver Region in 2011–2014; On the state and environmental protection in Tver Region in 2014–2023. State reports; Reviews of the state of the environment in the Tver Region based on data from the observation network of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring in 2018–2023. (In Russian)

сбросе городских и промышленных сточных вод три створа закладывали вне зоны влияния источника или группы источников загрязнения, два створа совмещали со створом сброса сточных вод, четыре створа располагали параллельно ему по обе стороны на расстоянии 0,3–0,5 км от места сброса и непосредственно за границей зоны загрязненности.

Количество горизонтов отбора водных проб определяли с учетом глубины водного объекта. При

глубине до 5 м устанавливали один горизонт – 0,3 м от поверхности воды; при глубине от 5 до 10 м – два горизонта: у поверхности (0,3 м) и на расстоянии 0,5 м от дна; при глубине более 10 м – три горизонта, с промежуточным горизонтом, расположенным на половине глубины водного объекта. Отбор проводили с помощью батометра. До передачи в лабораторию пробы хранили в полиэтиленовых бутылках после консервирования раствором азотной кислоты.

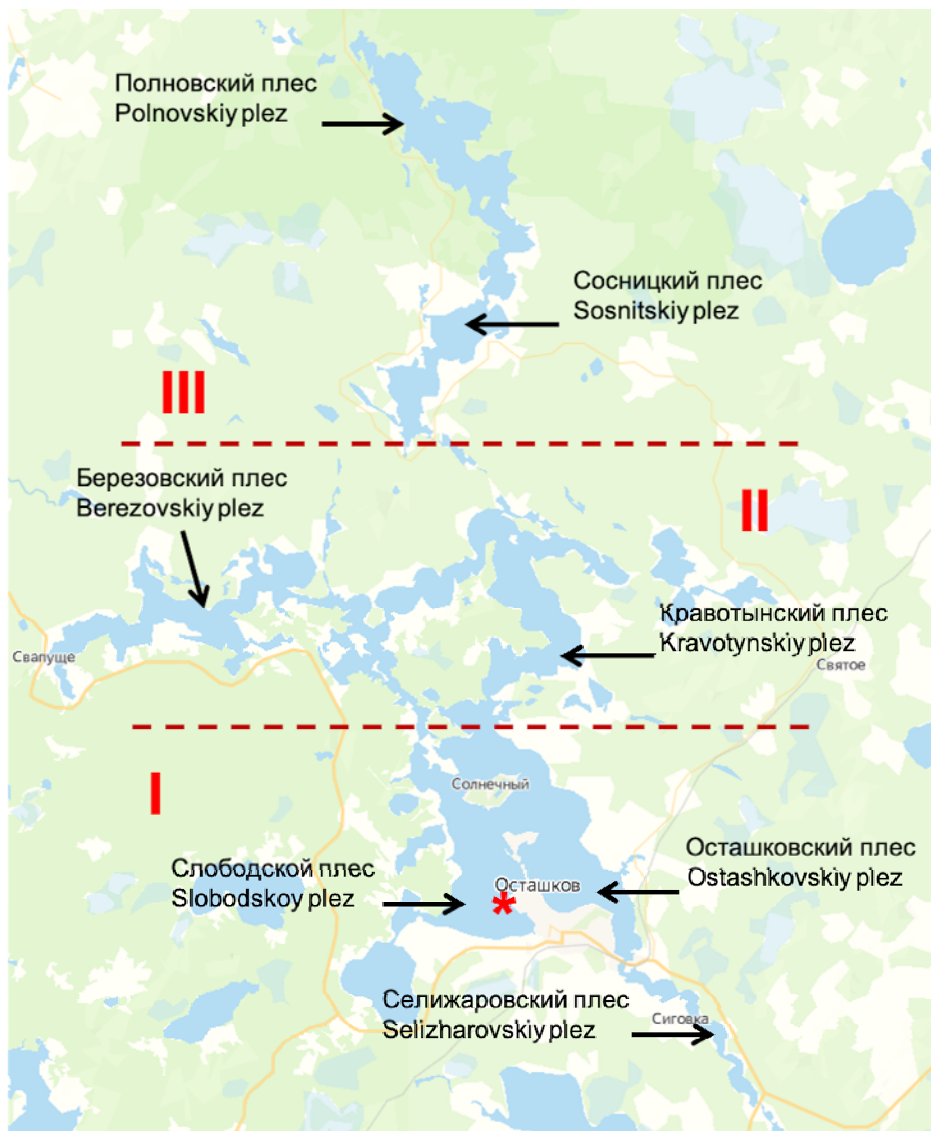


Рисунок 1. Участки оз. Селигер с различной антропогенной нагрузкой (I – максимальная нагрузка; II – средняя степень воздействия; III – участок с минимальным воздействием; * отмечены источники поступления ТМ). Схема составлена авторами на основе имеющихся в литературе данных [28; 29]

Figure 1. Lake Seliger sites with different anthropogenic loads (I – maximum load; II – average degree of impact; III – site with minimal impact; * marked source of TM input). The scheme was compiled by the authors on the basis of available data in the literature [28; 29]

Пробы донных отложений отбирали в тех же створах и в те же сроки, что и пробы воды, с помощью ковша для взятия образцов. Для анализа был взят слой донных отложений 0–5 см, представляющий собой интегральную пробу донных отложений, характеризующую накопление тяжелых металлов в донных отложениях за несколько десятилетий. После отбора проб образцы хранили в полиэтиленовых пакетах с

охлаждением ($< 4^{\circ}\text{C}$) и передавали в лабораторию для анализа.

Определение содержания растворенных форм соединений Cu, Zn, Cd и Pb в воде проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией в соответствии с [36]; Cr – методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой в соответствии с [37].

Количественный химический анализ донных отложений (общее содержание металлов) проводили методом атомной эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в соответствии с Методикой измерения массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами (ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011, 2011).

Каждую пробу воды и донных отложений исследовали в трехкратной повторности. Полученные результаты отображали в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm m$). Данные обрабатывались с помощью программ Microsoft Excel 2010, SPSS и Statistica.

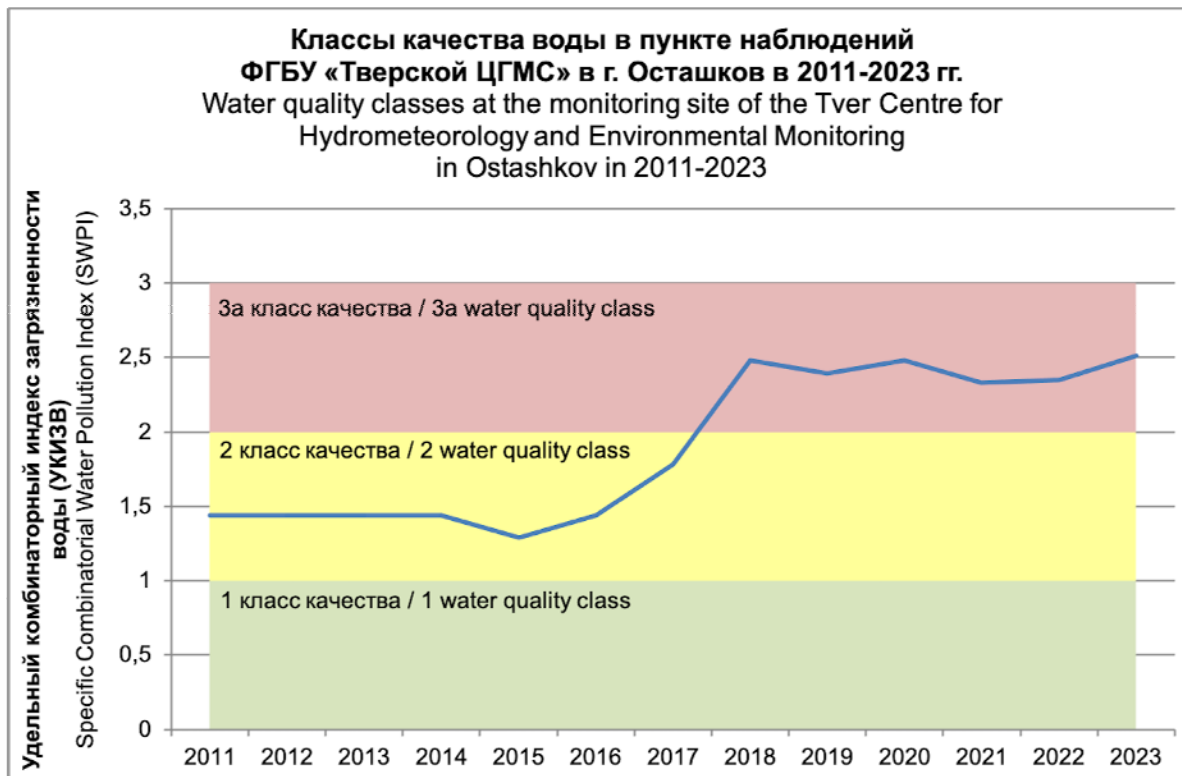


Рисунок 2. Качество воды озера Селигер в 2011–2023 гг. 1 класс – очень чистые воды, 2 класс – чистые воды, 3 класс – умеренно загрязненные воды. Диаграмма составлена авторами на основе данных официального мониторинга

Figure 2. Water quality of Lake Seliger in 2011–2023. Class 1 – very clean waters, Class 2 – clean waters, Class 3 – moderately polluted water. Diagram compiled by the authors based on official monitoring data

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными природными процессами, в результате которых металлы попадают в воды, являются химическое выветривание горных пород и выщелачивание почвы, в значительной степени контролируемые биологическими и микробиологическими факторами. Антропогенные источники поступления химических элементов в водные объекты в значительной степени связаны с производственными и бытовыми сточными водами [1–8; 38]. Часто сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод является основной причиной возникновения чрезвычайных экологических ситуаций. При этом современный уровень очистки сточных вод не всегда может обеспечить отсутствие экологических рисков химического загрязнения [14; 39].

В 2023 г. общий вклад тяжелых металлов (Mn, Zn, Cu, Ni, Fe, Hg, Mo) в загрязнение поверхностных вод на территории Российской Федерации составил 50 % от общего числа случаев высокого и экстремально высокого загрязнения. При этом 20 % всех случаев такого загрязнения пришлось на водные объекты бассейна реки Волга [40]. В частности, на всех водных объектах Тверской области, где проводился мониторинг качества воды в 2023 году, она

оценивалась как «загрязненная», «грязная» или «очень грязная» [31].

Уровни содержания тяжелых металлов в воде оз. Селигер

Результаты исследований содержания металлов в озерной воде, проведенных авторами в 2023 и 2024 годах, приведены в табл. 1.

Сравнение данных со значениями концентраций элементов, полученных ранее другими исследователями [29; 41; 42], позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время в общем виде повторяются отмеченные еще в конце 90-х гг. прошлого века следующие закономерности распределения загрязняющих веществ: максимальные концентрации ТМ приурочены к подверженным воздействию промышленных и бытовых сточных вод частям Слободского и Осташковского плесов; минимальные значения характерны для Березовского и Полновского плесов; повышенные концентрации металлов отмечены в Селижаровском плесе, по которому происходит значительный их перенос в р. Селижаровку. Так, в 2024 году содержание хрома в воде Слободского плеса превысило концентрацию данного элемента в воде Полновского плеса в 47 раз, меди – в 4 раза, цинка – в 4 раза, свинца – в 7,8 раза, кадмия – в 3,5 раза.

Таблица 1. Средние концентрации тяжелых металлов в воде различных плесов озера Селигер**Table 1.** Heavy metal concentrations in the water of different reaches of Lake Seliger

Плес Plez	Средняя концентрация, мг/л / Mean concentration, mg/l				
	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd
2000 г.					
Косов и Косова, 2001 / Kosov and Kosova, 2001 [29]					
Слободской и Осташковский плесы Slobodskoy plez and Ostashkov plez	0,003	0,0042	0,007	0,0003	0,0001
2011 г.					
Цыганов, 2016 / Tsyganov, 2016 [41]					
Полновский плес Polnovskiy plez	-	0,0020	0,002	0,0002	0,0001
Слободской плес Slobodskoy plez	0,001	0,0056	0,021	0,0230	0,0017
Осташковский плес Ostashkov plez	0,001	0,0036	0,004	0,0230	0,0016
2006–2014 гг.					
Суслова и др., 2015 / Suslova et al., 2015 [42]					
Березовский плес Berezovsky plez	0,003	0,0013	0,001	н/д n/a	н/д n/a
Осташковский плес Ostashkov plez	0,003	0,0022	0,002	н/д n/a	н/д n/a
Селижаровский плес Selizharovskiy plez	0,005	0,0014	0,002	н/д n/a	н/д n/a
2023 г.					
данные авторов / authors' data					
Полновский плес Polnovskiy plez	0,0020 ± 0,0005	0,0015 ± 0,0003	0,0020 ± 0,0005	0,0004 ± 0,0001	0,0003 ± 0,0001
Березовский плес Berezovsky plez	0,0030 ± 0,0004	0,0009 ± 0,0002	0,0020 ± 0,0003	0,0006 ± 0,0001	0,0003 ± 0,0001
Слободской плес Slobodskoy plez	0,0510 ± 0,0042	0,0077 ± 0,0011	0,0090 ± 0,0015	0,0043 ± 0,0007	0,0019 ± 0,0004
Осташковский плес Ostashkov plez	0,0230 ± 0,0032	0,0053 ± 0,0012	0,0080 ± 0,0017	0,0036 ± 0,0005	0,0016 ± 0,0004
Селижаровский плес Selizharovskiy plez	0,0070 ± 0,0030	0,0034 ± 0,0008	0,0080 ± 0,0015	0,0007 ± 0,0002	0,0009 ± 0,0003
2024 г.					
данные авторов / authors' data					
Полновский плес Polnovskiy plez	0,0010 ± 0,0003	0,0017 ± 0,0002	0,0020 ± 0,0003	0,0005 ± 0,0001	0,0004 ± 0,0001
Березовский плес Berezovsky plez	0,0030 ± 0,0005	0,0008 ± 0,0002	0,0010 ± 0,0002	0,0005 ± 0,0001	0,0007 ± 0,0001
Слободской плес Slobodskoy plez	0,0470 ± 0,0040	0,0068 ± 0,0009	0,0080 ± 0,0009	0,0039 ± 0,0004	0,0014 ± 0,0005
Осташковский плес Ostashkov plez	0,0250 ± 0,0021	0,0055 ± 0,0008	0,0080 ± 0,0010	0,0029 ± 0,0003	0,0018 ± 0,0003
Селижаровский плес Selizharovskiy plez	0,0050 ± 0,0027	0,0027 ± 0,0006	0,0060 ± 0,0016	0,0005 ± 0,0002	0,0011 ± 0,0002
ПДК рыбхоз. MPC fishery	-	0,001	0,01	0,006	0,005

Примечание: жирным шрифтом в таблице выделены средние концентрации ТМ, превышающие предельно-допустимые значения для водных объектов рыбохозяйственного значения; н/д – нет данных

Note: mean HM concentrations exceeding the maximum permissible values for water bodies of fishery significance are marked in bold; n/a – no data available

Необходимо отметить, что средние концентрации цинка, свинца и кадмия в воде даже наиболее загрязненных плесов не превышают установленных нормативных значений (ПДК) для вод водных объектов рыбохозяйственного значения¹⁰ тогда как концентрация меди в воде

Слободского и Осташковского плесов достигает 6,8 и 5,5 ПДК соответственно. По среднему содержанию в воде озера ТМ составляют следующий убывающий ряд: Cr > Zn > Cu > Pb > Cd.

Уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях оз. Селигер

Активными накопителями металлов в водных объектах являются донные отложения, при этом содержание

¹⁰ Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. №552. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»
On the approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations

of harmful substances in waters of water bodies of fishery significance.
Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 of December 13, 2016. (In Russian)

загрязняющих веществ в них может превышать концентрацию в толще воды в несколько раз.

В то же время донные отложения – это потенциальный источник вторичного загрязнения водоемов, так как при определенных условиях возможен процесс десорбции элементов и их переход в растворенном состоянии в воду [15; 17; 19; 23; 32].

Сравнительная оценка полученных авторами данных со значениями, полученными в 2000 году [29], показывает, что в последние десятилетия на фоне снижения интенсивности промышленного производства в акватории оз. Селигер содержание тяжелых металлов в донных отложениях увеличилось (рис. 3–7).

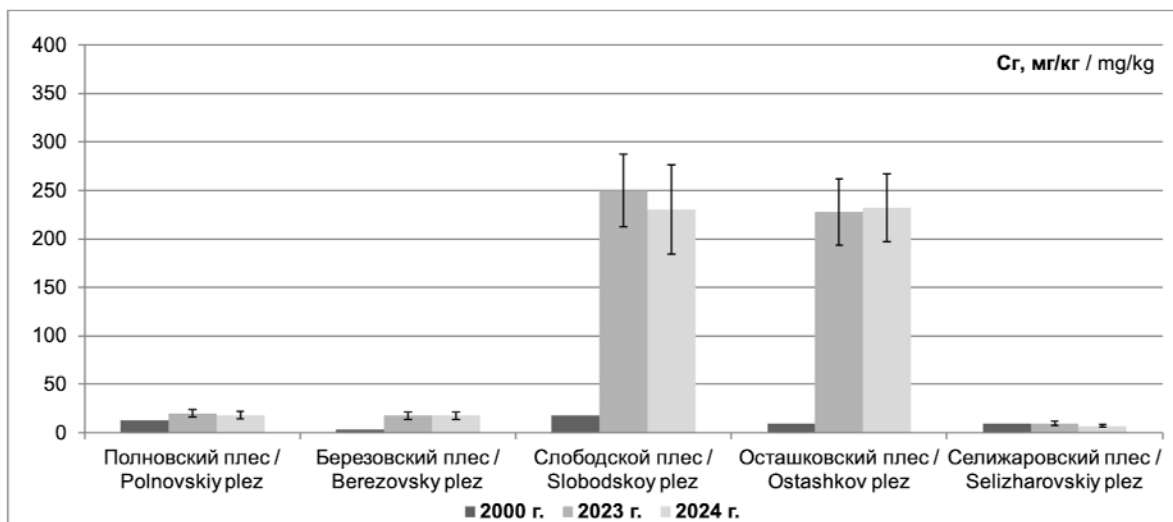


Рисунок 3. Сравнение средних содержаний хрома в донных отложениях различных плесов озера Селигер в 2000 [29], 2023 и 2024 гг. (данные авторов)

Figure 3. Comparison of the mean chromium content in bottom sediments of different reaches of Lake Seliger in 2000 [29], 2023 and 2024 (authors' data)

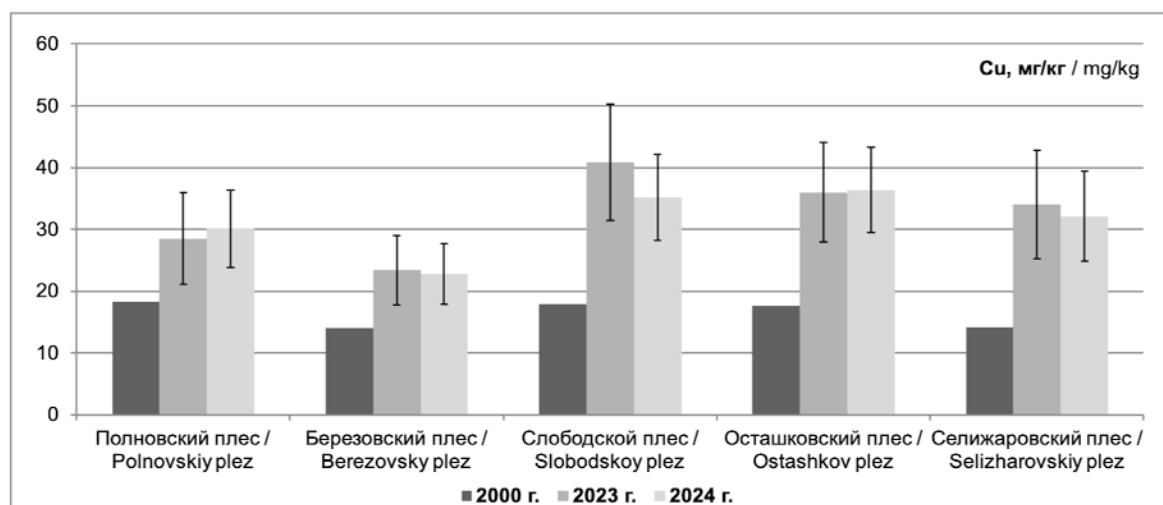


Рисунок 4. Сравнение средних содержаний меди в донных отложениях различных плесов озера Селигер в 2000 [29], 2023 и 2024 гг. (данные авторов)

Figure 4. Comparison of the mean copper content in bottom sediments of different reaches of Lake Seliger in 2000 [29], 2023 and 2024 (authors' data)

Территориальное распространение ТМ в донных отложениях озера в целом повторяет закономерности распределения элементов в воде. Максимальные концентрации загрязняющих веществ отмечены в Слободском и Осташковском плесе, что связано со сбросами сточных вод предприятий г. Осташкова. Минимальные значения характерны для Полновского и Березовского плесов.

Сравнительный анализ средних содержаний хрома в 2000, 2023 и 2024 гг. выявил высокие значения содержания элемента в донных отложениях Слободского и Осташковского плесов (Городского плеса) в 2023 и 2024 гг. Так, превышение в 2024 г. по

сравнению с 2000 г. составило 10,1–20,9 раза. Вблизи места сброса промышленных и бытовых сточных вод г. Осташкова содержание хрома достигает 2128–2140 мг/кг, что соответствует высокому уровню загрязнения. На высокие концентрации хрома в донных отложениях Городского плеса указывают и имеющиеся литературные данные. Так, в работе Б.И. Корженевского и др. [43] содержание хрома в донных отложениях южной части оз. Селигер (Городской плес) в районе кожевенного завода и промышленной площадки г. Осташкова в 2022 г. достигало 12013 и 12134 мг/кг соответственно.

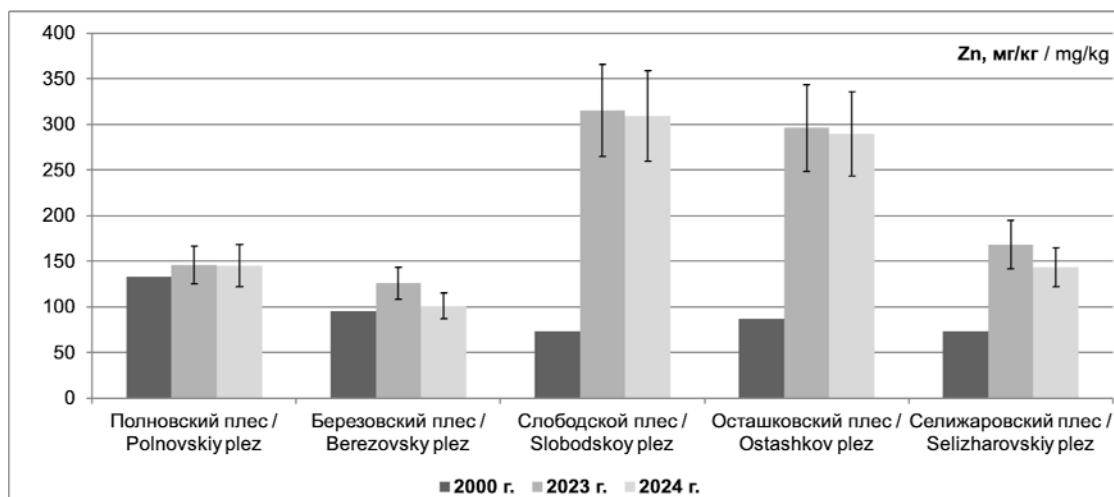


Рисунок 5. Сравнение средних содержаний цинка в донных отложениях различных плесов озера Селигер в 2000 [29], 2023 и 2024 гг. (данные авторов)

Figure 5. Comparison of the mean zinc content in bottom sediments of different reaches of Lake Seliger in 2000 [29], 2023 and 2024 (authors' data)

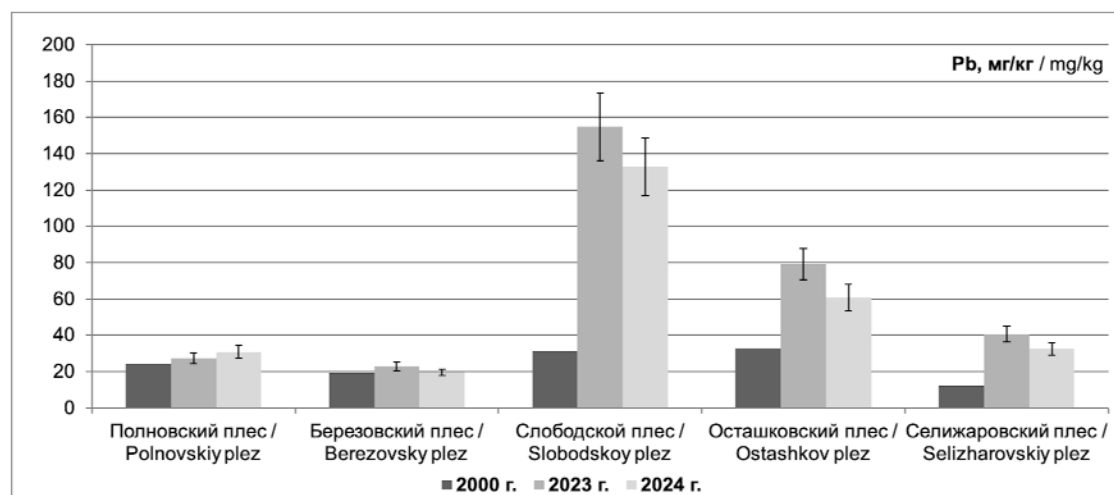


Рисунок 6. Сравнение средних содержаний свинца в донных отложениях различных плесов озера Селигер в 2000 [29], 2023 и 2024 гг. (данные авторов)

Figure 6. Comparison of the mean lead content in bottom sediments of different reaches of Lake Seliger in 2000 [29], 2023 and 2024 (authors' data)

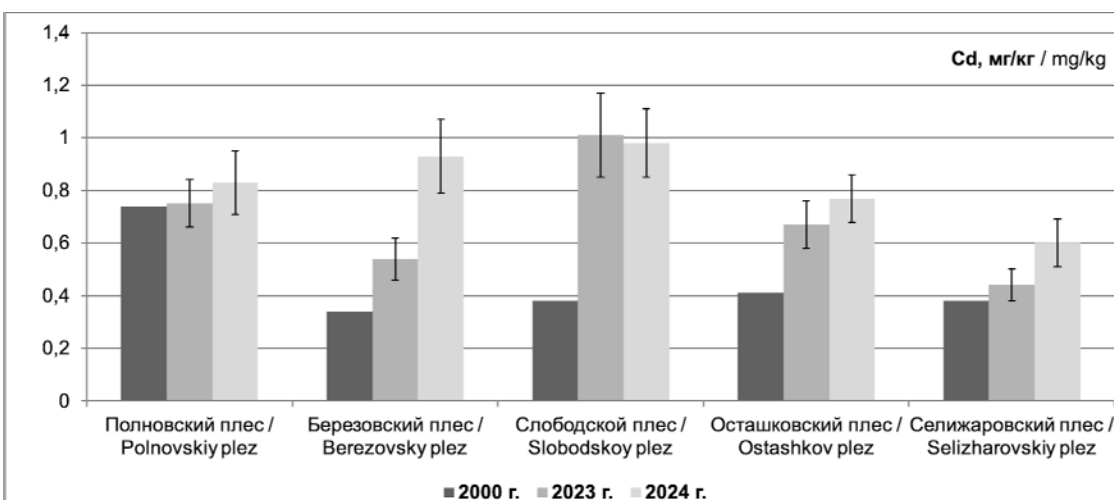


Рисунок 7. Сравнение средних содержаний кадмия в донных отложениях различных плесов озера Селигер в 2000 [29], 2023 и 2024 гг. (данные авторов)

Figure 7. Comparison of the mean cadmium content in bottom sediments of different reaches of Lake Seliger in 2000 [29], 2023 and 2024 (authors' data)

Таблица 2. Коэффициенты донной аккумуляции (КДА) химических элементов в экосистемах озера Селигер
Table 2. Bottom accumulation coefficients of chemical elements in Lake Seliger ecosystems

Плес Plez	Коэффициенты донной аккумуляции Bottom accumulation coefficients					Оценка загрязнения водного объекта Assessment of water body pollution
	Cr	Cu	Zn	Pb	Cd	
2023 год						
Полновский плес Polnovskiy plez	1,0·10 ⁴	1,9·10 ⁴	7,3·10 ⁴	6,8·10 ⁴	2,5·10 ³	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Березовский плес Berezovsky plez	5,9·10 ³	2,6·10 ⁴	6,3·10 ⁴	3,8·10 ⁴	1,8·10 ³	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Слободской плес Slobodskoy plez	4,9·10 ³	5,3·10 ³	3,5·10 ⁴	3,6·10 ⁴	5,3·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Осташковский плес Slobodskoy plez	9,1·10 ³	6,8·10 ³	3,7·10 ⁴	2,2·10 ⁴	4,2·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Селижаровский плес Selizharovskiy plez	1,4·10 ³	1,0·10 ⁴	2,1·10 ⁴	5,8·10 ⁴	4,9·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
2024 год						
Полновский плес Polnovskiy plez	1,8·10 ⁴	1,8·10 ⁴	7,3·10 ⁴	6,2·10 ⁴	2,1·10 ³	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Березовский плес Berezovsky plez	6,0·10 ³	2,9·10 ⁴	1,0·10 ⁵	3,9·10 ⁴	1,3·10 ³	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Слободской плес Slobodskoy plez	4,9·10 ³	5,2·10 ³	3,9·10 ⁴	3,4·10 ⁴	7,0·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Осташковский плес Slobodskoy plez	9,3·10 ³	6,6·10 ³	3,6·10 ⁴	2,1·10 ⁴	4,3·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution
Селижаровский плес Selizharovskiy plez	1,4·10 ³	1,2·10 ⁴	2,4·10 ⁴	6,5·10 ⁴	5,5·10 ²	высокий уровень хронического загрязнения high level of chronic pollution

Примечание: жирным шрифтом выделены невысокие значения КДА, которые, согласно приказу от 24.02.2014 №112 Министерства природных ресурсов и экологии РФ, указывают на поступление в водный объект свежего загрязнения
Note: low values of bottom accumulation coefficients are highlighted in bold, which, according to the order from 24.02.2014 №112 of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, indicate the inflow of fresh pollution into the water body

По данным проведенных в 2023 и 2024 гг. исследований авторами были рассчитаны коэффициенты донной аккумуляции (КДА), которые представляют собой отношение концентрации загрязняющего вещества в донных отложениях к концентрации этого вещества в воде¹¹. Результаты расчетов в 2024 году представлены в таблице 2.

ВЫВОДЫ

На основании результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- Пространственная неоднородность в распределении тяжелых металлов в воде оз. Селигер

обусловлена, главным образом, близостью крупных источников загрязнения, таких как промышленные и бытовые сточные воды г. Осташкова. Максимальные концентрации тяжелых металлов (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd) в воде и донных отложениях характерны для Слободского и Осташковского плесов (Городского плеса); минимальные – для Березовского и Полновского плесов. Вода Селижаровского плеса, через который осуществляется вынос значительной части загрязняющих веществ в р. Селижаровку, по уровню содержания изучаемых металлов занимает промежуточное положение.

- Несмотря на существующую тенденцию накопления металлов в компонентах озерной экосистемы, среднее содержание цинка, свинца и кадмия в воде даже наиболее загрязненных плесов не превышает значения предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для вод водных объектов рыбохозяйственного значения. Содержание меди при этом в воде Слободского и Осташковского плесов в 2024 году достигает уровней 6,8 и 5,5 ПДК соответственно.

¹¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24.02.2014 г. №112. «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов»
On the Approval of Methodological Guidelines for the Implementation of State Monitoring of Water Bodies in Terms of Organizing and Conducting Observations of the Content of Pollutants in Bottom Sediments of Water Bodies. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation No. 112 of February 24, 2014. (In Russian)

- Территориальное распространение изучаемых тяжелых металлов в донных отложениях озера практически повторяет закономерности распределения элементов в воде.
- Сравнение средних содержаний хрома в 2000, 2023 и 2024 гг. выявило тенденцию накопления данного элемента в донных отложениях Слободского и Осташковского плесов в 2024 г. – превышение по сравнению с 2000 г. составляет 10,1–20,9 раза. При этом вблизи места сброса промышленных и бытовых сточных вод г. Осташкова содержание хрома достигает высоких значений – до 2128–2140 мг/кг.
- На основании расчета значений коэффициентов донной аккумуляции (КДА) и методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов, установлен высокий уровень хронического загрязнения озера всеми изучаемыми металлами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. Москва: Агроконсалт, 2000. 200 с.
2. Черных Н.А., Челтыгмашева И.С., Баева Ю.И. Загрязнение почв тяжелыми металлами и качество растениеводческой продукции // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2003. N 9. С. 179–187.
3. Wang L.K., Chen J.P., Hung Y.-T. and Shammas N.K. Heavy Metals in the Environment. CRC Press, 2009, 516 p. <https://doi.org/10.1201/9781420073195>
4. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, 2010, 548 p. <https://doi.org/10.1201/b10158>
5. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy Metal Toxicity and the Environment. In: Luch A. (eds) Molecular, Clinical and Environmental Toxicology // Experientia Supplementum. 2012. V. 101. P. 133–164. Springer, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
6. Kabata-Pendias A., Szeke B. Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. 468 p. <https://doi.org/10.1201/b18198>
7. Koller M., Saleh H.M. Introductory Chapter: Introducing Heavy Metals. Heavy Metals. In Tech. 2018. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74783>
8. Masindi V., Muedi K.L. Environmental Contamination by Heavy Metals. Heavy Metals. InTech. 2018. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76082>
9. Baeva Yu., Chernykh N., Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Ovspeyan L. The content of heavy metals and arsenic in post-agrogenic soils of various climatic zones in Russia // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings. Sophia, 2019. P. 483–490. doi: 10.5593/sgem2019/3.2/S13.063
10. Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // Heliyon. 2020. V. 6(9). Article ID: e04691. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04691
11. Вертинский А.П. Проблемы загрязнения окружающей природной среды Российской Федерации тяжелыми металлами // Инновации и инвестиции. 2020. N 1. С. 232–237.
12. Chernykh N., Baeva Yu., Thoma A. Change of elemental composition of plants under the action of heavy metal // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. P. 123–130. doi: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.016
13. Li Y., Ye Z., Yu Y., Li Y., Jiang J., Wang L., Wang G., Zhang H., Li N., Xie X., Cheng X., Liu K., Liu M. A combined method for human health risk area identification of heavy metals in urban environments // Journal of Hazardous Materials. 2023. V. 449. Article ID: 131067. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131067>
14. Chernykh N.A., Baeva Yu.I. and Thoma A. Influence of a Municipal Solid Waste Landfill on the Soil Levels of Heavy Metals at Adjacent Territories // Russian Journal of General Chemistry. 2021. V. 91. P. 2917–2923. <https://doi.org/10.1134/S107036322113020X>
15. Yu Z., Liu E., Lin Q., Zhang E., Yang F., Wei C., Shen J. Comprehensive assessment of heavy metal pollution and ecological risk in lake sediment by combining total concentration and chemical partitioning // Environmental Pollution. 2021. V. 269. Article ID: 116212. doi: 10.1016/j.envpol.2020.116212
16. Jiang M., Wang Q., Tian X., Zhu X., Dong X., Wu Z., Yuan Y. Spatiotemporal variation and ecological risk assessment of sediment heavy metals in two hydrologically connected lakes // Frontiers in Ecology and Evolution. 2022. V. 10. Article ID: 1005194. doi: 10.3389/fevo.2022.1005194
17. Miranda L.S., Ayoko G.A., Egodawatta P., Goonetilleke A. Adsorption-desorption behavior of heavy metals in aquatic environments: Influence of sediment, water and metal ionic properties // Journal of Hazardous Materials. 2022. V. 421. Article ID: 126743. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126743>
18. Zachmann D., Van der Veen A., Friese K. Floodplain lakes as an archive for the metal pollution in the River Elbe (Germany) during the 20th century // Applied Geochemistry. 2013. V. 35. P. 14–27.
19. Буфетова М.В. Анализ изменения коэффициента донной аккумуляции тяжелых металлов от их концентрации в воде Азовского моря // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6 (72). N 2. С. 191–204.
20. Санин А.Ю., Строков А.А., Терский П.Н. Оценка влияния природных процессов на содержание тяжелых металлов в воде Онежского озера // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. 65(1). С.146–171. doi: 10.21638/spbu07.2020.108
21. Zhou Q., Yang N., Li Y., Ren B., Ding X., Bian H., Yao X. Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017 // Global Ecology and Conservation. 2020. V. 22. Article ID: e00925. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>
22. Атабиева Ф.А., Отарова А.С. Содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа (бассейн реки Терек) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. N 3. С. 89–101. doi: 10.35567/19994508_2023_3_6
23. Tereshchenko N.N., Chuzhikova-Proskurnina O.D., Proskurnin, V.Y., Hiep N.T. Heavy Metals and Metalloids in Water and Bottom Sediments in the Rivers in the Can Gio Biospheric Reserve, Vietnam // Water Resources. 2023. V. 50. P. 330–343. <https://doi.org/10.1134/S009780782302015X>
24. Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Дружинина А.С., Зыков С.Б. Сезонная динамика содержания тяжелых металлов и оценка загрязнения воды в реке Северная Двина (Архангельск) // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13. N 2. С. 223–233. doi: 10.25283/2223-4594-2023-2-223-233
25. Тихомиров О.А. Анализ влияния г. Твери на химический состав реки Волги // Вестник Тверского государственного университета. Серия «География и геоэкология». 2024. N1 (45). С. 5–12. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-5-12>
26. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году. Государственный доклад. М.: НИИ-Природа, 2018. 298 с.
27. Россолимо Л.Л., Покровская Т.В. Черты эвтрофирования озера Селигер // Типология озер. М.: Наука, 1967. С. 27–52.
28. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Золотарева Н.С. Современное экологическое состояние озера Селигер // Водные ресурсы. 1997. Т. 24 (3). С. 344–351.
29. Косов В.И., Косова И.В. Экология озера Селигер. Тверь: Изд. дом «Булат», 2001. 344 с.
30. Официальный сайт Тверского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. URL: <http://www.tvermeteo.ru/> (дата обращения: 27.01.2025)
31. О состоянии и об охране окружающей среды в Тверской области в 2023 году. Государственный доклад. Тверь, 2024. 135 с.
32. Chernykh N.A., Baeva Yu.I. and Ngo The Cuong. Seasonal Dynamics of Heavy Metal and Arsenic Content of Water and Sediments of the Srepok River (Vietnam) // Russian Journal of General Chemistry.

2020. V. 90 (13). P. 2598–2605.
<https://doi.org/10.1134/S1070363220130113>
33. ГОСТ 17.1.3.07-82. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
34. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
35. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб.
36. ГОСТ 31870-2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии.
37. ГОСТ 31956-2012. Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.
38. Янтурин С.И., Хисаметдинова А.Ю., Бускунова Г.Г. Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах малых рек западного склона хребта Ирандек // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10. N 2. С. 131–135. doi: 10.17816/snv2021102120
39. Тихомирова В.В., Смирнова П.С. Загрязнение поверхностных и сточных вод Российской Федерации тяжелыми металлами // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. N10 (124). С. 1–5.
40. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. 707 с.
41. Цыганов А.А. Гидрохимическое состояние озера Селигер // Вестник Тверского государственного университета. Серия «География и геоэкология». 2016. N 2. С. 161–175.
42. Суслова С.Б., Шилькрот Г.С., Кудерина Т.М. Гидрогеохимическая характеристика вод Селигера и Верхневолжских озер (по многолетним данным) // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы VI Международной научной конференции, Белгород, 2015. С. 324–328.
43. Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Толкачев Г.Ю., Ильина Т.А. Геоэкологические характеристики современных донных отложений озера Селигер вблизи города Осташкова // Экологические системы и приборы. 2022. N 1. С. 15–23. <https://doi.org/10.25791/esip.1.2022.1278>
- REFERENCES**
- Chernykh N.A., Ovcharenko M.M. *Tyazhelye metally i radionuklidy v biogeocenoze* [Heavy metals and radionuclides in biogeocenoses]. Moscow, Agrokonsalt Publ., 2000, 200 p. (In Russian)
 - Chernykh N.A., Cheltygmasheva I.S., Baeva Yu.I. Soil pollution by heavy metals and quality of crop production. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety]. 2003, no. 9, pp. 179–187. (In Russian)
 - Wang L.K., Chen J.P., Hung Y.-T., Shammass N.K. *Heavy Metals in the Environment*. CRC Press, 2009, 516 p. <https://doi.org/10.1201/9781420073195>
 - Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, 2010, 548 p. <https://doi.org/10.1201/b10158>
 - Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy Metal Toxicity and the Environment. In: Luch A. (eds.) *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Experientia Supplementum*, 2012, vol. 101, pp. 133–164. Springer, Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
 - Kabata-Pendias A., Szteke B. *Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments*. CrC Press, Taylor & Francis Group, 2015, 468 p. <https://doi.org/10.1201/b18198>
 - Koller M., Saleh H.M. Introductory Chapter: Introducing Heavy Metals. *Heavy Metals*. In Tech. 2018. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74783>
 - Masindi V., Muedi K.L. Environmental Contamination by Heavy Metals. *Heavy Metals*. In Tech. 2018. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76082>
 - Baeva Yu., Chernykh N., Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Ovsepyan L. The content of heavy metals and arsenic in post-agrogenic soils of various climatic zones in Russia. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings. Sophia, 2019, pp. 483–490. doi:10.5593/sgem2019/3.2/S13.063
 - Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 2020, no. 6(9), article id: e04691. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04691
 - Vertinsky A.P. Problems of environmental pollution of the Russian Federation by heavy metals. *Innovacii i investicii* [Innovations and Investments]. 2020, no. 1, pp. 232–237. (In Russian)
 - Chernykh N., Baeva Yu., Thoma A. Change of elemental composition of plants under the action of heavy metal. 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020, pp. 123–130. doi:10.5593/sgem2020/5.1/s20.016
 - Li Y., Ye Z., Yu Y., Li Y., Jiang J., Wang L., Wang G., Zhang H., Li N., Xie X., Cheng X., Liu K. and Liu M. A combined method for human health risk area identification of heavy metals in urban environments. *Journal of Hazardous Materials*, 2023, vol. 449, article id: 131067. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131067>
 - Chernykh N.A., Baeva Yu.I., Thoma A. Influence of a Municipal Solid Waste Landfill on the Soil Levels of Heavy Metals at Adjacent Territories. *Russian Journal of General Chemistry*, 2021, vol. 91, pp 2917–2923. <https://doi.org/10.1134/S107036322113020X>
 - Yu Z., Liu E., Lin Q., Zhang E., Yang F., Wei C., Shen J. Comprehensive assessment of heavy metal pollution and ecological risk in lake sediment by combining total concentration and chemical partitioning. *Environmental Pollution*, 2021, no. 269, article id: 116212. doi: 10.1016/j.envpol.2020.116212
 - Jiang M., Wang Q., Tian X., Zhu X., Dong X., Wu Z. and Yuan Y. Spatiotemporal variation and ecological risk assessment of sediment heavy metals in two hydrologically connected lakes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2022, vol. 10, article id: 1005194. doi: 10.3389/fevo.2022.1005194
 - Miranda L.S., Ayoko G.A., Egodawatta P., Goonetilleke A. Adsorption-desorption behavior of heavy metals in aquatic environments: Influence of sediment, water and metal ionic properties. *Journal of Hazardous Materials*, 2022, vol. 421, article id: 126743. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126743>
 - Zachmann D., Van der Veen A., Frieze K. Floodplain lakes as an archive for the metal pollution in the River Elbe (Germany) during the 20th century. *Applied Geochemistry*, 2013, vol. 35, pp. 14–27.
 - Bufetova M.V. Analysis of changes in the coefficient of bottom accumulation of heavy metals from their concentration in the water of the Azov Sea. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology]. 2020, vol. 6 (72), no. 2, pp. 191–204. (In Russian)
 - Sanin A.Y., Strokov A.A., Terskii P.N. Assessment of natural processes impact on content of heavy metals in water of Lake Onego. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 2020, vol. 65(1), pp. 146–171. (In Russian) doi: 10.21638/spbu07.2020.108
 - Zhou Q., Yang N., Li Y., Ren B., Ding X., Bian H., Yao X. Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 2020, vol. 22, article id: e00925. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>
 - Atabieva F.A., Otarov A.S. Heavy metals content in the water of the rivers of the Central Caucasus (the Terek River basin). *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2023, no. 3, pp. 89–101. (In Russian) doi: 10.35567/19994508_2023_3_6
 - Tereshchenko N.N., Chuzhikova-Proskurnina O.D., Proskurnin, V.Y., Hiep N.T. Heavy Metals and Metalloids in Water and Bottom Sediments in the Rivers in the Can Gio Biospheric Reserve, Vietnam. *Water Resources*, 2023, vol. 50, pp. 330–343. <https://doi.org/10.1134/S009780782302015X>
 - Yakovlev E.Yu., Druzhinin S.V., Druzhinina A.S., Zykov S.B., Ivanchenko N.L. Seasonal dynamics of heavy metals content and assessment of water pollution in the Northern Dvina River (Arkhangelsk). *Arctic: Ecology and Economy*, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 223–233. (In Russian) doi: 10.25283/2223-4594-2023-2-223-233
 - Tikhomirov O.A. Analysis of the influence of the city of Tver on the chemical composition of the Volga River. *Bulletin of Tver State University. Series Geography and Geoecology*, 2024, no. 1 (45), pp. 5–12. (In Russian) <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2024-1-5-12>
 - O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossijskoj Federacii v 2017 godu. *Gosudarstvennyj doklad* [On the state and use of water

- resources of the Russian Federation in 2017. State report]. Moscow, NIA-Priroda Publ., 2018, 298 p. (In Russian)
27. Rossolimo L.L., Pokrovskaya T.V. Features of eutrophication of Lake Seliger. In: *Tipologiya ozer* [Typology of lakes]. Moscow, Nauka Publ., 1967, pp. 27–52. (In Russian)
28. Brekhovskikh V.F., Volkova Z.V., Zolotareva N.S. Modern ecological state of Lake Seliger. *Vodnye resursy* [Water Resources]. 1997, vol. 24 (3), pp. 344–351. (In Russian)
29. Kosov V.I., Kosova I.V. *Ekologiya ozera Seliger* [Ecology of Lake Seliger]. Tver, 2001, 344 p. (In Russian)
30. *Ofitsial'nyi sait Tverskogo tsentra gidrometeorologii i monitoringa okruzhayushchei sredy* [Official website of the Tver Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring]. Available at: <http://www.tvermeteo.ru/> (accessed 27.01.2025)
31. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy v Tverskoi oblasti v 2023 godu. Gosudarstvennyi doklad* [On the state and environmental protection in Tver Oblast in 2023. State report]. Tver, 2024, 135 p. (In Russian)
32. Chernykh N.A., Baeva Yu.I., Ngo The Cuong. Seasonal Dynamics of Heavy Metal and Arsenic Content of Water and Sediments of the Srepok River (Vietnam). *Russian Journal of General Chemistry*, 2020, vol. 90 (13), pp. 2598–2605. <https://doi.org/10.1134/S1070363220130113>
33. GOST 17.1.3.07-82. *Mezhgosudarstvennyi standart. Okhrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov* [GOST 17.1.3.07-82. Interstate standard. Nature protection. Hydrosphere. Rules for water quality control of water bodies and watercourses]. (In Russian)
34. GOST 17.1.5.01-80. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozhenii vodnykh ob"ektov dlya analiza na zagryaznennost'* [GOST 17.1.5.01-80 Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water bodies for pollution analysis]. (In Russian)
35. GOST R 59024-2020. *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [GOST R 59024-2020. Water. General requirements for sampling]. (In Russian)
36. GOST 31870-2012. *Voda pit'evaya. Opredelenie soderzhaniya elementov metodami atomnoi spektrometrii* [GOST 31870-2012. Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods]. (In Russian)
37. GOST 31956-2012. *Voda. Metody opredeleniya soderzhaniya khroma (VI) i obshchego khroma* [GOST 31956-2012. Water. Methods for determination of chromium (VI) and total chromium content]. (In Russian)
38. Yanturin S.I., Khisametdinova A.Yu., Buskunova G.G. Heavy metals content in surface waters of small rivers of the western slope of the Iradek Ridge. *Samara Journal of Science*, 2021, vol. 10, no. 2, pp. 131–135. (In Russian) doi: 10.17816/snv202121102120
39. Tikhomirova V.V., Smirnova P.S. Pollution of surface and wastewater of the Russian Federation with heavy metals. *International Research Journal*, 2022, no. 10(124), pp. 1–5. (In Russian) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.55>
40. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2023 godu. Proekt Gosudarstvennogo doklada* [On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2023. Draft State Report]. Moscow, 2024, 707 p. (In Russian)
41. Tsyganov A.A. Hydrochemical condition of Lake Seliger. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Geografiya i geoekologiya»* [Herald of Tver State University. Series: Geography and Geoecology]. 2016, no. 2, pp. 161–175. (In Russian)
42. Suslova S.B., Shilkrot G.S., Kuderina T.M. Gidrogeohimicheskaya harakteristika vod Seligera i Verhnevolzhskikh ozer (po mnogoletnim dannym) [Hydrogeochemical characterisation of waters of Seliger and Upper Volga lakes (based on long-term data)]. *Problemy prirodopol'zovaniya i ekologicheskaya situatsiya v Evropejskoj Rossii i sopredel'nyh stranah: Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Problems of nature management and environmental situation in European Russia and adjacent countries: Proceedings of the VI International Scientific Conference]. Belgorod, 2015, pp. 324–328. (In Russian)
43. Korzhenevskiy B.I., Kolomiitsev N.V., Tolkachev G.Yu., Ilyina T.A. Geoecological characteristics of modern bottom sediments of Lake Seliger near the town of Ostashkov. *Ecological systems and devices*, 2022, no. 1, pp. 15–23. (In Russian) <https://doi.org/10.25791/esip.1.2022.1278>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юлия И. Баева собрала и обработала полевые данные, проанализировала результаты, написала рукопись статьи. Наталья А. Черных подготовила обзор литературы по проблеме исследования, провела вычисления, доработала текст, представила данные, подготовила текст статьи. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yulia I. Baeva collected material and processed field data, undertook analysis of results and writing the article. Natalia A. Chernykh review the literature on the research topic, performed computations, revised the text, presented the data, prepared the text of the article. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Юлия И. Баева / Yulia I. Baeva <https://orcid.org/0000-0002-6137-2321>

Наталья А. Черных / Natalia A. Chernykh <https://orcid.org/0000-0003-1380-2291>

Оригинальная статья / Original article

УДК 913:338.483

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-13



Особенности формирования ландшафтно-экологического каркаса на примере ключевых районов Оренбургской области

Наталья Ю. Святоха, Александр А. Чибилёв

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Наталья Ю. Святоха, кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук; 460040 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.

Тел. +79878723284

Email osugeo@yandex.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-5707-2932>**Формат цитирования**

Святоха Н.Ю., Чибилёв А.А. Особенности формирования ландшафтно-экологического каркаса на примере ключевых районов Оренбургской области // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 145-154.
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-13

Получена 14 июня 2025 г.

Прошла рецензирование 28 июля 2025 г.

Принята 31 июля 2025 г.

Резюме

Цель: выявить региональные особенности формирования и функционирования ландшафтно-экологического каркаса (ЛЭК) на примере территории районов Оренбургской области.

Исследование базируется на комплексном каркасно-ландшафтном подходе, интегрирует традиционные методы географического анализа с современными геоинформационными технологиями. Информационную основу работы составили официальные статистические данные, данные дистанционного зондирования Земли, материалы полевых исследований.

Определены ключевые компоненты ЛЭК районов Оренбургской области. Выявлены существенные различия в структуре и функционировании ЛЭК в исследуемых районах. Более высокой степенью связанности элементов ЛЭК характеризуется Светлинский район, наименьшей – Первомайский район. Определена роль охотничьих хозяйств как буферных элементов и экологических коридоров; выявлены перспективы формирования природоохранных туристских ландшафтных комплексов в структуре ЛЭК для снижения антропогенной нагрузки на ядра.

Оптимизация ЛЭК требует дифференцированного подхода с учётом природно-хозяйственной специфики каждого района. Перспективы развития ЛЭК анализируемых районов связаны с функциональным зонированием территорий, расширением экологических коридоров, формированием новых функциональных элементов каркаса, таких как природоохранные-туристские территории, а также интеграцией ЛЭК в схемы территориального планирования.

Ключевые слова

Ландшафтно-экологический каркас, Оренбургская область, ООПТ, экологические коридоры, территориальное планирование.

Features of the formation of a landscape-ecological framework: A case study of key districts in the Orenburg region, Russia

Natalia Yu. Svyatokha and Alexander A. Chibilev

Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Federal Research Centre,
Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Principal contact

Natalia Yu. Svyatokha, Candidate of Geographical Sciences, Researcher, Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences – Orenburg Federal Research Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St., Orenburg, Russia 460040.

Tel. +79878723284

Email osugeo@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/000-0002-5707-2932>

How to cite this article

Svyatokha N.Yu., Chibilev A.A. Features of the formation of a landscape-ecological framework: A case study of key districts in the Orenburg region, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):145-154. (In Russ.)
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-13

Received 14 June 2025

Revised 28 July 2025

Accepted 31 July 2025

Abstract

Aim. To identify regional peculiarities of the formation and functioning of the landscape-ecological framework (LEF) of a territory using the example of districts in Orenburg Oblast.

The study is based on an integrated framework-landscape approach that combines traditional methods of geographical analysis with modern geoinformation technologies. The informational foundation of the work consisted of official statistical data, remote sensing data and materials from field studies.

The key components of the LEF districts in the Orenburg region have been identified. Significant differences in the structure and functioning of the LEF in the studied districts were identified. Svetlinsky District is characterized by a higher degree of connectivity of LEF elements, while Pervomaysky District has the lowest. The role of hunting grounds as buffer elements and ecological corridors was determined; prospects for the formation of recreational and environmental landscape complexes within the LEF structure to reduce anthropogenic pressure on core areas were identified.

Significant differences in the structure and functioning of the LEF in the studied districts were identified. Svetlinsky district is characterised by a higher degree of connectivity of LEF elements, while Pervomaysky district has the lowest. Analysis of remote sensing data in all districts revealed significant discrepancies between official land category data and actual land use. The role of hunting grounds as buffer elements and ecological corridors was determined and prospects for the formation of recreational and environmental landscape complexes within the LEF structure to reduce anthropogenic pressure on core areas were identified.

Key Words

Landscape-ecological framework, Orenburg region, protected areas, ecological corridors, territorial planning.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях нарастающих экологических вызовов XXI века, включая сокращение биоразнообразия и изменение природных экосистем, формирование устойчивых ландшафтных структур становится важной задачей рационального природопользования. Особую значимость в этом контексте приобретает концепция ландшафтно-экологического каркаса (ЛЭК) – целостной системы взаимосвязанных природных и антропогенно-трансформированных территорий, выполняющих средообразующие, ресурсоохранные и биоцено-тические функции.

Исследование пространственной организации территорий традиционно опирается на каркасный подход, который получил широкое теоретическое обоснование и практическое применение в различных направлениях географической науки. Исторически становление этого подхода связано с работами Н.Н. Баранского [1], который впервые выдвинул идею опорного каркаса территории, однако системное научное обоснование она получила в исследованиях Г.М. Лаппо [2], разработавшего концептуальные основы каркасной организации пространства. В отечественной социально-экономической географии идея каркаса получила интенсивное развитие, что привело к формированию множества специализированных концепций: опорного каркаса расселения, опорного туристско-рекреационного каркаса, историко-культурного каркаса, транспортного и лесомелиоративного каркаса и т.д. [3; 4].

Термин «ландшафтно-экологический каркас» в его современном понимании сформировался в российской географической и экологической науке в конце XX века, однако его концептуальные основы восходят к более ранним работам. Базовые составляющие концепции были заложены, в частности, в работах А. Тенсли (концепция экосистемы) [5], Б.В. Сочавы (понятие геосистемы) [6] и Р. Формана и М. Годрона (матричная концепция ландшафта: «матрица-пятно-коридор», ставшая важной теоретической основой для современного понимания структуры ландшафтно-экологического каркаса) [7].

Значительное влияние на формирование концепции ЛЭК оказала программа биосферных резерватов ЮНЕСКО, запущенная в 1970-х годах в рамках программы «Человек и биосфера» (Man and Biosphere) [8]. Биосферные резерваты реализуют модель трехзонной организации территории, включающей ядро строгой охраны, буферную зону с ограниченной хозяйственной деятельностью и зону сотрудничества для устойчивого развития. Эта структура стала прообразом иерархического построения ЛЭК, где ядровые территории соответствуют заповедным зонам, экологические коридоры обеспечивают связность, а буферные зоны смягчают антропогенное воздействие.

Концепция опорного каркаса занимает центральное место в теории поляризованного ландшафта, разработанной Б.Б. Родоманом [9]. В основе модели лежит принцип функционального зонирования, предполагающий четкое разграничение участков интенсивного хозяйственного использования и охраняемых природных территорий. Модель поляризованного ландшафта включает урбанизированные центры развития, транспортные коммуникации и природные территории, образующие экологический

каркас. Особое внимание уделяется созданию системы экологических коридоров, обеспечивающих связность природных компонентов и смягчающих антропогенное воздействие. При этом транспортно-расселенческий каркас проектируется с учетом необходимости сохранения экологического баланса территории.

Развитие концепции ЛЭК в российской науке связано с фундаментальными работами А.Г. Исаченко [10] – разработкой теоретических и методологических основ ландшафтоведения, формированием методики ландшафтного картографирования. Его научное наследие заложило фундамент для современного понимания ЛЭК как системы взаимосвязанных природных комплексов, обеспечивающих экологическую устойчивость территории.

Значительный вклад в развитие концепции ЛЭК на рубеже XX–XXI веков внес Е.Ю. Колбовский, его работы (в частности, [11]) позволили перевести собственные теоретические наработки и идеи коллег в практическую плоскость территориального планирования и управления.

Концепция формирования ландшафтно-экологического каркаса для степных регионов была сформулирована в трудах А.А. Чибилёва [12–14]. В работах высказаны идеи создания непрерывной сети равнозначных ООПТ и оптимизации схем территориального развития регионов. А.А. Чибилёв обосновал необходимость формирования системы эталонных природных комплексов, выполняющих функции рефугиумов биоразнообразия и стабилизирующих элементов в структуре природно-хозяйственных систем. Особое внимание уделяется репрезентативности сети ООПТ, которая должна равномерно охватывать все ландшафтные провинции степной зоны и отражать их экосистемное разнообразие. Особую научную ценность представляет принцип создания «ландшафтных аналогов» – дублирующих эталонных участков, снижающих риск безвозвратной утраты уникальных природных комплексов.

Оренбургская область, охватывающая юго-восточную окраину Восточно-Европейской равнины, южную оконечность Урала и южное Зауралье, представляет собой уникальный регион для изучения процессов формирования ЛЭК. Здесь сохранились участки нетронутых степей, соседствующих с интенсивно используемыми сельскохозяйственными угодьями. Однако усиление антропогенного пресса, проявляющееся в распашке целинных земель, развитии инфраструктуры и горнодобывающей промышленности, приводит к фрагментации естественных ландшафтов и утрате их экологической устойчивости.

Оренбургская область занимает особое положение в системе охраны степных ландшафтов, являясь единственным регионом степной зоны, где в 1989 году был создан уникальный степной заповедник кластерного типа. Этот заповедник, охватывающий все физико-географические провинции от Заволжья до Зауралья, состоит из пяти участков общей площадью более 38 тысяч гектаров, что делает его важнейшим элементом экологического каркаса региона, при этом потенциал расширения сети охраняемых территорий в области далеко не исчерпан [12].

В этой связи особую научную и практическую значимость приобретает сравнительный анализ особенностей формирования ЛЭК в различных

природно-хозяйственных условиях области. В качестве ключевых объектов исследования выбраны три контрастных района:

1. Беляевский район – территория с относительно сохранными степными экосистемами, включая участки государственного природного заповедника «Оренбургский» (Буртинская степь, Предуральская степь), где ЛЭК формируется вокруг крупных особо охраняемых территорий – ядер каркаса;

2. Первомайский район – зона интенсивного агропромышленного освоения, требующая разработки специальных подходов к созданию экологических коридоров между фрагментированными природными участками;

3. Светлинский район – уникальный водно-степной комплекс с системой озер (Шалкар-Ега-Кара и др.), играющих ключевую роль в поддержании биоразнообразия.

Цель исследования заключается в выявлении региональных особенностей формирования ландшафтно-экологического каркаса на примере территории контрастных районов Оренбургской области и разработке научно обоснованных принципов его оптимизации с учетом современных антропогенных вызовов.

Все три рассматриваемых района расположены вдоль государственной границы, что, наряду с другими факторами, способствовало сохранению ключевых элементов ландшафтно-экологического каркаса. Их периферийное положение, характеризующееся удаленностью от крупных промышленных центров, разреженной транспортной сетью и низкой плотностью населения, создало естественные предпосылки для поддержания экологической устойчивости территорий. Полевые исследования под руководством А.А. Чибилёва и сотрудников Института степи УрО РАН подтвердили феномен повышенного биоразнообразия в приграничной зоне. Этот феномен требует дальнейшего научного осмысления и может стать основой для разработки новых подходов к территориальному планированию в степных регионах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследования базируется на комплексном каркасно-ландшафтном подходе. В качестве информационной базы исследования использовались фундаментальные научные труды, посвященные теории и практике формирования ландшафтно-экологического каркаса, а также работы, детально рассматривающие природно-хозяйственные особенности Оренбургской области и ключевых районов исследования. Для анализа современной пространственной организации территорий и структуры землепользования применялись официальные статистические данные о распределении земель по категориям и видам разрешенного использования, полученные из открытых ежегодных отчетов Министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области, а также из официальных докладов глав администраций Беляевского, Первомайского и Светлинского районов. Дополнительно были задействованы картографические материалы, включая тематические карты из научных публикаций и открытые картографические сервисы [15].

Для отображения каркаса древесной растительности через платформу Google Earth Engine был получен

растровый слой высоты древесного покрова [16], отобраны деревья с высотой более 1 м.

Для каждого района были картированы ключевые элементы современного ландшафтно-экологического каркаса. ГИС-обработка данных и визуализация результатов проводилась с использованием программного обеспечения QGIS 3.44.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Светлинский район (рис. 1) Оренбургской области представляет собой оригинальную модель организации ландшафтно-экологического каркаса в условиях бессточной зоны степных озёр. Центральным элементом ЛЭК выступает динамичная озёрная система, включающая крупные водоёмы (Шалкар-Ега-Кара, Жетыколь), играющие роль ключевых гидрологических узлов; сеть средних и малых озёр, выполняющих буферные и биокоридорные функции; реку Буруктал с её специфическим пульсирующим режимом стока. Особенностью этой системы является её циклическая динамика – река имеет сток в озеро Шалкар-Ега-Кара только в весеннее время и не каждый год, озера же в отдельные года пересыхают совсем, а в некоторые года весной разливаются столь широко, что крупные и средние озёра соединяются между собой. Такая пульсация создаёт уникальные условия для формирования адаптивных экологических связей и поддерживает высокое биоразнообразие водно-болотных угодий.

В качестве ядра ЛЭК (рис. 1), выполняющего функции сохранения природных комплексов и поддержания должного уровня разнообразия видов, можно рассматривать заповедный участок «Ащисайская степь», сохраняющий типчаково-ковыльные, белопольно-ковыльные степи с солонцами и щебнистыми вариантами на остовах из палеозойских пород: кварцитов, кварцито-песчаников, различных слюдистых сланцев. До девяностых годов прошлого века в Ащисайской степи на миграциях отмечались многочисленные стада сайгаков. В 2023 году сайгаки вновь в небольшом количестве зашли в Зауральские степи Оренбуржья. В Ащисайской степи наблюдается высокая плотность заселения степных сурков.

Скальные комплексы (Верблюд, Аккарга) выступают в качестве ключевых геоморфологических узлов, обеспечивающих структурную целостность каркаса. Особенностью данного района является естественная динамичность водно-степных комплексов, требующая специальных подходов к мониторингу и управлению элементами ЛЭК [17; 18].

Сельскохозяйственное освоение территории района представляет собой ключевой фактор антропогенного воздействия на природные комплексы. Для района характерна мозаичная структура агроландшафтов, где участки активного земледелия соседствуют с длительно неиспользуемыми залежами. Животноводство, представленное преимущественно пастбищным содержанием скота, оказывает умеренное воздействие благодаря низкой плотности поголовья и значительной площади естественных кормовых угодий.

Промышленное освоение территории носит очаговый характер и включает предприятия добывающего («Аккаргинские хромиты», «ЛБ Минерал-Светлое») и перерабатывающего секторов («Русникель»), а также объекты энергетической инфраструктуры. Сохранение площадей естественных

пастбищ и периодически выводимых из оборота пахотных угодий поддерживает экологическую

устойчивость района, обеспечивая условия для сохранения биологического разнообразия.

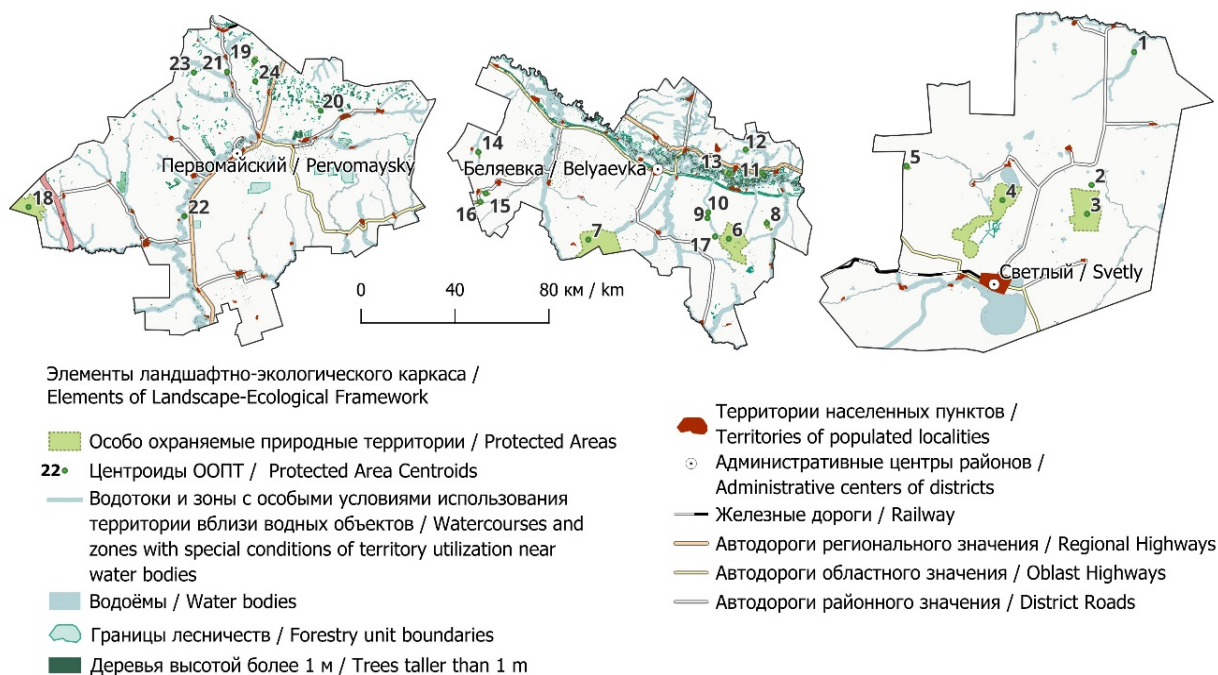


Рисунок 1. Элементы ландшафтно-экологического каркаса ключевых районов

Оренбургской области – Первомайского, Беляевского и Светлинского

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – Скала Верблюды; 2 – Озеро Карамола; 3 – Ащисайская степь;

4 – Заказник Светлинский; 5 – Джыбыгинская степь; 6 – Заповедник Оренбургский, Буртинская степь;

7 – Заповедник Оренбургский, Предуральская степь; 8 – Карстовое поле Жанатаускен; 9 – Тузлуккольские грязи;

10 – Солёное урочище; 11 – Гора Верблюжка; 12 – Малое Косымское ущелье; 13 – Гора Маячная; 14 – Овраг Консу;

15 – Овраг Блюменталь; 16 – Овраг Кызылоба; 17 – Донской дубняк; 17 – Озеро Косколь; 18 – Заповедник Оренбургский,

Таловская степь; 19 – Частые колки; 20 – Монастырский лес; 21 – Назаровская сосновая аллея;

22 – Аничкин сад; 23 – Липовый лес; 24 – Урочище Котлы

Figure 1. Elements of the landscape–ecological framework in key districts of Orenburg Oblast – Pervomaysky, Belyaevsky, and Svetlinsky

Numbers on the figure indicate: 1 – Camel Rock; 2 – Karamola Lake; 3 – Ashchisay Steppe; 4 – Svetlinsky Nature Reserve;

5 – Dzhabyginskaya Steppe; 6 – Orenburg Nature Reserve, Burtinskaya Steppe; 7 – Orenburg Nature Reserve,

Preduralskaya Steppe; 8 – Zhanatausken Karst Field; 9 – Tuzlukkol Mud Deposits; 10 – Salty Tract;

11 – Camel Hill; 12 – Maloye Kosymskoye Gorge; 13 – Mayachnaya Mountain; 14 – Konsu Ravine;

15 – Blyumental Ravine; 16 – Kzyloba Ravine; 17 – Donskoy Oak Grove; 17 – Koskol Lake;

18 – Orenburg Nature Reserve, Talovskaya Steppe; 19 – Frequent Groves; 20 – Monastery Forest;

21 – Nazarov Pine Alley; 22 – Anichkin Garden; 23 – Linden Forest; 24 – Kotly Tract

Структурную основу ландшафтно-экологического каркаса Беляевского района (рис. 1) составляют заповедные участки «Буртинская степь» и «Предуральская степь», выполняющие функции ключевых ядер биоразнообразия. Буртинская степь площадью 45 км² представляет собой сочетание самых разнообразных урочищ от фрагментов водораздельных плато с зональной разнотравно-ковыльной степью и разветвленной балочной сети с осиново-березовыми колками до родниковых урочищ, черноольховых болотных кочкарников; ландшафт Буртинской степи сохранился из-за отсутствия земель, пригодных для распашки. Более крупный заповедный участок, Предуральская степь (165 км²), представляет собой уникальный комплекс реинтродукции лошади Пржевальского, где численность популяции составляет 120 особей, что создаёт условия для восстановления исторических пастбищных сукцессий.

Гидрологическая система каркаса организована вокруг реки Урал, выполняющей роль осевого

экологического коридора. Её пойменные комплексы с подковообразными плесами и тополевыми лесами в сочетании с сетью притоков (Буртя, Урта-Буртя, Бурля) формируют водно-экологическую сеть.

Геоморфологический каркас образован системой орографических элементов: Долгими горами – зоной передовых складок Урала, Гирьяльским хребтом солянокупольного происхождения, Бандитскими горами, а также отдельными вершинами (горы Верблюжка, Маячная, Кармен и др.). Эти элементы не только определяют ландшафтное разнообразие, но и выполняют важную средообразующую функцию, создавая экологические ниши для специализированных биоценозов. В Беляевском районе лик ландшафта в значительной степени формируют карстовые процессы: карстовые поля (Жанатаускен, Конезаводское, Мартышкин рудник) представляют специфические геоэкологические узлы каркаса.

Буферная зона каркаса включает экотонные комплексы Урало-Сакмарского междуречья, балки с осиново-березовыми колками и охранные территории. Эти элементы обеспечивают экологическую связность между ядрами и смягчают антропогенное воздействие, оказываемое преимущественно транспортными коридорами (трасса Оренбург-Орск), сельскохозяйственными угодьями и рядом промышленных предприятий (добыча гипсового сырья, производство строительных смесей на гипсовой основе и асфальтобетонных дорожных смесей). Охранная зона Буртинской степи включает уникальные урочища, перспективные для познавательного туризма: Солёное урочище с гипсовыми выходами, ручей Тузлукколь, красноцветную гряду Северный Кармен, карстовое поле Жанатаускен и кварцитовые выходы урочища Каменные овцы. Эти объекты, формируя буферную зону заповедника, могут служить альтернативными точками притяжения для туристов, снижая антропогенную нагрузку на ядро ООПТ [17; 18].

Беляевский район, в силу своего географического положения (близости к областному центру, в частности) – наиболее уязвимая территория среди рассматриваемых районов. Уникальность его ландшафтно-экологического каркаса определяется сочетанием природоохранных и реставрационных функций. Оренбургский заповедник на территории Предуральской степи демонстрирует инновационный подход к восстановлению степных экосистем через реинтродукцию ключевого вида – лошади Пржевальского. Перспективы развития каркаса связаны с созданием экологических коридоров между охраняемыми территориями, организацией геопарков на базе уникальных географических объектов и развитием регулируемого экотуризма, что позволит совместить задачи сохранения биоразнообразия и устойчивого природопользования.

Первомайский район (рис. 1) – территория интенсивного сельскохозяйственного освоения. Территориальная дифференциация района проявляется в четко выраженной широтной зональности: от разнотравно-типчаково-ковыльных степей на обыкновенных черноземах с мелкими островными байрачными дубово-березовыми и осиново-березовыми лесками на севере до полынно-типчаковых сообществ с солонцами на темно-каштановых почвах на юге. Эта природная градиация осложнена антропогенной трансформацией, достигшей максимальной интенсивности в центральной части района, где естественные степные ландшафты практически полностью замещены агроценозами.

Ядром экологического каркаса выступает участок государственного заповедника «Оренбургский» – «Таловская степь», который отражает первозданный облик малопригодных для распашки угодий Общего Сырта. Этот природный комплекс демонстрирует сочетание типчаково-ковыльных и типчаково-полынных ассоциаций с богатым кустарниковым ярусом, представленным чилигой, спиреей и степной вишней.

Гидрологическая система района образована рекой Чаган и ее притоками, включает сеть пойменных озер и временных водотоков, выполняющих функции экологических коридоров.

Сохранившиеся лесные урочища (Липовый Лес, Макарьев Лес и др.) играют важную роль в поддержании биоразнообразия и выступают буферными элементами между интенсивно используемыми сельскохозяйугодьями [17; 18].

Особенностью района является выраженный контраст между полностью трансформированными центральными участками и относительно сохранными периферийными территориями, где сохранились элементы естественного ландшафта. Таловская степь в этом контексте выступает не только как резерват биоразнообразия, но и как важный объект для изучения восстановительных сукцессий в степных экосистемах.

Промышленное освоение территории Первомайского района характеризуется развитием добывающего сектора – освоением месторождений нефти и газа. Деятельность нефтегазовых предприятий («ННК-Оренбургнефтегаз», «РН-БГПП») формирует локальные очаги техногенного воздействия. Обработывающая промышленность, включающая пищевые производства и деревообработку, отличается рассредоточенным характером размещения и умеренным экологическим воздействием.

Современная пространственная организация хозяйственной деятельности создает мозаичную структуру антропогенного воздействия, где зоны интенсивного промышленного и сельскохозяйственного использования чередуются с относительно сохранными природными территориями. Перспективы устойчивого развития района связаны с внедрением природосберегающих технологий в нефтедобычу и сельском хозяйстве, а также с расширением сети особо охраняемых природных территорий в зонах активного хозяйственного освоения.

Анализ пространственной организации ландшафтно-экологического каркаса в трёх контрастных районах Оренбургской области выявил различия в его структуре, обусловленные спецификой природных условий и характером антропогенной нагрузки. Функциональная целостность и экологическая эффективность каркаса зависят не только от наличия и взаимосвязи его ключевых элементов (ядер, коридоров, буферных зон), но и от общего характера землепользования на территории. Анализ землепользования необходим для объективной оценки антропогенной трансформации территорий и разработки научно обоснованных мер по оптимизации ЛЭК. В этой связи был осуществлён анализ структуры землепользования, основанный на сопоставлении официальных статистических данных и результатов дешифрирования актуальных спутниковых снимков. Такой подход позволяет перейти от описания моделей организации каркаса к выявлению объективных закономерностей и противоречий в освоении территорий, что является основой для последующего планирования и принятия управленческих решений.

Для комплексной оценки антропогенного воздействия и потенциала экологической стабилизации был проведен детальный анализ распределения земельных ресурсов по официальным категориям земель и их использованию под пашни на основе данных официальной статистики (рис. 2).

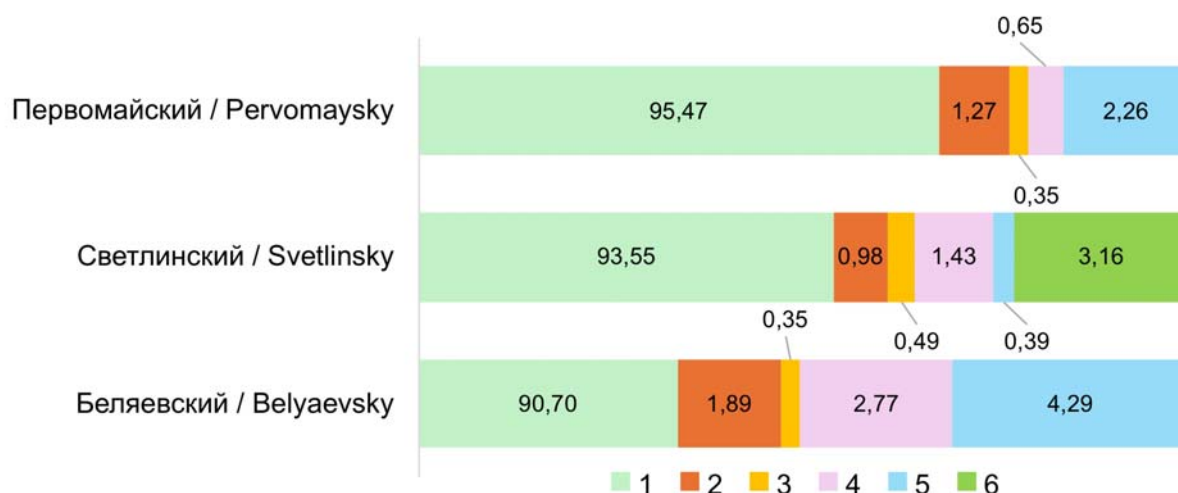


Рисунок 2. Официальные данные о структуре земель по категориям (2023 г.).

Цифрами обозначены: 1 – земли сельскохозяйственного назначения, га; 2 – земли населенных пунктов, га; 3 – земли промышленности, транспорта и иного специального назначения, га; 4 – земли особо охраняемых территорий и объектов, га; 5 – земли лесного фонда, га; 6 – земли запаса, га

Figure 2. Official data on the structure of land by category (2023 year).

The numbers indicate: 1 – agricultural land, ha; 2 – settlement land, ha; 3 – industrial, transport, and other special-purpose land, ha; 4 – specially protected areas and objects land, ha; 5 – forest fund land, ha; 6 – reserve land, ha

В структуре категорий земель Беляевского, Светлинского и Первомайского районов прослеживается выраженная пространственная неоднородность распределения земельных ресурсов, обусловленная как природно-климатическими факторами, так и особенностями хозяйственного освоения территорий. Все три района превышают среднюю по области долю земель сельскохозяйственного назначения (88,1 %), достигая максимальных значений в Первомайском (95,5 %) и Светлинском (93,6 %) районах, что свидетельствует об их формальной специализации на аграрном использовании территорий. При этом Беляевский район выделяется повышенной долей земель особо охраняемых территорий (2,8 % против 0,9 % по области), а Светлинский – значительным резервом земель запаса (3,2 % против 0,3 % в среднем по области). Характерно, что доля земель населенных пунктов во всех трех районах (1,0–1,9 %) существенно ниже среднеобластного показателя (3,3 %), что формально указывает на меньшую степень урбанизированности этих территорий. Важно отметить, что выявленные различия в распределении земель по категориям отражают прежде всего особенности территориального планирования и закреплённый правовой статус участков, но не дают информации об их фактическом состоянии и использовании [19].

По официальным данным в Светлинском районе посевная площадь зерновых, кормовых и технических культур по сельскохозяйственным предприятиям всех форм собственности района составила 24,45 % от площади района (общая площадь пашни 51,37 %), в Беляевском районе посевные площади составляют 23,6 % территории района (пашня – 41,2 %), в Первомайском районе – 32,5 % (общая площадь пашни 52,6 %). Небольшой процент использования пашни может сигнализировать о процессах залежности,

которые при целенаправленном управлении способны стать элементами восстановления ландшафтно-экологического каркаса.

Анализ пространственной организации ЛЭК выявил различные уровни связанности его компонентов в исследуемых районах, напрямую коррелирующие со степенью антропогенной трансформации территории. Светлинский район демонстрирует высокую структурную и функциональную связанность элементов каркаса, где уникальная гидрологическая система озёр с их пульсирующим гидрологическим режимом образует динамичное единство с окружающими степными массивами, создавая интегрированную сеть с четко выраженными ядрами (Ацисайская степь), коридорами (пойма р. Буруктал) и буферными зонами (периодически затопляемые участки), что обеспечивает устойчивость каркаса к внешним воздействиям и поддерживает высокое биоразнообразие. Однако, периферийные территории района связаны с ядром в меньшей степени. В Беляевском районе связанность оценивается как средняя, несмотря на наличие мощных ядер в виде заповедных участков «Буртинская степь» и «Предуральская степь», а также осевого экологического коридора вдоль р. Урал; значительная фрагментация ландшафта транспортными магистралями, сельхозугодьями и зонами добычи полезных ископаемых нарушает целостность каркаса, экологические связи между ядрами ослаблены и требуют усиления через создание дополнительных буферных зон и реставрацию нарушенных участков. Первомайский район характеризуется низкой связанностью ЛЭК, где интенсивная сельскохозяйственная освоенность привела к почти полной изоляции сохранившихся природных ядер (участок «Таловская степь») и фрагментации экологических коридоров вдоль р. Чаган и ее притоков.

Особого внимания заслуживает роль охотничьих хозяйств, которые в условиях Оренбургской области выполняют не только ресурсно-хозяйственные, но и средостабилизирующие функции. В Светлинском районе охотхозяйства распространены повсеместно; в Беляевском районе охотгодоья, расположенные преимущественно вдоль поймы реки Урал и её притоков, образуют непрерывный буферный пояс, смягчающий антропогенное воздействие на ядро ЛЭК; в Первомайском районе охотхозяйство выступает рефугиумом в условиях интенсивной ландшафтов. Охотхозяйства интегрируются в структуру ЛЭК как многофункциональные элементы, сочетающие хозяйственное использование с экологической стабилизацией, но их эффективность напрямую зависит от пространственной интеграции с другими компонентами каркаса и степени регламентации деятельности.

В условиях нарастающей рекреационной нагрузки актуальной задачей становится формирование природоохранных-туристских территорий в структуре ЛЭК регионов, выполняющих одновременно средозащитные и туристско-познавательные функции. В Беляевском районе такие комплексы целесообразно организовывать вокруг уникальных географических объектов (карстовых полей, скальных выходов), где совмещаются охрана природного наследия и развитие экологического туризма. Например, перспективны в этом отношении следующие ландшафтные объекты, которые могут составить уникальную природоохранный-туристскую тропу: Гирьяльский хребет, Белогорское карстовое поле, Дубенское карстовое поле с пещерой Подарок и Ледяным гротом, Дубенские пруды на карстовых родниках, Дубенский гипсовый карьер и старый Мартышкин рудник, урочище Разинские Ямы (Конезаводское карстовое поле). В Светлинском районе перспективно создание водно-степных рекреационных кластеров, интегрирующих охрану озёрных экосистем с регулируемым туризмом. В Первомайском районе природоохранный-туристские функции могут выполнять сохранившиеся лесные урочища, выступающие буферами между агроландшафтами. Организация ландшафтных комплексов позволит снизить антропогенную нагрузку на ядра ЛЭК и вовлечь местное население в деятельность по сохранению природного наследия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Муниципальные районы как административно-территориальные единицы зачастую не обладают географическим единством, объединяя части различных физико-географических районов. Эта разнородность создает серьезные вызовы для территориального планирования, но одновременно открывает возможности для разработки дифференцированных подходов к оптимизации ЛЭК. Районная планировка призвана стать эффективным инструментом интеграции разнородных элементов через согласование интересов охраны природы, сельского хозяйства и промышленного производства.

Оптимизация ЛЭК должна базироваться на принципе функционального зонирования с выделением: зон строгой охраны (ядер каркаса), буферных зон с ограниченным природопользованием, экологических коридоров, обеспечивающих связность, и зон рационального хозяйственного использования.

Для каждого из исследованных районов требуются индивидуальные решения: например, в Светлинском районе – сохранение уникальной динамичной системы водно-степных комплексов; в Беляевском – восстановление нарушенных связей между заповедными ядрами; в Первомайском – создание новых элементов каркаса на фрагментированной территории.

Особую значимость приобретает развитие механизмов межмуниципального сотрудничества для управления трансграничными элементами каркаса. Интеграция охотничьих хозяйств в структуру ЛЭК позволяет создать дополнительный уровень экологической стабилизации, особенно в условиях ограниченного финансирования традиционных форм охраны природы.

Комплексный подход к оптимизации ЛЭК позволит не только сохранить биоразнообразие, но и обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие региона. Внедрение новых функциональных элементов каркаса, таких как природоохранный-туристские территории, сочетающие охранные и рекреационные функции, может стать эффективным механизмом вовлечения местного населения в деятельность по сохранению природного наследия и обеспечения условий для регулируемого туризма.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00020, <https://rscf.ru/project/25-17-00020>.

ACKNOWLEDGMENT

The study was supported by Russian Science Foundation grant No. 25-17-00020, <https://rscf.ru/project/25-17-00020>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранский Н.Н. Экономическая география; Экономическая картография. М.: Географгиз, 1956. 366 с.
2. Лаппо Г.М. Концепция опорного каркаса территориальной структуры народного хозяйства: развитие, теоретическое и практическое значение // Известия АН СССР. Серия географическая. 1983. N 5. С. 16–28.
3. Федотов М.А. Опорный каркас Центрального экономического района // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2022. N 4(40). С. 17–25. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2022-4-17-25>
4. Чибилёва В. П., Филимонова И.Ю. Специфика формирования туристско-рекреационного опорного каркаса степных регионов (на примере Оренбургской области) в условиях современных вызовов // Вопросы степеведения. 2021. N 2. С. 34–41. <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-2-45-52>.
5. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology. 2015. V. 16. N 3. P. 284–307. <https://doi.org/10.2307/1930070>
6. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978. 319 с.
7. Forman R.T.T., Godron M. Patches and structural components for a landscape ecology // BioScience. 1981. V. 31. N 10. P. 733–740. <https://doi.org/10.2307/1308780>
8. Ishwaran N., Persic A., Tri N.H. Concept and practice: The case of UNESCO biosphere reserves // International Journal of Environment and Sustainable Development. 2008. V. 7. N 2. P.

- 118–131. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2008.018358>
9. Родоман Б.Б. Поляризованный ландшафт: полвека спустя // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2021. N 3. С. 467–480. <https://doi.org/10.31857/S2587556621030122>
10. Исаченко А.Г. Методология ландшафтоведения и ландшафтно-географический научный метод // *Известия Русского географического общества*. 2016. Т. 148. N 1. С. 15–30.
11. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2018. Т. 63. N 2. С. 127–146. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.201>
12. Чибилёв А.А. Ландшафтно-экологический каркас как территориальная основа устойчивого развития земледельческих регионов России. Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 2. С. 115–121. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-115-121>
13. Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск: УрО АН СССР, 1992. 172 с.
14. Чибилёв А.А. Перспективы развития непрерывной сети ключевых природных резерватов в степной зоне Европейской России на основе сопряженного анализа современной структуры ландшафтов // *Вопросы степеведения*. 2018. N 14. С. 36–44. <https://doi.org/10.2441/9999-006A-2018-00001>
15. Портал пространственных данных Национальная система пространственных данных. URL: <https://nspd.gov.ru> (дата обращения 20.07.2025)
16. Tolan J., Yang H.-I., Nosarzewski B. et al. Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar // *Remote Sensing of Environment*. 2024. V. 300. Article number: 113888. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113888>
17. Чибилёв А.А. Природное наследие Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1996. 384 с.
18. Чибилёв А.А., Мусихин Г.Д., Павлейчик В.М., Паршина В.П. Зеленая книга Оренбургской области: кадастр объектов Оренбургского природного наследия. Оренбург: ДиМур, 1996. 260 с.
19. Доклад о состоянии и использовании земель в Оренбургской области в 2023 году. URL: <https://rosreestr.gov.ru> (дата обращения: 23.06.2025)
- 34–41. (In Russian) <https://doi.org/10.24412/2712-8628-2021-2-45-52>
5. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 2015, vol. 16, no. 3, pp. 284–307. <https://doi.org/10.2307/1930070>
6. Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Introduction to the Study of Geosystems]. Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe otделение Publ., 1978, 319 p. (In Russian)
7. Forman R.T.T., Godron M. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience*, 1981, vol. 31, no. 10, pp. 733–740. <https://doi.org/10.2307/1308780>
8. Ishwaran N., Persic A., Tri N.H. Concept and practice: The case of UNESCO biosphere reserves. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 2008, vol. 7, no. 2, pp. 118–131. <https://doi.org/10.1504/IJESD.2008.018358>
9. Rodoman B.B. Polarized landscape: half a century later. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 2021, no. 3, pp. 467–480. (In Russian) <https://doi.org/10.31857/S2587556621030122>
10. Isachenko A.G. Methodology of landscape science and landscape-geographical scientific method. *Izvestiya Russkogo Geograficheskogo Obshchestva* [Proceedings of the Russian Geographical Society], 2016, vol. 148, no. 1, pp. 15–30. (In Russian)
11. Klimanova O.A., Kolbovsky E.Yu., Illarionova O.A. Ecological framework of the largest cities of the Russian Federation: modern structure, territorial planning and development problems. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 2018, vol. 63, no. 2, pp. 127–146. (In Russian) <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.201>
12. Chibilyov A.A. Landscape-ecological framework as a territorial basis for sustainable development of agricultural regions of Russia. *South of Russia: Ecology, Development*, 2022, vol. 17, no. 2, pp. 115–121. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-2-115-121>
13. Chibilyov A.A. *Ekologicheskaya optimizatsiya stepnykh landshaftov* [Ecological Optimization of Steppe Landscapes]. Sverdlovsk, UrO AN SSSR Publ., 1992, 172 p. (In Russian)
14. Chibilyov A.A. Prospects for the development of a continuous network of key natural reserves in the steppe zone of European Russia based on the conjugate analysis of the modern landscape structure. *Problems of Steppe Management*, 2018, no. 14, pp. 36–44. (In Russian) <https://doi.org/10.2441/9999-006A-2018-00001>
15. *Portal prostranstvennykh dannykh Natsional'naya sistema prostranstvennykh dannykh* [Spatial Data Portal of the National Spatial Data System]. Available at: <https://nspd.gov.ru> (accessed 20.07.2025)
16. Tolan J., Yang H.-I., Nosarzewski B. et al. Very high resolution canopy height maps from RGB imagery using self-supervised vision transformer and convolutional decoder trained on aerial lidar. *Remote Sensing of Environment*, 2024, vol. 300, article number: 113888. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113888>
17. Chibilyov A.A. *Prirodnoe nasledie Orenburgskoi oblasti* [Natural Heritage of the Orenburg Region]. Orenburg, Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1996, 384 p. (In Russian)
18. Chibilyov A.A., Musikhin G.D., Pavleichik V.M., Parshina V.P. *Zelenaya kniga Orenburgskoi oblasti: kadastr ob'ektov Orenburgskogo prirodnogo naslediya* [The Green Book of the Orenburg Region: Cadastre of Objects of the Orenburg Natural Heritage]. Orenburg, DiMur Publ., 1996, 260 p. (In Russian)
19. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Orenburgskoi oblasti v 2023 godu* [Report on the Status and Use of Lands in the Orenburg Region in 2023]. Available at: <https://rosreestr.gov.ru> (accessed 23.06.2025)

REFERENCES

- Baranskiy N.N. *Ekonomicheskaya geografiya; Ekonomicheskaya kartografiya* [Economic Geography; Economic Cartography]. Moscow, Geografiz Publ., 1956, 366 p. (In Russian)
- Lappo G.M. The Concept of the Supporting Framework of the Territorial Structure of the National Economy: Development, Theoretical and Practical Significance. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Geographical Series]. 1983, no. 5, pp. 16–28. (In Russian)
- Fedotov M.A. Supporting framework of the Central Economic Region. *Bulletin of Tver State University. Series: Geography and Geocology*, 2022, no. 4(40), pp. 17–25. (In Russian) <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2022-4-17-25>
- Chibilyova V.P., Filimonova I.Yu. Specifics of the tourist-recreational supporting framework formation in steppe regions (on the example of Orenburg Oblast) under modern challenges. *Problems of Steppe Management*, 2021, no. 2, pp.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья Ю. Святоха подготовила исторический обзор, обработала статистические и пространственные данные, составила картосхемы, инфографики.

Александр А. Чибилёв: провел научное руководство исследованием, составил плана работ, корректировал материал. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Natalia Yu. Svyatokha undertook historical review, processing of statistical and spatial data, creation of map schematics and infographics. Alexander A. Chibilev undertook scientific supervision of the study, development of the work plan and revision of materials. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Наталья Ю. Святоха / Natalia Yu. Svyatokha <https://orcid.org/000-0002-5707-2932>

Александр А. Чибилёв / Alexander A. Chibilev <http://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Оригинальная статья / Original article

УДК 502.51(470.342)

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-14



Оценка экологического состояния поймы реки Вятки и её притоков в Кировской области

Сергей А. Полубоярцев, Юрий В. Шапков, Наталья В. Мешенина, Елена Г. Хлюпина

Вятский государственный университет, Киров, Россия

Контактное лицо

Сергей А. Полубоярцев, старший преподаватель
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Вятский государственный
университет»; 610002 Россия, г. Киров,
ул. Свободы д. 133а, кв. 29.
Тел. +79127073000

Email drkomandor2012@yandex.ru ;usr11417@vyatsu.ruORCID <http://orcid.org/0009-0009-6475-4905>

Формат цитирования

Полубоярцев С.А., Шапков Ю.В., Мешенина Н.В.,
Хлюпина Е.Г. Оценка экологического состояния
поймы реки Вятки и её притоков в Кировской
области // Юг России: экология, развитие. 2025.
Т. 20, N 3. С. 155-168. DOI: 10.18470/1992-1098-
2025-3-14

Получена 29 апреля 2025 г.

Прошла рецензирование 13 июня 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель. Оценка экологического состояния поймы реки Вятки и её притоков в Кировской области.

Исследования проводились с использованием методик химического, токсикологического, микробиологического анализов, лишеноиндикации, методик геоботанических, биоиндикационных исследований, опроса участников экспедиции.

На основании результатов химического, токсикологического, микробиологического анализов проб речной воды рек Вятки, Летки, Кобры, Пижмы, Чепцы, Моломы выявлены наиболее загрязненные и более чистые участки рек. С использованием методики геоботанических исследований определён видовой состав луговой и лесной растительности. Замерен процент лишайникового покрытия боров. Определён видовой состав беспозвоночных в реках. Проведена диагностика участников экспедиции по приобретению компетенций.

Выявлены наиболее загрязненные участки рек: наибольшее количество видов луговой растительности встречено на территории заказника «Атарская лука». Лесная растительность Кировской области представлена хвойными, осиной, березой и другими мягколиственными деревьями. Процент лишайникового покрытия боров от 2 % до 100 % и уменьшается вблизи городов. Наибольший видовой состав беспозвоночных в реках Молома и Пижма: биотический индекс равен 6–9. Опрос участников экспедиции показал повышение уровня когнитивной компоненты познавательной активности в области экологии и приобретение компетенций исследовательской деятельности во время экспедиций.

Ключевые слова

Экологическое состояние, познавательная активность, лишеноиндикация, компетенции, химический анализ, фитотоксичность, биотический индекс, луговая и лесная растительность.

Assessment of the ecological state of the floodplain of the Vyatka River and its tributaries in the Kirov region, Russia

Sergey A. Poluboyartsev, Yuri V. Shapkov, Natalia V. Meshenina and Elena G. Khlyupina

Vyatka State University, Kirov, Russia

Principal contact

Sergey A. Poluboyartsev, Senior Lecturer, Vyatka State University; 33a Svobody St, Kirov, Russia 610002.

Tel. +79127073000

Email drkomandor2012@yandex.ru ;

usr11417@vyatsu.ru

ORCID <http://orcid.org/0009-0009-6475-4905>

How to cite this article

Poluboyartsev S.A., Shapkov Yu.V., Meshenina N.V., Khlyupina E.G. Assessment of the ecological state of the floodplain of the Vyatka River and its tributaries in the Kirov region, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):155-168. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-14

Received 29 April 2025

Revised 13 June 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. Assessment of the ecological state of the Vyatka River and its tributaries in the Kirov region during canoe expeditions. **Material and methods.** The studies were conducted using chemical, toxicological, microbiological analysis methods, lichen indication, geobotanical, bioindication research methods, and a survey of the competencies of expedition participants.

Based on the results of chemical, toxicological and microbiological analyses of river water samples from the Vyatka, Letka, Kobra, Pizhma, Cheptsa, and Moloma rivers, the most polluted and cleaner sections of the rivers were identified. Using geobotanical research techniques, the species composition of meadow and forest vegetation was determined. The percentage of lichen cover in pine forests was measured.

The species composition of invertebrates in the rivers was determined. Assessment of the expedition participants' acquisition of competencies was carried out.

The most polluted sections of the rivers were identified, the largest number of meadow vegetation species being found in the Atarskaya Luka nature reserve. The forest vegetation of the Kirov region is represented by conifers, aspen, birch and other soft-leaved trees. The percentage of lichen cover of pine forests ranges from 2 % to 100 % and decreases near cities. The highest species composition of invertebrates is in the Moloma and Pizhma rivers: the biotic index is 6–9. A survey of expedition participants showed an increase in the level of the cognitive competence of identifying other soft-leaved trees. The percentage of lichen cover of pine forests ranges from 2 % to 100 % and decreases near cities. The highest species composition of invertebrates is in the Moloma and Pizhma rivers: the biotic index is 6–9. A survey of expedition participants showed an increase in the level of the cognitive competencies in ecological fieldwork and acquisition of further competencies in activity, research activity and scientific communication during and after the expeditions.

Key Words

Expedition, kayaks, ecological condition, cognitive activity, lichen indication, competences, chemical analysis, phytotoxicity, biotic index, meadow and forest vegetation.

ВВЕДЕНИЕ

Туристская сфера в Кировской области формируется и развивается на основе туристско-рекреационного потенциала: природные ресурсы, культурное наследие, мифотворчество, тематические парки, музеи. Для развития водного туризма важна оценка экологического состояния реки Вятки и её притоков: рек Летки, Пижмы, Моломы, Чепцы, Кобры. Знать качество речной воды также важно при использовании её на хозяйственно-бытовые и питьевые нужды. Проведение экспедиционных исследований экологического состояния реки Вятки и её притоков является актуальным не только для региональной оценки состояния водных объектов, но и для туристических байдарочных маршрутов. В региональных докладах «Охрана окружающей среды Кировской области» отмечается, что постоянный контроль за качеством воды р. Вятки ведётся только на участке от г. Слободского до г. Кирова. Также экспедиции учащихся повышают уровень познавательной активности в области экологии и формируют когнитивные, деятельностные компетенции, компетенции исследовательской деятельности и научного общения. *Цель* экспедиций: оценка экологического состояния поймы реки Вятки и её притоков в Кировской области во время экспедиций с учащимися лица на байдарках. Основными задачами экспедиций были: отобрать пробы речной воды рек Вятки, Летки, Кобры, Пижмы, Чепцы, Моломы и определить химический состав проб воды, её токсичность и микробиологическое загрязнение, с использованием методики геоботанических исследований определить видовой состав луговой и лесной растительности, замерить процент лишайникового покрытия боров, определить видовой состав беспозвоночных в реках, провести диагностику участников экспедиции по приобретению компетенций. Объект исследования: река Вятка и её притоки – реки: Летка, Кобра, Пижма, Чепца, Молома Кировской области. Предмет исследования: экологическая оценка реки Вятка. Экологический риск: при плохом экологическом состоянии исследуемой территории невозможна разработка экологических маршрутов, а также использование воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды. Для снижения экологического риска необходимо предоставить результаты экспедиций в Министерство охраны окружающей среды Кировской области с целью принятия мер по улучшению экологического состояния территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В «Стратегии развития туристско-рекреационного кластера Кировской области по 2024 год» отмечается о необходимости создания научно-исследовательского и образовательного комплекса в сфере туристской индустрии [1]. В Кировской области насчитывается 19753 реки общей протяжённостью 66,65 тыс. км. Северные Увалы разделяют реки двух бассейнов – Северодвинского и Волжского. Большая часть области занята бассейном реки Вятки, впадающей в Каму на территории Татарстана. У Камы в области расположено только верхнее течение. К другим крупным протекающим в пределах области относятся реки Летка, Кобра, Пижма, Чепца, Молома [2; 3]. Наиболее высокие концентрации вредных веществ в реке Вятке

сосредоточены на участке от города Слободского до города Кирова [3]. От 769 до 698 км от устья р. Вятка входит во второй пояс зоны санитарной охраны (ЗСО) Кировского водозабора и испытывает большую техногенную нагрузку предприятий г. Слободского (ОАО «Красный якорь», МУП «Водоканал», ООО «Коммунальщик»), г. Кирово-Чепецка (ОАО «КЧХК», МУП «Водоканал», ОАО «ТГК-5», ОСП ТЭЦ-3), г. Кирова (ООО «Нововятская управляющая компания», ОАО «НовоВятка») [3]. В Кировской области идёт заготовка леса в больших объёмах: так, общий объём заготовки древесины в 2023 году составил 8344,4 тыс. м³, из них: по хвойному хозяйству – 3486,1 тыс. м³; по мягколиственному хозяйству (осина, береза) – 4858,3 тыс. м³ [3].

Формирование исследовательских компетенций высокого уровня и специализированной креативности в области современной науки и техники требует длительного времени, поэтому оно должно начинаться в школьные годы [4]. Познавательная активность – главнейшее условие формирования у учащихся потребности в знаниях, овладении навыками творческой деятельности, самостоятельности, обеспечения глубины и прочности знаний; фундамент, являющийся условием дальнейшего образования и личностного роста [4]. Инструментом познания выступает научный поиск, уверен доктор философских наук А.О. Карпов [5]. В пятилетней перспективе для руководителей будут востребованы такие компетенции как: управление изменениями (непрерывная адаптация к новым условиям); умение решать сложные задачи в условиях неопределённости (способность анализировать большие объёмы информации для выбора правильного решения); креативность (при внедрении роботов останется больше времени для создания новых технологий, продуктов, услуг); эмоциональный интеллект [6].

Для определения химического состава проб речной воды используются методики химического экспресс-анализа, рекомендуемые в полевых условиях [7]. Методики количественного анализа проводились по стандартным методикам [8]. Содержание антиоксидантов определяли фотоколориметрическим методом с использованием фотоколориметра А-101 [9]. Процент лишайникового покрытия определяли по стандартной методике [10]. Луговая и лесная растительность исследовалась с использованием определителей трав и деревьев [11; 12]. Биотический индекс определялся по методике Вудивисса [13]. Бактериологическое загрязнение определяли в лаборатории лица с использованием стандартных методик [14]. Для диагностирования учащихся составлены опросники (табл. 1–4). В табл. 1. приведены вопросы для диагностики уровня когнитивной компоненты компетентности познавательной активности в области экологии и краеведения.

В табл. 2 приведены показатели для диагностики деятельностной компоненты компетенции во время байдарочной экспедиции.

В таблице 3 приведены показатели диагностики уровня сформированности деятельностной, исследовательской (проектной) компоненты компетенции.

В таблице 4 приведены показатели диагностики уровня сформированности деятельностной, компоненты компетенции научного общения.

Таблица 1. Диагностика уровня когнитивной компоненты компетентности познавательной активности в области экологии и краеведения (уровни: высокий – 30 баллов, средний – 15 баллов, низкий – 10 баллов)
Table 1. Diagnostics of the level of cognitive competency in ecological and local history fieldwork (levels: high – 30 points, average – 15 points, low – 10 points)

№	Показатели Indicators	Балл Points
1.	Знание: что изучают экология и краеведение Knowledge: what are ecology and study of local history	0–5
2.	Знание животных и растений из Красной книги Кировской области Knowledge of animals and plants from the Red Book of the Kirov Region	0–5
3.	Умение работать с определителями растений и животных Ability to work with plant and animal identifiers	0–5
4.	Знание памятников природы (обнажения, поющие пески, кедровые рощи и т.д.) по маршруту экспедиций Knowledge of natural monuments (outcrops, singing sands, cedar groves, etc.) along expedition routes	0–5
5.	Умение назвать памятники архитектуры на маршруте экспедиции Ability to name architectural monuments along expedition routes	0–5
6.	Умение визуально оценить экологическое состояние окружающей среды Ability to visually assess the ecological state of the environment	0–5

Таблица 2. Диагностика уровня сформированности деятельностной, коммуникативной компоненты компетенции (уровни: высокий – 30 баллов, средний – 15 баллов, низкий – 10 баллов)
Table 2. Diagnostics of the level of formation of the activity-based, communicative component of competence (levels: high – 30 points, average – 15 points, low – 10 points)

№	Показатели Indicators	Баллы Points
1.	Оказание помощи другим членам экспедиции при ремонте снаряжения, организации бивуака Providing assistance to other members of the expeditions in repairing equipment and organizing camping activities	0–5
2.	Вожделение байдарок Driving kayaks	0–5
3.	Оказание первичной медицинской помощи Providing primary medical care	0–5
4.	Определение химического состава воды, её фитотоксичности, микробиологической и антиоксидантной активности во время экспедиции Determining the chemical composition of water, its phytotoxicity, microbiological and antioxidant activity during the expeditions	0–5
5.	Работа с картой маршрута экспедиции Working with the expeditions' route maps	0–5
6.	Общение с населением по маршруту экспедиции Communicating with the population along expedition routes	0–5

Таблица 3. Диагностика уровня сформированности деятельностной, исследовательской (проектной) компоненты компетенции (уровни: высокий – 30 баллов, средний – 15 баллов, низкий – 10 баллов)
Table 3. Diagnostics of the level of formation of the activity-based, research (project) component of competence (levels: high – 30 points, average – 15 points, low – 10 points)

№	Показатели Indicators	Баллы Points
1.	Работа с научной литературой для написания обзора литературы Working with scientific literature to write a literature review	0–5
2.	Составление списка литературы с учетом ГОСТа Preparing a list of references taking into account GOST	0–5
3.	Оформление таблиц, графиков и диаграмм по результатам экспедиции Preparing tables, graphs and diagrams based on expedition results	0–5
4.	Описание и анализ результатов экспедиции: гипотеза, заключение, выводы, рекомендации Description and analysis of expedition results: hypothesis, conclusion, findings, recommendations	0–5
5.	Подготовка презентации результатов экспедиции Preparing a presentation of expedition results	0–5
6.	Составление и репетиция доклада исследовательской работы или проекта Preparing and rehearsing a research paper or project report	0–5

Таблица 4. Диагностика уровня сформированности деятельностной, компоненты компетенции научного общения (уровни: высокий – 30 баллов, средний – 15 баллов, низкий – 10 баллов)**Table 4.** Diagnostics of the level of formation of activity-based components of scientific communication competence (levels: high – 30 points, average – 15 points, low – 10 points)

№	Показатели Indicators	Баллы Points
1.	Участие в конференциях, выставках, конкурсах от муниципального до международного уровня Participation in conferences, exhibitions, competitions from municipal to international levels	0–5
2.	Общение с учеными / Communication with scientists	0–5
3.	Общение с другими исследователями / Communication with other researchers	0–5
4.	Четкие ответы на вопросы жюри / Clear answers to jury questions	0–5
5.	Выбор специальности и высшего учебного заведения для продолжения образования Choosing a specialty and higher education institution for continuing education	0–5
6.	Награды на конференциях, выставках, конкурсах от муниципального до международного уровня Awards at conferences, exhibitions, competitions from municipal to international levels	0–5

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С 2001 года в Лицее было организовано и проведено 22 научно-исследовательских экспедиции, некоторые

результаты которых опубликованы в научных журналах [15–18]. На рисунке 1 приведена карта Кировской области с реками и маршрутами экспедиций.

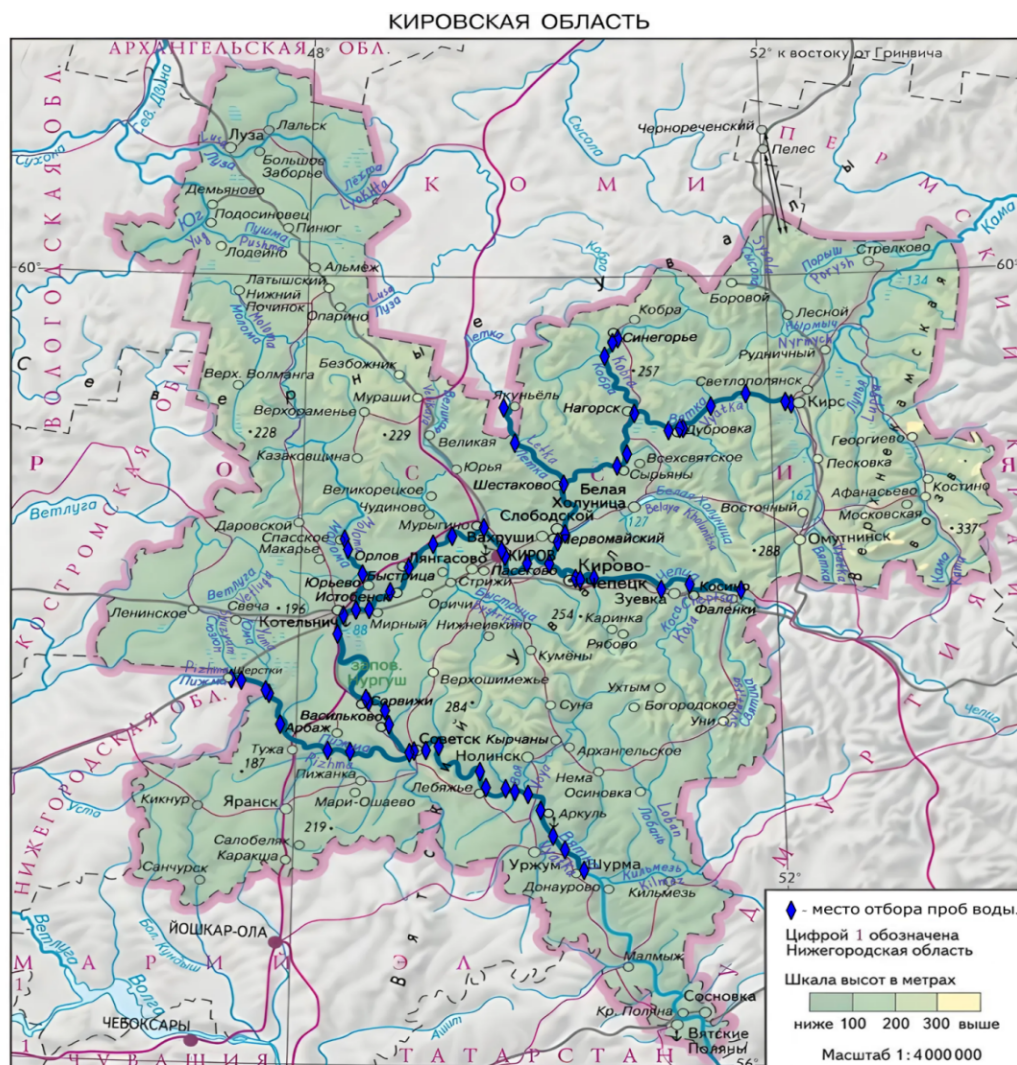
**Рисунок 1.** Карта Кировской области. Пройдены на байдарках: река Вятка от г. Кирс до пгт. Шурьма, река Молома от села Спасское до устья, река Пижма от станции Шерстки до г. Советска, река Кобра от пгт. Синегорье до устья, река Летка от пгт. Якуньёл до устья, река Чепца от пгт. Фаленки до устья

Figure 1. Map of the Kirov region. Traversed in kayaks: the Vyatka River from the city of Kirs to the urban-type settlement of Shurma; the Moloma River from the village of Spasskoye to its mouth; the Pizhma River from the Sherstki station to the city of Sovetsk; the Kobra River from the urban-type settlement of Sinigorye to its mouth; the Letka River from the urban-type settlement of Yakunyol to its mouth and the Cheptsy River from Falenki settlement to its mouth

Сравнение данных одиннадцати байдарочных экспедиций по индексу загрязнения воды (ИЗВ) показало, что качество воды в реке Вятке и её притоках с 2001 года (за 24 года) от г. Слободского до д. Буйский

Перевоз практически не изменилось и даже незначительно улучшилось; ухудшение качества воды наблюдалось в р. Пижма (рис. 2).

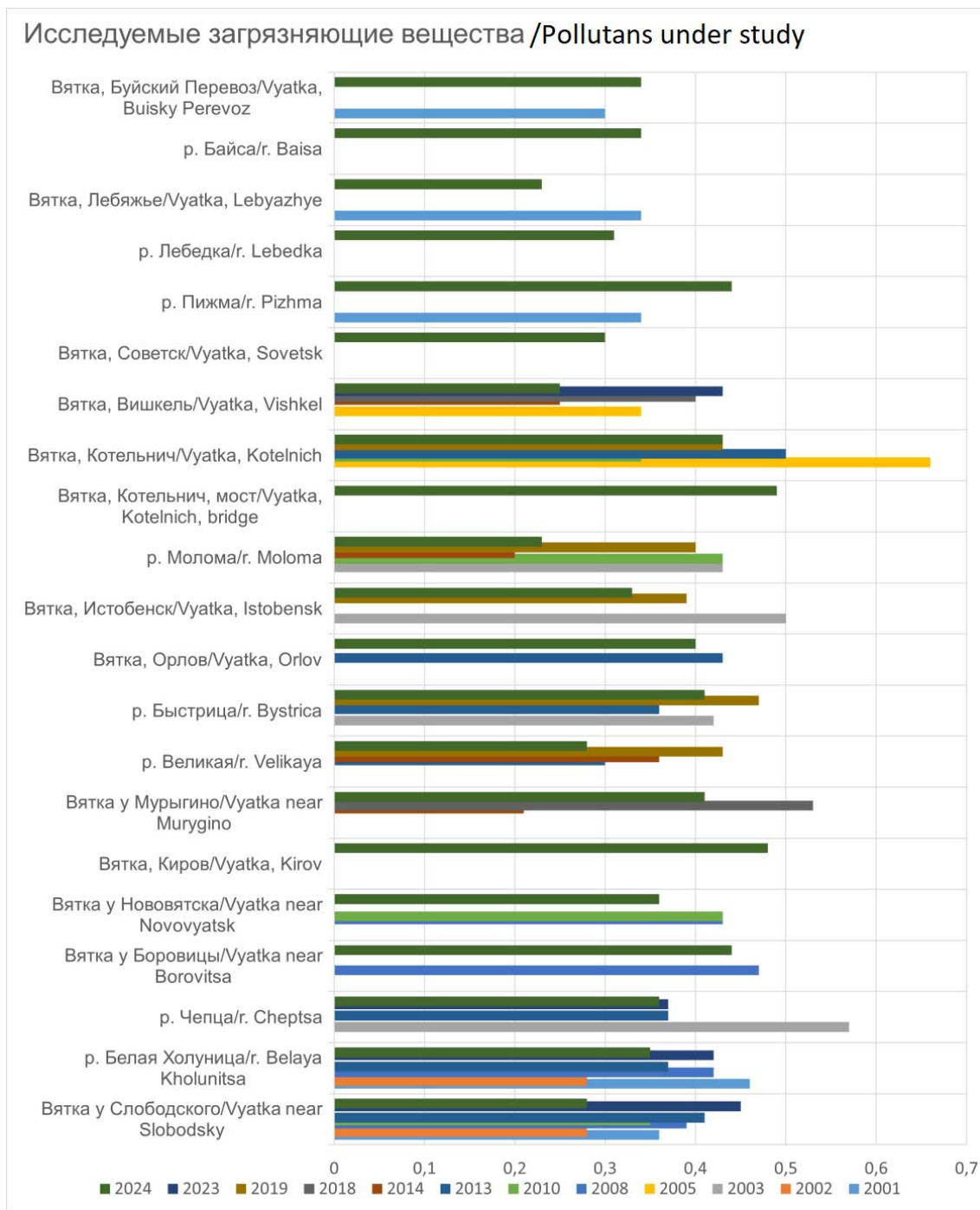


Рисунок 2. Диаграммы ИЗВ проб воды из реки Вятки и её притоков в 2001, 2003, 2005, 2008, 2010, 2013, 2014, 2018, 2019, 2023 и 2024 годах

Figure 2. Diagrams of WPI of water samples from the Vyatka River and its tributaries in 2001, 2003, 2005, 2008, 2010, 2013, 2014, 2018, 2019, 2023 and 2024

В таблице 5 приведены результаты исследования качества воды в реках по маршрутам экспедиций.

На основании данных по химическому составу воды в р. Вятке и расходам воды рассчитана масса загрязняющих веществ в час, находящихся в р. Вятке перед водозабором г. Кирова и поступающих на установку водоподготовки: каждый час поступает 9,1 т сульфатов, 0,25 т аммония, 0,083 т железа, 223,6 т

карбонатов и 26,5 т кальция с магнием. На основании данных обзора литературы возможно наличие в воде р. Вятки перед водозабором 6 и 3-валентного хрома, фенолов, нефтепродуктов и тяжелых металлов. Соответственно, с каждым кубометром воды в час, поступающей на водоочистку из р. Вятки, будет подаваться 5,5 г сульфатов, 0,15 г аммония, 0,05 г железа, 135 г карбонатов, 16 г кальция с магнием и 8 г

органических загрязнений. Для улучшения водоподготовки предлагается следующая технологическая схема водоподготовки (см. рис. 3). Вода из р. Вятки насосом 1 подается на песчано-гравийные и плёночные фильтры 2. Далее очищенная от взвеси вода обеззараживается хлором из баллонов 4. Вода после обеззараживания и обесцвечивания насосом 5 подается на фильтры 6 с загрузкой из активированного угля, производимого Кирово-Чепецкой фирмой «Техносорб». На активиро-

ванном угле идет очистка от хлорорганики, аммония и тяжелых металлов. Далее вода поступает на фильтр 7 с кремнием темно-серым фракции S=5–10 мм, на котором идет доочистка воды от органических загрязнений, тяжелых металлов, взвешенных веществ. Очищенная вода повторно обеззараживается на бактерицидных установках 8 и собирается в емкости 9, из которой насосом 10 подается на хозяйственно-питьевые нужды города.

Таблица 5. Результаты исследования качества воды в реках по маршрутам экспедиций

Table 5. Results of the study of water quality in rivers along expedition routes

№	Река River	Полученные показатели Obtained indicators	Рекомендации Recommendations
1.	Вятка, перед водозабо- ром River Vyatka, before the water intake)	Комплексная оценка проб воды из реки Вятки и ее притоков по пяти экологическим показателям (химический состав, фитотоксичность, микробиологическая и антиоксидантная активность, содержание плесени) позволила выявить, что наиболее плохое качество воды перед водозабором в Нововятском районе г. Кирова и в р. Быстрице, наиболее чистая вода в реке Молома A comprehensive assessment of water samples from the Vyatka River and its tributaries according to five environmental indicators (chemical composition, phytotoxicity, microbiological and antioxidant activity and mould content) revealed that the worst water quality before intake for water treatment is in the Novvyatsky District of Kirov and in the Bystritsa River, while the cleanest water is in the Moloma River	Проверить показатели сточных вод сельскохозяйственных предприятий на берегу реки Быстрицы It is necessary to check the indicators of wastewater from agricultural enterprises on the bank of the Bystritsa River
2.	Пижма Pizhma	Комплексная оценка экологического состояния берегов реки Пижмы показала, что эти территории можно использовать в качестве фоновых: качество речной воды соответствует требованиям СанПиН для питьевой воды; атмосферный воздух чистый, на водораздельных лугах до 42 видов трав A comprehensive assessment of the ecological state of the banks of the Pizhma River showed that these territories can be used as reference areas. The quality of the river water meets the requirements of SanPiN for drinking water; the atmospheric air is clean and there are up to 42 species of grass in the watershed meadows	На протяжении всего маршрута по реке Пижме от станции Шерстки до г. Советска нет ни предприятий, ни поселений Along the entire route from the Pizhma River from Sherstki station to the town of Sovetsk there are no enterprises or settlements
3	Молома Moloma	Комплексная оценка состояния природных сред реки Моломы и ее берегов показала, что наблюдается ухудшение экологического состояния природных сред на протяжении маршрута экспедиции; наибольшему техногенному воздействию подвержены природные среды в устье реки Моломы: степень лишайникового покрытия уменьшилась в 17 раз, химическое загрязнение реки увеличивается в 1,2 раза, уменьшается биотический индекс A comprehensive assessment of the state of the natural environments of the Moloma River and its banks showed that there is a deterioration in the ecological state of the natural environments along the expedition route; the natural environments at the mouth of the Moloma River are subject to the greatest technogenic impact: the degree of lichen cover has decreased by 17 times, chemical pollution of the river has increased by 1.2 times, and the biotic index has decreased	В устье реки Моломы расположено сельскохозяйственное предприятие «Ленинская Искра» At the mouth of the Moloma River there is an agricultural enterprise called Leninskaya Iskra
4.	Чепца Cheptsas	Превышение фенолов наблюдалось в пробах у пос. Кордяга и в устье р. Филипповки, что можно объяснить наличием картонно-бумажной фабрики в пос. Кордяга. Повышенное содержание аммония, органических загрязнений в р. Чепце, особенно в районе пгт. Фалёнки, говорит о трансгентных загрязнениях химического комбината г. Глазова Excess phenols were observed in samples near the settlement of Kordyaga and at the mouth of the river Filippovka, which can be explained by the presence of a cardboard and paper factory in the settlement of Kordyaga. Increased content of ammonium and organic pollution in the river Cheptsas, especially in the area of the urban-type	Проверить содержание фенолов, аммония и органических загрязнений в сточных водах картонно-бумажной фабрики To check the content of phenols, ammonium and organic pollutants in wastewater from a paper and cardboard mill

settlement of Falenki, indicates trans-agent pollution of the chemical plant of the city of Glazov		
5.	Кобра Kobra	Во всех водных вытяжках речного ила, отобранного во время стоянок на р. Кобре, были обнаружены фенолы с превышение ПДК в 130–550 раз. Исследованы минералы Терюханского обнажения In all aqueous extracts of river silt collected during stops on the Kobra River, phenols were found exceeding the MAC by 130–550 times. Minerals of the Teryukhansk outcrop have been studied После прекращения молевого сплава древесины по р. Кобре и завершения процесса самоочищения в реке р. Кобра After the cessation of timber rafting on the Kobra River and the completion of the self-purification process in the Kobra River
6.	Летка Letka	Наблюдается сильное химическое загрязнение реки Летки и высокая степень загрязнения атмосферного воздуха в месте начала экспедиции у д. Тиминцы (высокая окисляемость, низкий биотический индекс, низкий процент лишайникового покрытия) There was severe chemical pollution of the Letka River and a high level of air pollution at the starting point of the expedition near the village of Timintsy (high oxidation, low biotic index, low % lichen cover) На реке Летке после молевого сплава древесины много топляков и практически невозможен свободный проход байдарок On the Letka River, after timber rafting, there are many snags and free passage of kayaks is practically impossible

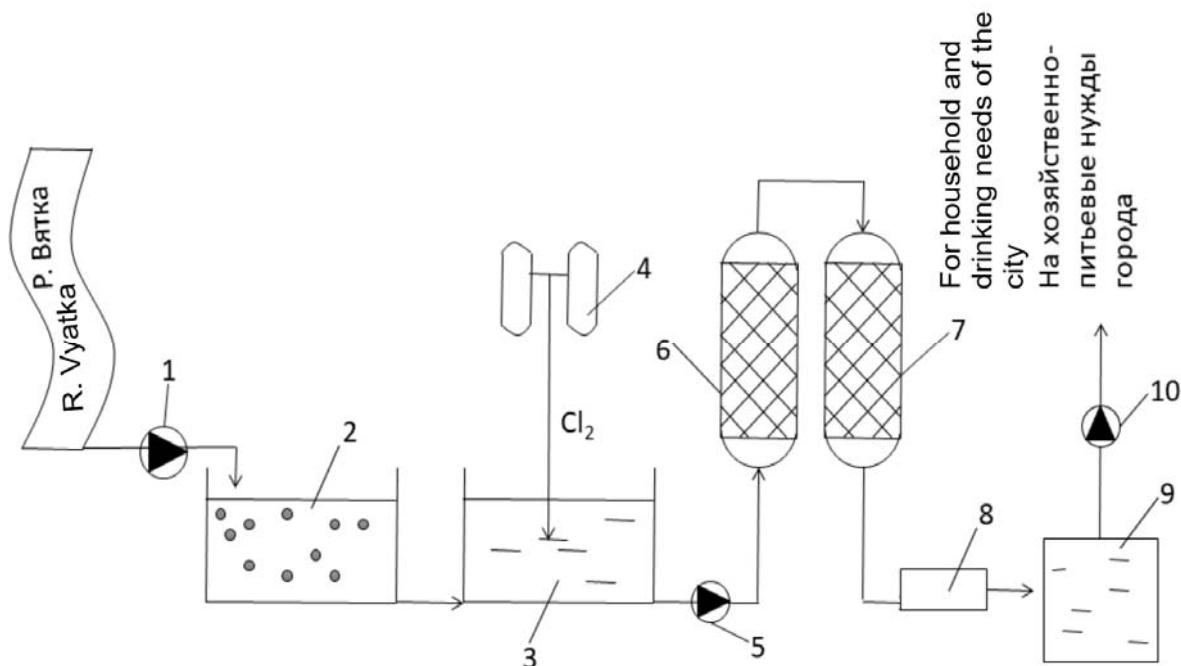


Рисунок 3. Технологическая схема водоподготовки: 1, 5, 10 – насосы; 2 – песчано-гравийные и плёночные фильтры; 3 – контактный резервуар; 4 – баллоны с хлором; 6 – колонна с активированным углем, 7 – колонна с кремнием темно-серым; 8 – бактерицидная установка, 9 – ёмкость с очищенной водой

Figure 3. Technological scheme of water treatment: 1, 5, 10 – pumps; 2 – sand and gravel and film filters; 3 – contact tank; 4 – chlorine cylinders; 6 – column with activated carbon, 7 – column with dark gray silicon; 8 – bactericidal unit, 9 – tank with purified water

В табл. 6 приведены результаты определения биотического индекса на реке Вятке и её притокам. Как видно из табл. 6, наиболее чистые – реки Молома и Пижма: биотический индекс достигает 8–9.

В таблице 7 приведены результаты исследования боров методом лишайноиндикации.

Ниже приводятся результаты исследования

луговой и лесной растительности на территории заказника «Атарская лука». Вопрос о присуждении территории статуса заказника решался долгие годы из-за лесопромышленников.

В таблицах 8, 9 приведены результаты исследования луговой и лесной растительности на территории заказника.

Таблица 6. Результаты исследования биотического индекса, токсичности, микробиологического загрязнения в реках по маршрутам экспедиций**Table 6.** Results of the study of the biotic index, toxicity and microbiological pollution in rivers along expedition routes

Река River	Биотический индекс Biotic index	Степень токсичности с тест-объектами: <i>Daphnia Magna</i> и кресс-салат Toxicity level with test objects: <i>Daphnia Magna</i> and watercress	Микробиологическое загрязнение Microbiological contamination
Вятка, перед водозабором River Vyatka, before the water intake)	2–5	Токсична, фитотоксична Toxic, phytotoxic	Коли-индекс равен 611800 и 160600 (при коли-индексе >50000 в 1 дм ³ считается, что водный объект испытывает экологическое бедствие) The <i>E. coli</i> index is 611800 and 160600 (if the <i>E. coli</i> index is >50000 in 1 dm ³ , it is considered that the water body is experiencing an ecological disaster)
Пижма Pizhma	5–9	Не токсична, не фитотоксична Non toxic, non phytotoxic	В 10 раз ниже ПДК 10 times lower than the MPC
Молома Moloma	6–8	Не токсична, не фитотоксична Non toxic, non phytotoxic	Общее количество бактерий <3*10 ⁶ кл/мл (относительно удовлетворительное экологическое состояние): 0,23*10 ³ 6-7*10 ³ Total number of bacteria <3*10 ⁶ cells/ml (relatively satisfactory ecological condition): 0.23*10 ³ 6-7*10 ³)
Чепца Cheptsa	Не определялся Not determined	Токсична, фитотоксична Toxic, phytotoxic	Общее количество бактерий колониеобразующих единиц (КОЕ) меньше ПДК; кишечная палочка <i>E. coli</i> не обнаружена; плесень обнаружена в споровых и вегетативных формах The total number of bacteria colony-forming units (CFU) is less than the MAC; <i>E. coli</i> bacteria were not detected; mold was detected in spore and vegetative forms
Летка Letka	5	Токсична, слабая фитотоксичность Toxic, small phytotoxic	Не определялась Not determined

Таблица 7. Результаты исследования боров методом лишеноиндикации**Table 7.** Results of the study of burs by the lichen indication method

Расположение бора Location of pine forest	Процент лишайникового покрытия Percentage of lichen cover	Степень загрязнения атмосферного воздуха Degree of air pollution
Берег реки Моломы от села Спасское до ее устья The bank of the Moloma River from the village of Spasskoye to its mouth	От 35 % у села Спасское до 2 % в устье реки Моломы From 3 % near the village of Spasskoye to 2 % at the mouth of the Moloma River	35 % – воздух чистый, а 2 % – сильно загрязненный. Вероятно, на степень загрязнения атмосферного воздуха оказывает техногенное влияние районного центра – г. Котельнича 35% – clean air, and 2% – heavily polluted. The degree of air pollution is probably influenced by the technogenic influence of the regional centre – Kotelnich
Река Вятка, памятник природы «Атарская лука» The Vyatka River and the natural monument of Atarskaya Luka	6 % – 100 %	Воздух на территории памятника природы чистый The air in the territory of the natural monument is clean
Река Вятка после озера Самылово и бор у дома отдыха «Боровица» The Vyatka River after Lake Samylovo and the pine forest near the	33,1 % и 6,4 %. Вероятно, на второй бор оказывают сильное техногенное действие выбросы загрязняющих веществ Кирово-Чепецкого химзавода 33.1 % and 6.4 %, respectively. It is likely that the second pine forest is	Озеро Самылово – воздух чистый; у пгт Боровица воздух загрязнен Lake Samylovo – clean air. Near the urban settlement of Borovitsa the air is polluted

Borovitsa holiday home	strongly affected by pollutant emissions from the Kirovo-Chepetsk Chemical Plant	
Река Вятка от г. Кирова до г. Орлова The Vyatka River from the city of Kirov to the city of Orlov	Уменьшается с 40–60% у пос. Мuryгино до 1 % у г. Орлова Decreases from 40–60% near the village of Murygino to 1 % near the town of Orlov	Пос. Мuryгино – воздух чистый, г. Орлов – воздух загрязнен The settlement of Murygino – clean air. The town of Orlov – polluted air
Река Вятка, Суводский бор у г. Советска The Vyatka River, Suvodsky pine forest near the city of Sovetsk	Средний процент лишайникового покрытия составил соответственно 17,4 и 12,7 The average percentage of lichen cover was 17.4 and 12.7, respectively	Воздух ниже средней степени загрязнения The air is below average pollution

Таблица 8. Результаты геоботанических исследований луговой растительности**Table 8.** Results of geobotanical studies of meadow vegetation

Место расположения Location	Виды растений Plant species	Ассоциация Association
Д. Хмелёвка, пойма р. Вятки D. Khmelevka, floodplain of the Vyatka River	Горечавка крестовидная <i>Gentiana cruciata</i> ; марь белая <i>Chenopodium album</i> ; тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> ; золотарник обыкновенный <i>Solidago virgaurea</i> ; гравилат речной <i>Geum rivale</i> ; щавель <i>Rumex</i> sp.; тысячелистник птарника <i>Achillea ptarnica</i> ; солонечник русский <i>Galatella</i> Cass.; пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i>	Злаково-разнотравный луг на глинистых уплотнённых почвах, пастбищного использования. Луговоовсяницевотысячелистник овый Grass-forb meadow on clay compacted soils and pasture use. Meadow fescue-yarrow
Берег р. Ишетка, у заброшенной церкви Bank of the Ishetka River by an abandoned church	Полынь высокая <i>Artemisia procera</i> ; девясил иволистный <i>Inula salicina</i> ; белокопытник ложный <i>Petasites spurius</i> ; звездчатка средняя <i>Stellaria media</i> ; частуха подорожниковая <i>Aristida plantago-aquatica</i> ; желтушник левкойный <i>Erysimum cheiranthoides</i> ; льнянка обыкновенная <i>Linaria vulgaris</i> ; пусторебришник Фишера <i>Cenolophium fischeri</i> ; хвощ болотный <i>Equisetum palustre</i> ; мята полевая <i>Mentha arvensis</i> ; ива <i>Salix</i> sp.; марь белая <i>Chenopodium album</i> ; пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> ; жерушник болотный <i>Roripha palustris</i> ; осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> ; вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i>	Прирусловая пойма высокого уровня. Пионерная группировка с белокопытником и полынью равнинной – на высоких гривах; с жирушником болотным и мятой полевой – в понижениях High-level floodplain near the riverbed. Pioneer grouping with butterbur and plain wormwood - on high ridges; with marsh butterbur and field mint in depressions
С. Мальково S. Malkovo	Очиток пурпурный <i>Sedum purpureum</i> ; гвоздика травянка <i>Dianthus deltoides</i> ; лапчатка серебристая <i>Potentilla argentea</i> ; щавелёк малый <i>Rumex acetosella</i> ; тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> ; щиток едкий <i>Sedum acre</i> ; звездчатка злаковидная <i>Stellaria graminea</i> ; бедренец камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> ; раkitник русский <i>Cytisus ruthenicus</i> Fish; подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> ; девясил иволистный <i>Inula salicina</i> ; смолёвка поникшая <i>Silene nutans</i> ; солонечник русский <i>Galatella</i> Cass.; кровохлёбка лекарственная <i>Sanguisorba officinalis</i> ; подгоренник северный; золотарник обыкновенный <i>Solidago virgaurea</i> ; нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> ; клевер средний <i>Trifolium medium</i> ; земляника зелёная <i>Fragaria viridis</i> Duch; хвощ полевой <i>Equisetum arvensum</i> ; клевер горный <i>Trifolium montanum</i> ; раkitник русский <i>Cytisus ruthenicus</i> Fish; золотая розга <i>Solidago virgaurea</i>	Злаково-разнотравные луга центральной поймы р. Вятки высокого уровня с тысячелистником, бедренцем и земляникой зелёной, зарастающие кустарником (раkitник русский). Травостои изреженные с внедряющимися сорняками Grass-forb meadows of the central floodplain of the Vyatka River of high level with yarrow, burnet and green strawberry, overgrown with bushes (Russian broom). Grass stands are sparse with penetrating weeds

С. Атары S. Atary	Ива <i>Salix</i> sp.; карагана <i>Caragana</i> ; горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> ; нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> ; полевика обыкновенная <i>Agrostis vulgaris</i> ; зверобой обыкновенный <i>Hypericum perforatum</i> ; золотарник обыкновенный <i>Solidago virgaurea</i> ; бодяк огородный <i>Cirsium oleraceum</i> Scop; бодяк щетинистый <i>Cirsium setosum</i> ; пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> ; клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> ; короставник полевой <i>Knautia arvensum</i> ; тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> ; одуванчик лекарственный <i>Taraxacum officinale</i> Web.; подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> ; борщевик сибирский <i>Heracleum sibiricum</i> ; вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i> ; кровохлёбка лекарственная <i>Sanguisorba officinalis</i> ; полынь обыкновенная <i>Artemisia vulgaris</i> ; колокольчик скученный <i>Campanula glomerata</i>	Размываемая центральная пойма высокого уровня р. Вятки. По высоким местам – полевичники нивяниковые; по ложбинам – лисохвостники с кровохлёбкой. Проявлением рекреационного воздействия является присутствие сорных растений (осот, бодяк) The eroded central floodplain of the high level of the Vyatka River. In high places – chamomile meadowsweets; in lichens – foxtails with burnet. The presence of weeds (sow thistle, thistle) is a manifestation of recreational impact
Ур. Ишетъ tract. Ishet	Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> ; подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> ; лапчатка серебристая <i>Potentilla argentea</i> ; вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i> ; девясин иволистный <i>Inula salicina</i> ; льнянка обыкновенная <i>Linaria vulgaris</i> ; лабазник обыкновенный <i>Filipendula vulgaris</i> Moench; подорожник большой <i>Plantago major</i> ; пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> ; бодяк щетинистый <i>Cirsium setosum</i> ; горошек заборный <i>Vicia sepium</i> ; бедренец камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> ; чина луговая <i>Lathyrus pratensis</i> ; мята полевая <i>Menta arvensis</i>	Злаково-разнотравные луга центральной поймы р. Вятки среднего уровня с тимopheевкой луговой и чиной луговой; по ложбинам – луга с лисохвостом луговым и лабазником Grass-forb meadows of the central floodplain of the Vyatka River of medium level with timothy grass and meadow pea; in the hollows – meadows with meadow foxtail and meadowsweet

Таблица 9. Результаты исследования возобновления лесной растительности

Table 9. Results of the study on forest vegetation regeneration

Местонахождение Location	Название растений Name Plant	Высота, м Height, m	Возраст, лет Age, years	Количество стволов на участке Number of trunks on the site	
				Живых Live	Засохших Dried
Урочище Ишетъ Ishet tract	Сосны / Pines	15–20	15	16	8
	Всходы / Pine shoots			11	
	Ели / Fir trees	10–15	10	31	46
	Всходы / Fir shoots			60	
	Березы / Birches	10	7–10	17	3
	Всходы / Birches Shoots			10	
	Дубы / Oak trees	7–10	5–8	6	–
Smutyaki village	Всходы / Shoots			5	
	Всходы можжевельника Juniper shoots			3	
	Сосны / Pines	15	17	14	5
	Всходы / Shoots			67	
	Березы / Birches	8	10	6	2
С. Атары Atary village	Дубы / Oak	10	12	8	2
	Ели / Fir	10–12	15	21	8
	Всходы / Fir shoots			15	
	Березы / Birches	10–13	14	29	3
С. Красное Krasnoe village	Сосна / Pines	8	10	7	1
	Сосна / Pine	8	10	20	6
	Всходы / Shoots			54	
	Черемуха / bird cherry	9	10	5	1
	Всходы / Shoots			5	
	Ели / Fir	10–11	14	14	4
	Всходы / Fir Shoots			8	

За 24 года проведения байдарочных экспедиций в них приняли участие более 650 детей, родителей, педагогов, ученых. В табл. 10 приведены результаты

сформированности компетенций у учащихся. Как видно из табл. 10, компетенции сформированы на высоком уровне у 80–95 % учащихся.

Таблица 10. Результаты сформированности компетенций у учащихся**Table 10.** Results of formation of students' competencies

Компонент компетенции Competence componen	Количество опрошенных Number of respondents	Результаты опроса Survey results
Когнитивный уровень познавательной активности в области экологии и краеведения Cognitive levels in ecological and local history fieldwork	120 (83 девочки и 37 мальчиков) 120 (83 girls and 37 boys)	80% высокий уровень, 15 % – средний и 5 % низкий 80 % high, 15 % average and 5 % low
Коммуникативная компонента компетенции Communicative component of competence	120 (83 девочки и 37 мальчиков) 120 (83 girls and 37 boys)	95 % высокий уровень, 5 % – средний 95 % high, 5 % average
Деятельностная компонента исследовательской (проектной) деятельности Activity component of research (project) activity	100 (70 девочки и 30 мальчиков) 100 (70 girls and 30 boys)	95 % высокий уровень, 5 % – средний 95 % high, 5 % average
Деятельностная компонента компетенции научного общения Activity component of scientific communication competence	100 (70 девочки и 30 мальчиков) 100 (70 girls and 30 boys)	90 % высокий уровень, 10 % – средний average 90 % high, 10 % average

ВЫВОДЫ

1. Расчитаны массы загрязняющих веществ в реке Вятке до водозабора г. Кирова и предложена доработка технологической схемы водоподготовки с использованием песчано-гравийных и пленочных фильтров, обеззараживанием хлором, фильтров с загрузкой из активированного угля, производимого Кирово-Чепецкой фирмой «Техносорб» и фильтра с кремнием темно-серым фракции S=5–10 мм, бактерицидных ламп для повторного обеззараживания воды.

2. Результаты исследования биотического индекса, токсичности, микробиологического загрязнения в реках по маршрутам экспедиций показали наибольший биотический индекс в реках Молома и Пижма (8–9); пробы воды токсичны по тест-объекту *Dafnia Mfgna* и фитотоксичны по кресс-салату в реке Вятке перед водозабором и в реках Чепца и Летка у д. Тиминцы; превышение коли-индекса в реке Вятке перед водозабором в 32–122 раз.

3. Проведение геоботанических исследований показало, что наибольшее разнообразие луговых растений на территории заказника «Атарская лука» и в районе пгт Первомайское в Слободском районе; леса сохранились полосами вдоль рек и небольшими участками среди полей по древостою леса на территории заказника «Атарская лука» преимущественно сосняки, в пойменных условиях – сосняки с дубом.

4. Исследования 23 боров методом лишеноиндикации показало, что процент лишайникового покрытия составляет 2–100 % и снижается вблизи городов.

5. Опрос участников экспедиции показал повышение уровня когнитивной компоненты компетентности познавательной активности в области экологии и приобретение компетенций деятельностных, исследовательской деятельности и научного общения во время экспедиции и после экспедиций у 80–95 % опрошенных.

6. За 24 года проведена 21 байдарочная экспедиция, в которой приняли участие более 650 детей, родителей, педагогов, ученых по рекам: Вятка, Молома, Пижма, Чепца, Летка, Кобра.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность к.т.н. Зинаиде П. Макаренко за руководство экспедициями, проведение

исследований с учащимися, разработке технологии водоподготовки; д.т.н. Тамаре Я. Ашихминой за методическую помощь в организации экспедиций и написании статьи; к.б.н. Лидии А. Зубаревой за геоботанические исследования с учащимися; Юрия А. Пояркова за проведение микробиологических исследований с учащимися в лаборатории лицея.

ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to: Dr Zinaida P. Makarenko for leading the expeditions, conducting research with student, and developing water treatment technology; Dr Tamara Ya. Ashikhmina for methodological assistance in organising the expeditions and writing the article; Dr Lidiya A. Zubareva for geobotanical research with students and Yuri A. Poyarkov for conducting microbiological research with students in the lyceum laboratory.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Стратегия развития туристско-рекреационного кластера Кировской области по 2024 год. URL: <https://docs.cntd.ru/document/571065148> (дата обращения: 13.03.2025)
- Сплавы по рекам Кировской области 2023. URL: https://www.korabl-kirov.ru/vodnye_splavy (дата обращения: 13.03.2025)
- О состоянии окружающей природной среды Кировской области в 2022 году: Региональный доклад / под общ. ред. Т.Э. Абашева. Киров: ООО «Триада плюс», 2023. 201 с.
- Карпов А.О. Теоретические основы исследовательского обучения в обществе знаний // Педагогика. 2019. N 3. С. 3–12.
- Карпов А.О. Будущее образования // Общественные науки и современность. 2018. N 5. С. 115–124.
- Компетенции будущего: что развивать и с чем прощаться. URL: <https://attestatika.ru/kursy/kurs-dlya-pedagogov-dopobrazovaniya-o-realizacii-programm-turistsko-kraevedcheskoj-napravlenosti> (дата обращения: 28.02.2025)
- Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие / Под ред. Т. Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2005. 416 с.
- Полеев М.Э., Душечкина И.Н. Аналитическая химия. М.: Медицина, 1987. 400 с.
- Антиоксиданты и свободные радикалы – разбираемся в терминах. URL: <https://10diet.net/chto-takoe-antioksidanti-i-svobodnie-radikali.htm> (дата обращения: 21.04.2025 г.).
- Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации // Экосистема. 2001 <https://karpolya.ru/uploads/fajly/10lihen.pdf> (дата обращения: 14.03.2025)

12. Боголюбов А.С., Кравченко М.В. Изучение луговой растительности. URL: <https://zles.ru/> (дата обращения: 15.03.2025)
13. Оценка безопасности, контроль состояния, обследование, повышение жизнеспособности и уход за деревьями, экспертиза деревьев и древесины, услуги арендаторам лесных участков: проект освоения лесов, лесная декларация, противопожарное обустройство. URL: <https://studfile.net/preview/9443251/page:6/> (дата обращения: 15.03.2025)
14. Биологические методы оценки загрязнения вод. URL: <https://monographies.ru/ru/book/section?id=2251> (дата обращения: 18.03.2025)
15. Бактериологический анализ воды и микробиологический – необходимое условие. URL: [https://www.bwt.ru/useful-info/bakteriologicheskii-analiz-vody-i-mikrobiologicheskii-neobkhodimoe-uslovie/#:~:text="](https://www.bwt.ru/useful-info/bakteriologicheskii-analiz-vody-i-mikrobiologicheskii-neobkhodimoe-uslovie/#:~:text=) (дата обращения: 15.03.2025)
16. Шапков Ю.В., Шапкова М.Ю., Полубоярцев И.С. Социально-экономическое состояние населенных пунктов по реке Вятке от поселка Сырьяны до города Кирово-Чепецка Кировской области как один из факторов, определяющих возможность туристических байдарочных маршрутов // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2024. Т. 33. N 1. С. 130–136. doi:10.14258/zosh(2024)12
17. Полубоярцев С.А., Полубоярцев И.С. Оценка возможности туристических байдарочных маршрутов по реке Вятке от поселка Сырьяны до города Кирово-Чепецка Кировской области // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2024. Т. 33. N 1. С. 137–144.
18. Шапков Ю.В., Шапкова М.Ю., Полубоярцев И.С. Байдарочная экспедиция – это возможность опроса населения по её маршруту: р. Вятка от г. Орлова до пос. Сорвижи Кировской области // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2023. Т. 29. N 1. С. 108–113. [https://doi.org/10.14258/zosh\(2023\)1.16](https://doi.org/10.14258/zosh(2023)1.16)
19. Полубоярцев С.А., Полубоярцев И.С. Результаты научных исследований в экспедициях лица естественных наук за 23 года // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2021. N 15(1). С. 175–177.

REFERENCES

1. *Strategiya razvitiya turistsko-rekreatsionnogo klastera Kirovskoi oblasti po 2024 god* [Strategy for the Development of the Tourism and Recreation Cluster of the Kirov Region through 2024]. <https://docs.cntd.ru/document/571065148> (accessed 13.03.2025)
2. *Splavy po rekam Kirovskoi oblasti 2023* [Splavy po rekam Kirovskoi oblasti 2023]. https://www.korabl-kirov.ru/vodnye_splavy (accessed 13.03.2025)
3. Abashev T.E., ed. *O sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Kirovskoi oblasti v 2022 godu. Regional'nyi doklad* [On the state of the natural environment of the Kirov region in 2022: Regional report]. Kirov, OOO «Triada plyus» Publ., 2023, 201 p. (In Russian)
5. Karpov A.O. Theoretical Foundations of Research-Based Learning in the Knowledge Society. *Pedagogika* [Pedagogy]. 2019, no. 3, pp. 3–12. (In Russian)
6. Karpov A.O. The Future of Education. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'* [Social Sciences and Modernity]. 2018, vol. 5, pp. 115–124. (In Russian)
7. *Kompetentsii budushchego: chto razvivat' i s chem proshchat'sya* [Future Competencies: What to Develop and What to Say Goodbye to]. Available at: <https://attestatika.ru/kursy/kurs-dlya-pedagogov->

- [dopobrazovaniya-o-realizacii-programm-turistsko-kraevedcheskoj-napravlenosti](https://attestatika.ru/kursy/kurs-dlya-pedagogov-) (accessed 28.02.25). (In Russian)
8. Ashikhmina T.Ya. *Ekologicheskii monitoring* [Environmental monitoring]. Moscow, Akademicheskii Proekt Publ., 2005, 416 p. (In Russian)
9. Polees M.E., Dushechkina I.N. *Analiticheskaya khimiya* [Analytical chemistry]. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 400 p. (In Russian)
10. *Antioksidanty i svobodnye radikaly – razbiraemysya v terminakh* [Antioxidants and free radicals – understanding the terminology]. Available at: <https://10diet.net/chto-takoe-antioksidanti-i-svobodnie-radikali.htm> (accessed 21.04.2025). (In Russian)
11. *Otsenka zagryazneniya vozdukhа metodom likhenoidikatsii* [Assessment of air pollution by the lichen indication method]. In: *Ekosistema* [Ecosystem]. 2001. Available at: <https://karpolya.ru/uploads/fajly/10lihen.pdf> (accessed 14.03.25). (In Russian)
12. Bogolyubov A.S., Kravchenko M.V. *Izuchenie lugovoi rastitel'nosti* [Study of meadow vegetation]. Available at: <https://zles.ru/> (accessed 15.03.25). (In Russian)
13. *Otsenka bezopasnosti, kontrol' sostoyaniya, obsledovanie, povyschenie zhiznesposobnosti i ukhod za derev'yami, ekspertiza derev'ev i drevesiny, uslugi arendatoram lesnykh uchastkov: proekt osvoeniya lesov, lesnaya deklaratsiya, protivopozharnoe obustroistvo* [Safety assessment, condition monitoring, survey, improvement of viability and care of trees, examination of trees and timber, services for forest land tenants: forest development project, forest declaration, fire safety equipment]. Available at: <https://studfile.net/preview/9443251/page:6>. (accessed 15.03.25). (In Russian)
14. *Biologicheskie metody otsenki zagryazneniya vod* [Biological methods for assessing water pollution]. Available at: <https://monographies.ru/ru/book/section?id=2251> (accessed 18.03.25) (In Russian)
15. *Bakteriologicheskii analiz vody i mikrobiologicheskii – neobkhodimoe uslovie* [Bacteriological and microbiological analysis of water is a necessary condition]. Available at: [https://www.bwt.ru/useful-info/bakteriologicheskii-analiz-vody-i-mikrobiologicheskii-neobkhodimoe-uslovie/#:~:text="](https://www.bwt.ru/useful-info/bakteriologicheskii-analiz-vody-i-mikrobiologicheskii-neobkhodimoe-uslovie/#:~:text=) (accessed 15.03.2025) (In Russian)
16. Shapkov Y.V., Shapkova M.Y., Poluboyartsev I.S. The socio-economic condition of settlements along the Vyatka River from the village of Syryany to the city of Kirovo-Chepetsk, Kirov region, as one of the factors determining the possibility of tourist kayaking routes. *Health, Physical Culture and Sports*, 2024, vol. 1 (33), pp. 130–136. (In Russian) doi:10.14258/zosh(2024)12
17. Poluboyartsev S.A., Poluboyartsev I.S. Assessment of the possibility of tourist kayak routes along the Vyatka River from the village of Raw to the city of Kirovo-Chepetsk, Kirov Region. *Health, Physical Culture and Sports*, 2024, vol. 1 (33), pp. 137–144 (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.14258/zosh\(2024\)13](https://doi.org/10.14258/zosh(2024)13)
18. Shapkov Yu.V., Shapkova M.Yu., Poluboyartsev I.S. A kayaking expedition is an opportunity to survey the population along the route of the expedition: the Vyatka River from the city of Orlov to the village sorvizhi of the Kirov Region. *Health, Physical Culture and Sports*, 2023, vol. 29, no. 1, pp. 108–113. (In Russian) [https://doi.org/10.14258/zosh\(2023\)1.16](https://doi.org/10.14258/zosh(2023)1.16)
19. Poluboyartsev S.A., Poluboyartsev I.S., Results of scientific research in the expeditions of the lyceum of natural sciences for 23 years. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies]. 2021, vol. 15(1), pp. 175–177. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей А. Полубоярцев и Юрий В. Шапков: проводили инструктаж по ТБ, прививали навыки вождения байдарок, отбирали пробы воды, руководили замером процента лишайникового покрытия. Наталья В. Мешенина и Елена Г. Хлюпина совместно с учащимися проводила исследование луговой и лесной растительности, проводили определение видов. Наталья В. Мешенина и Елена Г. Хлюпина

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sergey A. Poluboyartsev and Yuri V. Shapkov: conducted safety training, taught kayaking skills, collected water samples and supervised the measurement of the percentage of lichen cover. Natalia V. Meshenina and Elena G. Khlyupina together students conducted a study of meadow and forest vegetation and determined species. Natalia V. Meshenina and Elena G. Khlyupina analysed data from the student survey and wrote the manuscript.

проанализировали данные опроса учащихся, написали рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Сергей А. Полубоярцев / Sergey A. Poluboyartsev <http://orcid.org/0009-0009-6475-4905>

Юрий В. Шапков / Yuri V. Shapkov <http://orcid.org/0009-0005-5074-4475>

Наталья В. Мешенина / Natalia V. Meshenina <http://orcid.org/0009-0003-1002-2027>

Елена Г. Хлюпина / Elena G. Khlyupina <http://orcid.org/0000-0003-1249-2746>

Обзорная статья / Review article

УДК 37.034 (316.74)

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-15



Духовно-нравственное воспитание в поликультурной и многоконфессиональной среде молодежи СПО

Муртазали Х. Рабаданов, Наида О. Омарова, Диана Ш. Пирбудагова, Милана А. Омарова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Диана Ш. Пирбудагова, кандидат юридических наук, доцент, директор, Колледж Дагестанского государственного университета; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дзержинского, 21.

Тел. +79285998599

Email pirbudagovad@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-6129-3060>**Формат цитирования**

Рабаданов М.Х., Омарова Н.О., Пирбудагова Д.Ш., Омарова М.А. Духовно-нравственное воспитание в поликультурной и многоконфессиональной среде молодежи СПО // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С.169-174. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-15

Получена 1 июня 2025 г.

Прошла рецензирование 15 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: провести анализ организации духовно-нравственного воспитания в поликультурной, многонациональной и многоконфессиональной среде молодежи среднего профессионального образования Республики Дагестан на примере колледжа Дагестанского государственного университета.

Воспитание молодежи, в том числе учащихся СПО, нацелено на привитие им традиционных духовно-нравственных ценностей. Особенность воспитания в поликультурном и многоконфессиональном регионе заключается в привитии культуры межнациональных отношений, раскрытии общечеловеческих ценностей через призму обычаев и традиций народов, населяющих Дагестан.

Воспитание студентов в многонациональном регионе предполагает, в дополнение к общечеловеческим традиционным ценностям, акцентирование внимания на уважение к другой культуре, другому языку, обычаям и религии, умение не замыкаться в кругу узких национальных интересов.

Ключевые слова

Дагестан, духовно-нравственные ценности, воспитание, поликультурная среда, многоконфессиональная среда, народные обычаи и традиции.

Spiritual and moral education in a multicultural and multi-confessional environment of youth in secondary vocational education

Murtazali Kh. Rabadanov, Naida O. Omarova, Diana Sh. Pirbudagova and Milana A. Omarova

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Diana Sh. Pirbudagova, PhD in Law, Associate Professor, Director, College of Dagestan State University; 21 Dzerzhinsky St., Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79285998599

Email pirbudagovad@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6129-3060>

How to cite this article

Rabadanov M.Kh., Omarova N.O., Pirbudagova D.Sh., Omarova M.A. Spiritual and moral education in a multicultural and multi-confessional environment of youth in secondary vocational education. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):169-174. (In Russ.)
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-15

Received 1 June 2025

Revised 15 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim: To analyse the organisation of spiritual and moral education in a multicultural, multinational and multi-confessional environment of young people in secondary vocational education in the Republic of Dagestan using the example of the college of Dagestan State University.

The education of young people, including students in secondary vocational education, is aimed at instilling in them traditional spiritual and moral values. The peculiarity of education in a multicultural and multi-confessional region is instilling a culture of interethnic relations, revealing universal human values through the prism of the customs and traditions of the peoples inhabiting Dagestan.

The education of students in a multinational region presupposes, in addition to universal traditional values, an emphasis on respect for another culture, another language, customs and religion, and the ability to not become locked into a circle of narrow national interests.

Key Words

Dagestan, spiritual and moral values, education, multicultural environment, multi-confessional environment, folk customs and traditions.

ВВЕДЕНИЕ

Государственная политика Российской Федерации, связанная с российскими традиционными духовно-нравственными ценностями, утверждена Указом Президента В.В. Путина № 809 от 09 ноября 2022 года [1]. Сохранение и укрепление духовно-нравственных традиционных российских ценностей определяются Указом как один из важнейших аспектов стратегического планирования в сфере обеспечения национальной безопасности России.

Важность сохранения традиционных ценностей вызвана действиями государств, недружественных России, активностями экстремистских и террористических организаций, использованием врагами нашей страны деструктивной идеологии, которую экстремистские организации и недружественные государства пытаются привить гражданам России через средства массовой информации.

Осмыслению духовно-нравственных ценностей, проблеме их формирования у студентов среднего профессионального образования (СПО), посвящены работы многих исследователей. Отмечается необходимость тесного единства аудиторной и внеаудиторной деятельности, выделяется роль преподавателей дисциплин «Обществознание» и «История» в формировании ценностных ориентаций и смысловых приоритетов студентов [2]. Делается вывод о том, что духовно-нравственные ценности во многом определяют социальное поведение молодого человека в повседневной деятельности и, следовательно, представляют собой основу гармоничного развития личности.

Анализ опроса обучающейся молодежи [3] позволил распределить респондентов по 8 типологическим группам, «положительной» из которых является группа, считающая значимыми три фактора (ценностей профессионального самоопределения, бытийных смысловых ценностей и ценностей гражданского общества), соответствующие традиционным российским ценностям. Делается вывод о необходимости разработки молодежной политики, создающей условия для перехода студентов в «положительную» типологическую группу из всех других.

Каждая ценность в духовном мире студенческой молодежи имеет ту или иную «глубину залегания», что и определяет мотивационное воздействие ценностных ориентаций молодежи [4]. Студенты проводят в образовательной среде значительное количество времени, и на основе результатов выявления ценностей обучающейся молодежи, в том числе традиционных, можно прогнозировать будущие социальные изменения в обществе, совершенствовать программы воспитания и образования.

Духовно-нравственные ценности прививаются в три этапа – семейный, младший и старший школьный (подростковый). Студенческий этап заключается в их закреплении у уже сформировавшегося гражданина [5]. В качестве основных ценностей, необходимых для привития студенту, предлагаются патриотизм, межнациональный мир и согласие, национальная идентичность. Наиболее эффективным для этого является прямое взаимодействие между преподавателями и студентами, совмещение досуговых,

просветительских педагогических и иных способов работы с ценностями студентов.

Цель патриотического воспитания в вузе – развитие высокой социальной активности и гражданской ответственности обучающихся [6]. Реализация воспитательной деятельности, связывается с раскрытием её деятельного, когнитивного и творческого аспектов. Описана практическая деятельность в медицинском вузе по нравственно-патриотическому воспитанию.

Все представленные выше работы или носят теоретический характер [2–4], или мало привязаны к вызовам, описанным в Указе Президента России № 809 [5; 6]. Для Республики Дагестан эти вызовы требуют особого внимания и действенных шагов.

В ноябре 2024 года в Махачкале состоялось заседание Правительства Республики Дагестан, где рассматривался вопрос об исполнении Указа № 809 [7]. Дагестан в условиях обострения международных отношений и внешнего давления подвергается со стороны Запада сильному информационно-психологическому воздействию. Противодействие деструктивной идеологии и сохранение традиционных духовно-нравственных ценностей выходят за рамки социальной политики, а становятся стратегической необходимостью для нашего мирного будущего. Деструктивные силы пытаются:

- создать условия для саморазрушения дагестанского общества, ослабляя семейные, дружеские и другие социальные связи;
- ослабить гражданскую идентичность нашего народа, отрицая его самобытности;
- исказить историческую правду;
- разжечь межнациональные и межрелигиозные конфликты.

Особую угрозу традиционным ценностям создают экстремистские и террористические организации, определенные средства массовой информации и недружественные государства.

В рамках реализации Указа № 809 в Дагестане разработан соответствующий республиканский план на 2024–2026 годы, включающий 127 мероприятий. Начато проведение масштабной работы, нацеленной на укрепление института семьи, популяризацию уважения к Родине, патриотизма. Особое внимание в плане уделено молодежи, составляющей фундамент будущего, нуждающейся в защите от угроз от деструктивных элементов и внешних угроз – радикальной идеологии и субкультур, чуждых российским духовно-нравственным традициям.

ОБСУЖДЕНИЕ

Новейшая доктрина российской образовательной политики акцентируется на усилении духовно-нравственного компонента в воспитании подростков и молодежи, что предполагает создание педагогических условий по формированию у молодежи духовно-нравственных ценностей, зафиксированных Указом Президента РФ № 809.

В образовательной деятельности Колледжа Дагестанского государственного университета (ДГУ) одним из приоритетных направлений является воспитание обучающихся в рамках сохранения и укрепления российских ценностей, способствующих в том числе противодействию исходящим извне, в

основном из социальных сетей, угрозам национальной безопасности Российской Федерации.

Сотрудниками Дагестанского научного центра Российской академии образования ДГУ проводились теоретические и экспериментальные исследования, нацеленные на воспитание и формирование у студентов вуза социально-позитивных форм поведения с учетом особенных условиях Республики Дагестан, полиэтнического и многоконфессионального региона, где огромное значение имеет культура межнациональных отношений. Общечеловеческие ценности раскрываются посредством ознакомления с обычаями и традициями каждого народа [8].

Важную роль в организации и проведении мероприятий воспитательного характера имеет их адресная направленность, а именно ориентированная на специфику формируемых в процессе обучения профессиональных компетенций будущих специалистов среднего звена. Концепция воспитательной системы среднего профессионального образования (СПО) ДГУ выстраивается с ориентацией на формирование и развитие интеллектуальной, культурной, творческой, нравственной личности студента, будущего специалиста, сочетающего в себе профессиональные знания и умения, высокие моральные и патриотические качества, обладающего правовой и коммуникативной культурой, активной гражданской позицией.

Ведущей идеей концепции воспитательной системы является системность воспитания, заключающаяся в создании в вузе единого воспитательного пространства, охватывающего все формы и уровни образования, а также в целенаправленной работе по формированию личности будущего специалиста с использованием всех возможностей образовательного процесса. Качественная подготовка специалистов среднего звена определяется как взаимосвязанный процесс обучения и воспитания. Система воспитания студентов в ДГУ представляет условия, способствующие и индивидуальному развитию обучающихся, и их коллективному взаимодействию [9].

Педагоги колледжа в процессе обучения воспитывают студентов, реализуя образовательные программы, подбирая учебные пособия и дидактический материал, направленный на усвоение студентами программных знаний и на их духовно-нравственное развитие.

Важнейшим принципом организации воспитательной работы является обеспечение максимального взаимодействия педагога и обучающегося. Этому способствует внутренняя организационная структура обучения и воспитания: наличие кураторов в академических группах, тьюторов и социальных педагогов, а также штатного педагога-психолога. Общую координацию деятельности осуществляет заместитель директора колледжа по воспитательной работе. Реализация воспитательного процесса идет в тесном взаимодействии со структурами самоуправления: студенческим советом и родительским комитетом, а также представителями организаций-работодателей в реальном секторе экономики в зависимости от направленности программ СПО.

Принцип наставничества старшего товарища позволяет максимально вовлечь в воспитательный процесс самого студента. Положительной стороной

данной модели является то, что студент становится непосредственным участником воспитательного процесса. Так, в соответствии с календарным планом воспитательной работы колледжа ДГУ студенты под руководством кураторов, педагогов-организаторов принимают активное участие в проведении в общеобразовательных учреждениях различных мероприятий, направленных на культивирование традиционных ценностей, таких как уважение к истории нашей Родины, ее культуре, языку, общероссийской гражданской идентичности.

Воспитательная работа с обучающимися по программам СПО выстроена по нескольким направлениям:

- планирование всего комплекса мероприятий, включая организацию еженедельное проведение кураторских часов, «Разговоры о важном» (еженедельно), организацию встреч с представителями органов государственной власти, включая правоохранительные органы, представителями общественных организаций и объединений (Общественной палатой РД, Российского общества «Знание»), деятельность которых направлена на поддержание и культивирование исторического и культурного наследия нашей страны (общественной организацией по охране памятников культурного и природного наследия «Птица Феникс») и др.;

- организация внеурочной деятельности студентов колледжа (кружки «Цифровая среда», «Я – гражданин», «Сохраним Каспий»), секции (студенческий спортивный клуб), студенческие отряды (региональное Движение первых), посещение музеев, тематических мероприятий на площадках исторического парка «Россия – моя история», Национального музея Республики Дагестан им. А.А. Тахо-Годи, направленных на формирование и укрепление духовно-нравственных ценностей;

- участие в конференциях, олимпиадах и конкурсах, мотивирование студентов на победу;

- организация и проведение ежегодных мероприятий в честь дня Родного языка, в проведении выставок промыслов, ремесел и дегустации кухни народов Дагестана, участие в проводимой ежегодно Неделе русского языка;

- организация работы с обучающимися с девиантным поведением.

Кураторы колледжа ДГУ на постоянной системной основе проходят повышение квалификации. Ежегодно на основе отчетов кураторов проводится анализ воспитательной работы в группах и в целом по колледжу. В отчете отражена деятельность по всем направлениям воспитательной работы с приведением сведений об участии обучающихся в научном студенческом обществе, в работе клубов, спортивных секций. Достижения студентов отражены на сайте колледжа, на стендах студенческого Совета «Действующие лица» и общежития. Активное участие студентов в мероприятиях колледжа – результат воспитательной работы педагогического коллектива.

На колледж распространяется модель реализации гуманитарного образования, реализованная в ДГУ [10]. Основой модели являются процессы комплексной интеграции компонентов образовательного процесса, обеспечивающего реализацию интеллектуально-творческого, организационно-коммуникативного, духовно-нравственного челове-

ческого ресурса, решение социально-культурных задач, становление человеческих и профессиональных качеств на основе опыта обучающихся, в том числе гуманитарного.

В рамках данной модели студенты совместно, в диалоге, анализируют практические ситуации, работают в единой команде в среде событийной общности, психологического комфорта, доверия и открытости. Благоприятная творческая образовательная среда способствует поиску студентами собственных ценностей и смыслов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все описанные выше меры позволяют достичь эффективных результатов в воспитательном процессе, предотвратить негативное идеологическое и психологическое воздействие на обучающихся различных деструктивных идеологий, представляющих угрозу духовно-нравственному развитию.

Для дальнейшего нивелирования проблемных аспектов сохранения и укрепления традиционных российских духовно-нравственных ценностей в Колледже ДГУ принимаются следующие меры:

- на работу в вуз приглашаются высококвалифицированные педагогические кадры, способные выполнять функции многозадачности в качестве куратора / классного руководителя;
- вводится системный подход при подготовке педагогов, включая педагогов-психологов, ориентированных на реализацию воспитательного процесса в системе СПО;
- методики воспитания молодежи непрерывно актуализируются с учетом экзистенциальных угроз и геополитических вызовов современности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указ Президента РФ от 9 ноября 2022 г. N 809 "Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей". URL: <https://base.garant.ru/405679061/> (дата обращения 11.04.2025)
2. Кабыткина И.Б., Чаплыгина А.Р. Методы и средства формирования духовно-нравственных ценностей у студентов СПО // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. N 6 (120). Часть 4. С. 39–42. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.120.6.139>
3. Газиева И.А. Социальная среда как фактор изменения ценностей студенческой молодежи // Высшее образование в России. 2024. Т. 33. N 2. С. 54–72. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-54-72
4. Часовская Л.А., Ефремов А.А., Секерин В.Д., Горохова А.Е. Традиционные духовно-нравственные ценности студенческой молодежи // Коммуникология. 2025. Т. 13. N 2. С. 144–156. DOI: 10.21453/2311-3065-2025-13-2-144-156
5. Долгих А.А. Формирование духовно-нравственных ценностей студентов ВУЦ через внеурочную деятельность // Педагогический журнал. 2024. Т. 14. N 1А. С. 379–392. DOI: 10.34670/AR.2024.31.98.033

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Муртазали Х. Рабаданов поставил задачу исследования, проанализировал и проинтерпретировал его результаты. Милана А. Омарова собрала первичный материал, проанализировала публикации по теме исследования.

6. Китаева Р.Р., Нугаева К.Р. Нравственно патриотическое воспитание студентов в высшем медицинском образовательном учреждении в современной России // Тенденции развития науки и образования. 2023. N 95-1. С. 60–62. DOI: 10.18411/trnio-03-2023-19
7. Вопросы укрепления традиционных ценностей обсудили в Правительстве Дагестана. Правительство Республики Дагестан. 12.11.2024 г. URL: https://e-dag.ru/news_main/18699 (дата обращения 11.03.2025)
8. Рабаданов М.Х. Университетское образование в регионе: современное состояние и перспективы. Махачкала: Издательство ДГУ, 2022. 416 с.
9. Рабаданов М.Х. Дагестанский государственный университет: образовательная деятельность. Махачкала: Издательство ДГУ, 2023. 296 с.
10. Алиева Б.Ш., Рабаданов М.Х. Гуманитарное образование – ресурс развития человеческого капитала в условиях цифровой трансформации // Высшее образование сегодня. 2022. N 9. С. 2–7. DOI: 10.18137/RNU.HET.22.09.P.002

REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF ot 9 noyabrya 2022 g. N 809 "Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoi politiki po sokhraneniyu i ukrepleniyu traditsionnykh rossiiskikh dukhovno-nravstvennykh tsennostei" [Decree of the President of the Russian Federation of 9 November 2022 No. 809 "On the Approval of the Fundamentals of State Policy on the Preservation and Strengthening of Traditional Russian Spiritual and Moral Values"]. Available at: <https://base.garant.ru/405679061/> (accessed 11.04.2025)
2. Kabytkina I.B., Chaplygina A.R. Methods and means for the forming of spiritual and moral values among students receiving vocational secondary education. *International research journal*, 2022, no. 6 (120), part 4, pp. 39–42. (In Russian) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.120.6.139>
3. Gazieva I.A. Social environment as a factor in changing the values of student youth. *Higher education in Russia*, 2024, vol. 33, no. 2, pp. 54–72. (In Russian) DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-54-72
4. Chasovskaya L.A., Efremov A.A., Sekerin V.D., Gorokhova A.E. Traditional spiritual and moral qualities of student youth. *Kommunikologiya*, 2025, vol. 13, no. 2, pp. 144–156. (In Russian) DOI: 10.21453/2311-3065-2025-13-2-144-156
5. Dolgikh A.A. Formation of spiritual and moral qualities of university students through extracurricular activities. *Pedagogical Journal*, 2024, vol. 14, no. 1A, pp. 379–392. (In Russian) DOI: 10.34670/AR.2024.31.98.033
6. Kitaeva R.R., Nugaeva K.R. Emotional patriotic education of students in higher medical education institutions in modern Russia. *Trends in the development of science and education*. 2023, no. 95-1, pp. 60–62. (In Russian) DOI: 10.18411/trnio-03-2023-19
7. Voprosy ukrepleniya traditsionnykh tsennostei obsudili v Pravitel'stve Dagestana. *Pravitel'stvo Respubliki Dagestan* [Issues of strengthening traditional values discussed in the Government of Dagestan. Government of the Republic of Dagestan]. Available at: https://e-dag.ru/news_main/18699 (accessed 11.03.2025)
8. Rabadanov M.Kh. *Universitetskoe obrazovanie v regione: sovremennoe sostoyanie i perspektivy* [University education in the region: current state and prospects]. Makhachkala, DSU Publ., 2022, 416 p. (In Russian)
9. Rabadanov M.Kh. *Dagestanskii gosudarstvennyi universitet: obrazovatel'naya deyatel'nost'* [Dagestan State University: educational activities]. Makhachkala, DSU Publ., 2023, 296 p. (In Russian)
10. Alieva B.Sh., Rabadanov M.Kh. Humanitarian education – a resource for the development of human capital in the context of digital transformation. *Higher education today*, 2022, no. 9, pp. 2–7. (In Russian) DOI: 10.18137/RNU.HET.22.09.P.002

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Murtazali Kh. Rabadanov set the research task and analysed and interpreted its results. Milana A. Omarova collected the primary material and analysed publications on the research topic. Diana Sh. Pirbudagova collected and designed the

Диана Ш. Пирбудагова собрала и оформила первичный материал. Наида О. Омарова проанализировала и переработала первичный материал. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

primary material. Naida O. Omarova analysed and revised the primary material. All authors equally participated in writing the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Муртазали Х. Рабаданов / Murtazali Kh. Rabadanov <https://orcid.org/0000-0002-3364-5927>

Наида О. Омарова / Naida O. Omarova <https://orcid.org/0000-0002-3914-2220>

Диана Ш. Пирбудагова / Diana Sh. Pirbudagova <https://orcid.org/0000-0001-6129-3060>

Милана А. Омарова / Milana A. Omarova <https://orcid.org/0009-0008-9511-8816>

Обзорная статья / Review article

УДК:378.18

DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-16



«Точка кипения» в развитии коммуникационных аспектов социальной экологии современного общества

Муртазали Х. Рабаданов, Саид А. Ниналалов, Фатима А. Куцулова, Мурад А. Абдуллаев

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Саид А. Ниналалов, кандидат физико-математических наук, кафедра инженерной физики, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43 «а».

Тел. +79634239685

Email said2706@gmail.comORCID <https://orcid.org/0000-0002-8303-5019>**Формат цитирования**

Рабаданов М.Х., Ниналалов С.А., Куцулова Ф.А., Абдуллаев М.А. «Точка кипения» в развитии коммуникационных аспектов социальной экологии современного общества // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 175-181.
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-16

Получена 10 июня 2025 г.

Прошла рецензирование 21 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: проанализировать и охарактеризовать деятельность «Точки кипения» Дагестанского государственного университета (ДГУ) как нового развивающего пространства активизации научной и общественной деятельности региона, в том числе студенчества, с позиций социальной экологии.

Отсутствие четких границ в определении понятия «социальная экология» создаёт простор для интерпретаций, что наносит ущерб точности научных исследований и усложняет разработку эффективных социальных и экологических стратегий воспитания студенческой молодежи. Их отсутствие делает невозможным постановку и реализацию социально-психологических, просветительских задач развития общественного пространства в целях придания нового смысла «третьей миссии университета» и расширения формата функционирования образовательной площадки «Точка кипения» ДГУ. Инновационно-просветительская образовательная платформа «Точка кипения» ДГУ посредством выполнения функций развития экологии личности, улучшения экологических отношений в социуме в противовес токсичным, разрушающим либо сдерживающим общественное развитие, возвращает новое поколение молодежи, ориентированное на непрерывное комплексное всестороннее развитие, в том числе саморазвитие, создавая при этом необходимые современному обществу компетенции при организационном взаимодействии с государственными структурами и общественными движениями. На основании новых форматов расширения экологичности социума предложены меры использования результатов деятельности «Точки кипения» в общем социально-экономическом развитии региона, а именно профильными министерствами и ведомствами с целью достижения оптимального для потребностей личности уровня и качества жизни.

Ключевые слова

Социальная экология, экологичность отношений, «Точка кипения» ДГУ, третья миссия университета, саморазвитие личности.

The "Boiling Point" in the development of communication aspects of social ecology of modern society

Murtazali Kh. Rabadanov, Said A. Ninalalov, Fatima A. Kutsulova and Murad A. Abdullaev

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Said A. Ninalalov, PhD (physics and mathematics),
Department of engineering physics, Dagestan State
University; 43a M. Gadzhiev St., Makhachkala,
Russia 367000.

Tel. +79634239685

Email said2706@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8303-5019>

How to cite this article

Rabadanov M.Kh., Ninalalov S.A., Kutsulova F.A.,
Abdullaev M.A. The "Boiling Point" in the
development of communication aspects of social
ecology of modern society. *South of Russia:
ecology, development*. 2025; 20(3):175-181.
(In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-16

Received 10 June 2025

Revised 21 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim: To analyse and characterise the activity of the Boiling Point of Dagestan State University (DSU) as a new developing space for the activation of scientific and social activities in the region, including among students, from the standpoint of social ecology.

The lack of clear boundaries in the definition of the concept of "social ecology" creates room for interpretation, which damages the accuracy of scientific research and complicates the development of effective social and environmental strategies for educating students. This lack makes it impossible to set and implement socio-psychological and educational tasks for the development of public space in order to give a new meaning to the "third mission of the university" and expand the format of the DSU "Boiling Point" educational platform. The innovative and educational platform Boiling Point of DSU, through fulfilling the functions of personal ecology development, ecological relations in society as opposed to toxic ones (destroying or constraining social development) and, nurtures a new generation of youth focused on continuous comprehensive self-development. At the same time, they create the competencies necessary for modern society in organisational interaction with government agencies and social movements.

Based on new formats for expanding the environmental friendliness of society, measures have been proposed to use the results of Boiling Point's activities in the overall socio-economic development of the region, namely, by relevant ministries and departments in order to achieve an optimal level of individual needs and quality of life.

Key Words

Social ecology, environmental friendliness of relations, Dagestan State University Boiling Point, third mission of the university, self-development of personality.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время образовательная структура университетов России находится в состоянии непрерывной модернизации и ускоренных изменений. Это связано не только с преобразованиями учебного процесса в соответствии с более быстрыми изменениями на рынке труда, но и с расширением коммуникативных связей с обществом, с увеличением научного, социально-экономического, технологического и инновационного вклада университетов в рост и развитие территорий своего присутствия, то есть с активизацией «Третьей миссии» университетов.

Всю историю развития системы высшего образования в России деятельность вузов органически вплеталась в общественную жизнь, причём просветительская роль университетов не замыкалась в стенах вузов. Наряду с экспедициями и публичными лекциями вузы становились инициаторами важных общественных начинаний [1].

В этом русле исследование коммуникационной среды социума и ценностных ориентиров современной молодежи, а также способов их прогрессивного развития выявило необходимость изучения общественных коммуникаций с научных позиций, ранее либо вовсе не используемых, либо недостаточно широко освещенных в научной литературе. Речь идет о социальной экологии, экологичности отношений в социуме в целом и в молодежной среде, в том числе в вузе.

На сегодняшний день данные специфические направления экологии не имеют четкой научной терминологии и функциональных границ, что позволяет нам говорить о возможности новых форматов синергии экологии, психологии и социологии, точнее о новых векторах развития, позволяющих выстраивать психологически здоровые конструктивные коммуникации в социуме. Это особенно актуально в период международной политической нестабильности и наличия приходящих извне информационных вбросов, подрывающих фундаментальные ценности российского общества.

«Социальную экологию», на наш взгляд, можно интерпретировать как гармонично развивающуюся общественную среду, в которой человек является основой, ядром всех происходящих трансформаций, а его саморазвитие формирует и совершенствует социально-экономические и социально-психологические условия жизнедеятельности всего социума.

Коммуникации внутри этой общественной среды, можно назвать «экологичными», несущими в себе конструктивные решения и позитивные поступки личности человека, реализуемые в единстве со своими стремлениями и интересами в противовес токсичным, доставляющим внутренний дискомфорт и невозможность самореализации.

Раскрывая экологичные коммуникации, мы говорим о новом алгоритме комплексного развития и самореализации социума, способствующем формированию новых взглядов на самих себя, на свои жизненные ценности и свое будущее, выступающем в качестве одной из активных форм реализации задач интеллектуального развития молодежи и не только, вне зависимости от сферы их обучения и направлений деятельности – о «Точке кипения».

«Точка кипения» – новый формат образовательного просветительского развивающего пространства, направленного на разработку конструктивных проектов преобразования будущего. Инициатором открытия Точек кипения в регионах и городах Российской Федерации выступает АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ).

«Точка кипения» ДГУ (ТК ДГУ) – одна из 175 точек сети по всей Российской Федерации – уникальное развивающее пространство, представляющее собой площадку генерации и непрерывного движения идей, проектов и мероприятий – предпосылок формирования научного, технологического лидерства.

ТК как образовательный, просветительский формат уникальна с позиций того, что, с одной стороны, является добровольным процессом самообразования и самореализации студенчества, молодежи и зрелого населения региона, с другой стороны вуз транслирует и популяризирует идеи, ценности и знания в различных областях, не только повышая образовательный и культурный уровень населения, но и осуществляя гуманитарное и иное воспитание личности в соответствии с целями и задачами системы образования и государственности Российской Федерации в целом. Следовательно, ТК является и субъектом, позволяющим реализовывать самые различные по направленности и содержанию идеи просвещения, и тем самым полем, где рождаются, формируются и распространяются конструктивные идеи и ценности интеллектуального, профессионального, духовно-нравственного, творческого развития современного человека и общества.

ОБСУЖДЕНИЕ

Термин «социальная экология» введен в обращение исследователями Р. Парком и Е. Берджессом в 1921 году. Они использовали его для обозначения теории, изучавшей «различные аспекты взаимодействия членов общества в пределах городской среды» [2]. Следует отметить, что последующие определения понятия «социальная экология» у большинства ученых экологов отошли от проблематики человека и общества как «глубоко биологического организма» с его социальными трансформациями вектора, от конфликта к пониманию и согласию (по Р. Парку) и исследований «городского метаболизма» и мобильности (по Е. Берджессу) в сторону изучения взаимосвязи и взаимозависимости социума с окружающей природной средой.

Проблематику социального в экологической науке исследовали Н.Ф. Реймерс [3], Б.Б. Прохоров [4], М.А. Киприянова [5], Ю.С. Чуйков [6], Н.С. Смольников [7], Д.В. Соломко [8], Э.В. Гирусов [9] и др. Э.В. Гирусов [9] ставил акценты в данном понятии на социально-экологическое образование и экологическое воспитание человека и общества. М.А. Куприянова рассматривала в качестве объектов социально-экологического взаимодействия несколько сред обитания людей: неодушевленные – естественная (природная) и искусственная (техническая, бытовая) среда, и одушевленная – социальная среда, которые в своей совокупности и образуют общее понятие «окружающая среда» [5]. При этом М.А. Куприянова

подчеркивала значение социальной среды в примирении естественной и искусственной среды между собой.

ТК, аналогично заявленному, не просто примиряет между собой естественную и искусственную среду, но и формирует, и выдвигает на первый план понятие «экология личности», ориентируя социум на непрерывное саморазвитие и реализацию стратегии устойчивого роста научно-технических, культурных, экономических, экологических аспектов своего бытия.

С даты открытия 20 октября 2020 года по 01 января 2025 года в ТК ДГУ проведено около 1700 мероприятий самой различной тематики – более 400 мероприятий в год. Все мероприятия ТК ДГУ, согласно правилам, установленным АСИ, регистрируются на портале leader-id.ru. За все время существования ТК ДГУ число посетителей – участников мероприятий – составило более 122 000 человек.

ТК ДГУ ежедневно целенаправленно просвещает личность человека, моделируя и активизируя его поведение на реализацию успешной программы его социальной жизни, адресованной в будущее, создавая при этом удобное пространство для сотрудничества представителей разных сообществ: от защитников городских зеленых зон до разработчиков программного обеспечения.

Уникальность ТК состоит в том, что большинство мероприятий проводится студенчеством исключительно по собственной инициативе, вовлекая в процесс организации мероприятий представителей предпринимательской среды, органов власти, научных организаций и институтов развития как регионального, так и федерального уровня.

Студенты разных вузов и направлений обучения формируют и реализуют в ТК ДГУ мероприятия, не только удовлетворяющие их информационные, образовательные потребности, но и определяющие в дальнейшем их социальный статус и нормативы экологических (правильных и конструктивных) коммуникаций и поведения в обществе.

«Дебаты» от Юридического института ДГУ, «DSU-talks» от студентов Экономического факультета, «Айтишники» от Факультета информатики и информационных технологий, сборы волонтеров, заседания книжных клубов факультетов ДГУ и других вузов Дагестана создают предпосылки для полноценной социализации личности студента, формируя целостное мировоззрение современного человека и гражданина своей страны.

Особую значимость для научной самореализации студентов в эти процессы имеет Студенческое научное общество ДГУ (СНО). Работа обучающихся в научных кружках стимулирует интерес студентов к науке и способствует развитию у них навыков и компетенций, необходимых для осуществления научно-исследовательской деятельности [10].

Ключевой принцип работы ТК ДГУ заключается в создании пространства для проектирования будущего теоретиками и практиками – студенчеством и бизнесом, учёными и государственными служащими, членами общественных организаций и профессиональными сообществами.

Огромное значение в развитии современного высшего образования имеет насыщение внеучебного времени студенчества интересным и позитивным

содержимым. ТК ДГУ как песочница проектов и ресурсов самоопределения и развития талантов молодежи обеспечивает безбарьерный вход новых идей и проектов студенчества в вектор развития региона, собирая вокруг себя сообщество людей, готовых к сотрудничеству.

Сеть ТК, активно расширяясь в стране, становится главным катализатором активизации деятельности молодежи в русле стремлений к лидерству, следованию современным научным и технологическим тенденциям, определяющим в дальнейшем направление собственного развития. Широко реализуются научные и просветительские проекты при поддержке грантов Федерального агентства по делам молодежи (Росмолодёжь). Один из таких проектов «ЮнЭко-2024» (Юный Экономист) – конкурс молодежных бизнес-проектов, организованный СНО Экономического факультета ДГУ при поддержке гранта Росмолодежи нашел живой отклик у более 80 студентов вузов республики.

В 2024–2025 годах студентами Факультета иностранных языков ДГУ проведена серия мероприятий в рамках реализации гранта Росмолодежи «Творческая лаборатория перевода «Родные сказки – в мир!» Мастер-классы проекта были посвящены особенностям перевода и передачи колорита многонационального Дагестана. Результатом проекта стало издание сборника сказок народов Дагестана.

Проект «Образовательные подкасты к ЕГЭ по биологии «БиоСапиенс-2025», реализуемый в настоящее время СНО Биологического факультета ДГУ при поддержке гранта Росмолодежи привлекает к мероприятиям в ТК ДГУ будущих абитуриентов со всего региона.

Выделим самые массовые мероприятия Научно-технологической инициативы (НТИ) с участием молодежи и студенчества, которые состоялись в ТК ДГУ:

– *Кубок «Управляй»*, реализуемый в сетевом общероссийском формате с одновременной работой в режиме единого онлайн-подключения (старт – завершение) вузов – участников из многих субъектов РФ. Участники выполняют задания на бизнес-симуляторе, демонстрируя свои лидерские, управленческие компетенции, заявляя о себе своим потенциальным работодателям;

– *Интенсив «От идеи к прототипу»*. Проектно-образовательный интенсив «От идеи к прототипу» от Университета 20.35 – прорывной формат практико-ориентированного образования, включающий в себя увлекательную работу в команде над технологическим проектом, который должен быть проведен от идеи до полезного продукта, посредством обучения по индивидуальным образовательным траекториям и цифровым инструментам управления процессом;

– *Управленческий турнир в ДГУ* ежегодно собирает в ТК около 100 будущих управленцев. Реализуемый проект «Молодежные управленческие поединки» направлен на проведение серии турниров в сфере менеджмента, состоящих из предварительного ознакомительно-теоретического курса и дальнейшего практического применения полученных знаний в рамках управленческих состязаний. Примечательно, что команда студентов ДГУ стала победителем Управленческого турнира и была приглашена к участию в национальном финале мирового чемпионата по

стратегии и управлению бизнесом Global Management Challenge в Ханты-Мансийске в 2022 году».

– «Прокачай проект» в Предакселераторе НТИ на базе ТК ДГУ – программа, целью которой является поддержка и развитие предпринимательских инициатив и проектной деятельности любой направленности – от социального предпринимательства до ноу-хау в сфере IT. В ходе реализации программы профессионалы и эксперты выступают а качестве наставников, сопровождающих команды на всем пути продвижения идеи в полноценный проект. Программа Предакселератора включает в себя: открытые семинары и мастер-классы ведущих отраслевых экспертов, помогающих разработать проект от упаковки до презентации; продуктивное общение с наставниками – представителями рынков НТИ; получение новых навыков и новых деловых связей при вступлении в бизнес-группы. В финале конкурса команды демонстрируют свои результаты экспертам НТИ, а также представителям различных фондов поддержки предпринимательства и институтов развития.

Следует отметить, что мероприятия проводятся в ТК в регионах Российской Федерации в целях единения экологических (позитивных) для общества коммуникаций и мировоззренческих установок ориентированного на саморазвитие социума, в том числе:

- создание сообщества лидеров для реализации успешного совместного образа будущего;
- обеспечение единого доступа граждан страны к механизмам поддержки разрабатываемых ими проектов, способных конструктивно преобразовать социум, со стороны федеральных и региональных министерств и ведомств, институтов развития и финансово-кредитных организаций;
- масштабное вовлечение специалистов из разных областей в решение задач опережающего развития городов и регионов РФ;
- адаптация и профессиональное развитие человека в цифровой экономике и IT-сфере;
- формирование и развитие деятельности команд участников НТИ;
- реализация образовательных проектов и программ во взаимодействии с АСИ [11].

В целях всестороннего развития личности, а именно – интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и профессионального развития в 2024 – 2025 год в ТК ДГУ проведено более 800 мероприятий, включая образовательные, обучающие ресурсы – «Школа цифровой грамотности», «Обучающие курсы для ответственных за информационную работу в ДГУ», «Мастер класс по созданию видеороликов в рамках Фестиваля научно-популярного туризма СКФО «Вершины наук», «Мастер-классы по решению юридических кейсов», «Лекции от Яндекс-лица»: «Путь от стажёра до Сеньора», мероприятия Школы студенческого актива «Лидер», весенняя школа «Как передать язык детям» и др.; конкурс «Предприниматель года», мини-хакатоны от СНО Факультета информатики и информационных технологий ДГУ, Университетский этап Всероссийского конкурса «Студенческий лидер», турниры по шахматам, игры и викторины форматов «Брейн-ринг», «Что? Где? Когда?», «Слабое звено» и др.

«ТК ДГУ стала площадкой для общероссийских масштабных мероприятий: Проектного интенсива Университета 20.35: образовательного фестиваля «Панорама возможностей», форсайт-сессии «Библиотекарь будущего», хакатона «Цифровой прорыв», «Spft-skills: саморазвитие, карьера, предпринимательство», «Тотального диктанта», «Математического диктанта», и др.» [12]

Немаловажна работа ТК ДГУ по направлению «Наставничество в вузах». 80-летие Победы в Великой Отечественной войне и Указ Президента Российской Федерации об объявлении 2025 года Годом защитника инициировали серию мероприятий патриотической направленности в целях сохранения исторической памяти и выражения глубокой признательности тем, кто защищал и продолжает защищать суверенитет и безопасность нашей страны. На базе ТК ДГУ прошли Всероссийская акция «Победили тогда – победим и сейчас», ряд мероприятий Исторического факультета и Научной библиотеки ДГУ, инициируемые как преподавателями, так и студентами.

Координационный центр ДГУ на регулярной основе проводит в ТК ДГУ мероприятия антитеррористической направленности, что позволяет возвести в университете мощный заслон деструктивной информационной пропаганде. Токсичность извне теряет свои позиции, столкнувшись со стабильной психологически и позитивно ориентированной на саморазвитие и гармоничное сосуществование с социумом личностью студента.

ТК ДГУ – важная общественная площадка, место обсуждения и главное – решения острых социальных проблем республики, города, района и села. Созвучно целям самой экологии ТК ДГУ, оптимизируя конструктивные процессы в среде обитания человека, обеспечивает общество информацией, оценивая последствия его жизнедеятельности.

Большое количество мероприятий в ТК ДГУ проводится по инициативе региональных и городских ведомств, общественных движений и некоммерческих организаций (НКО) – от решения вопросов управления многоквартирными домами и иных проблем деятельности Госжилинспекции РД до «Городских чтений» общественного движения #ГородНаш, где решение находят экологические и иные проблемы столицы Дагестана, от обсуждения проблем пчеловодства до масштабных региональных конкурсов и совещаний министерств и ведомств региона [13].

Эффективным способом продвижения молодежью проектов на федеральном и региональном уровне является форум «Сильные идеи для нового времени». Все представленные на форуме инициативы изучаются экспертами. За каждым поддержанным проектом закрепляется компетентный орган исполнительной власти в целях оказания поддержки в сопровождении и реализации инициатив.

Раскрывая феномен экологии человека, следует отметить, что человек становится полноценной личностью только благодаря усвоению транслируемого научного и социального опыта. Так в этих целях, а также в рамках приобщения молодежи к научной деятельности и трансляции прогрессивных научных достижений как самого вуза (продукт научных лабораторий), так и научных прорывов по стране в целом, в ТК ДГУ проведено более 200 научных конференций, форумов и круглых столов

международного, всероссийского и регионального уровня.

Содержательные вопросы и проблемы культурного, патриотического, новаторского просвещения молодежи освещаются в ТК ДГУ в ходе мероприятий Российского общества «Знание» — крупнейшей в стране современной просветительской организации. Общество «Знание» провело в ТК ДГУ множество содержательных мероприятий с привлечением специалистов и экспертов со всей России включая: «Школу лекторов» и «Школу научной журналистики», региональные этапы конкурса лекторов Российского общества «Знание» и множество других уникальных мероприятий.

Отдельного внимания заслуживает «Предпринимательская Точка кипения» (ПТК) реализованная в последние три года в ТК ДГУ. ПТК — не просто практика в формате симулятора творческих идей и их реализации, а именно отправная точка предпринимательских инициатив и предпринимательской активности у молодежи региона. ПТК ДГУ открыла прямой доступ к инструментам финансовой и инфраструктурной поддержки бизнеса со стороны власти и институтов развития. В соответствии с планом развития партнерских отношений ПТК привлечено 8 организаций-партнеров, среди которых следующие организации: ООО «Инжиниринговый центр „Цифровые платформы“»; АО «Завод Дагдизель»; АО «Дербентский научно-исследовательский институт „Волна“»; АО «Завод им. Гаджиева»; АО «Кизлярский электромеханический завод» (КЭМЗ); ООО «Каспийский завод электронной техники»; ООО «Кинетик-Плазма»; ООО «Смарт код» [14].

По итогам реализации программы ПТК ДГУ в 2022–2024 гг. привлечены более 6800 уникальных участников мероприятий по различным направлениям рынков НТИ, создано не менее 100 проектных команд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение подходов к развитию внеучебной деятельности студентов и расширению Третьей миссии вузов, посредством открытия сети ТК в стране сформировало новую образовательную парадигму естественного перехода от классического (аудиторного) теоретического знания к усилению конкурентных позиций человека не только будущих профессиональных, но и согласно градации, адекватных вызовам современной действительности жизнедеятельности окружающего социума и глобального мирового пространства.

Каждый позитивно мыслящий человек из любой точки земного шара может организовать в ТК путем регистрации на сайте leader-id.ru независимое и бесплатное мероприятие и принять в нем участие. Таким образом, ТК становится экологичностью в действии, местом, где происходит построение социумом непрерывной траектории своего самосовершенствования и развития.

ТК объединяют всех, кто формирует современное общество и развивает его, — учёных и инженеров, чиновников и предпринимателей, педагогов и студентов в одном месте и если «экология» это (древнегреческий: οἶκος — дом, и λόγος — учение), то ТК можно обозначить Домом учения, местоположением знаний, науки и просвещения современного человека.

Возвращаясь к истокам социальной экологии, отметим, что эколог Н. Реймерс считал, что предметом социальной экологии является исследование связи человека как личности и общественных структур, начиная с семейных и других малых групп, с природной и социальной средой их жизни [3]. Примечательно, что предметом исследования деятельности ТК также можно обозначить заявленные Реймерсом позиции в целях выявления социопсихологических и иных факторов повышения качества жизни населения.

Социолог Б.Б. Прохоров заявлял, что «социальная экология» рассматривает процессы взаимодействия общностей людей с их внешним природным и социальным окружением, а также динамику этих процессов и возникающие последствия» [4]. И если остановиться на возникающих последствиях, то здесь на наш взгляд, следует поднимать вопросы мониторинга мероприятий, проводимых в ТК, на предмет исследования направлений и тематики. Это особенно актуально для Министерства молодежи РД, Министерства культуры РД и прочих профильных ведомств для выявления действительно интересующих современную молодежь тематик жизнедеятельности социума. Данная задача вполне выполнима, так как структуры АСИ ежеквартально предоставляют командам ТК по регионам отчеты о деятельности с указанием количества мероприятий, возрастных групп участников, наиболее рассматриваемых тем и многого другого, что может стать основой Программ поддержки молодежных инициатив в регионах РФ.

Раскрывая алгоритм расширения деятельности ТК ДГУ, хотелось бы отметить, необходимость активизации региональных мер поддержки студенческих инициатив — молодежного предпринимательства. В этом русле целесообразным видится вовлечение в деятельность ТК ДГУ Корпорации развития Дагестана — государственного института регионального развития с функциями инвестиционно-консалтинговой компании.

В целях расширения и поддержки процессов импортозамещения в регионе, было бы рационально запустить при ТК ДГУ работу Ассоциации бизнес-образования (обучение организации предпринимательской деятельности от бизнес-проекта до продвижения готового продукта).

Вовлечение в уникальное образовательное просветительское пространство — ТК ДГУ — активной части населения является одним из важнейших векторов поступательного развития личности человека, социума в целом. Обозначенные выше инициативы расширения деятельности ТК выведут реализацию «Третьей миссии» ДГУ на новый качественный уровень, выстраивая новую систему взаимоотношений студенчества, общества, науки и предпринимательства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рабаданов М.Х. Дагестанский государственный университет как центр научно-технологического развития региона // Региональные аспекты социальной политики. 2024. N 26. С. 7–19.
2. Лебедева С.В., Терюхова Т.В. Теория языка и межкультурная коммуникация // Проблема классификации экологических терминов. Курск: Издательство ФГБОУ ВО Курский государственный университет, 2024. Вып. 4(55). 141 с.
3. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. 366 с.

4. Прохоров Б.Б. Социальная экология: учебник для вузов. М.: Академия, 2012. 432 с.
5. Киприянова М.А. О месте социальной экологии в социологии // Историческая и социально-образовательная мысль. 2013. N 2. С. 152–157.
6. Чуйков Ю.С. Основы экологического права. Астрахань: ООО "ЦНТЭП", 1997. 164 с.
7. Смольников Н.С., Киприянова М.А. Социология: метод. пособие. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 1997.
8. Соломко Д.В. Экогуманистика: теория, методология, практики. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 2024. 239 с.
9. Гирусов Э.В. Социальная экология в системе современного научного знания // Философские науки. 2011. N 6. С. 65–76.
10. Моисеев П.С., Сысоев П.В. Векторы развития молодежной науки в классическом вузе на современном этапе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2022. T. 27. N 6. С. 1467–1480.
11. Рабаданов М.Х. Университетское образование в регионе: современное состояние и перспективы. Махачкала: Издательство ДГУ, 2022. 416 с.
12. Рабаданов М.Х. Дагестанский государственный университет: образовательная деятельность. Махачкала: Издательство ДГУ, 2023. 289 с.
13. Рабаданов М.Х., Ниналалов С.А., Куцулова Ф.А. «Точка кипения» как инструмент реализации «Третьей миссии» Дагестанского государственного университета // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Гражданское общество и университеты: потенциал интеграции и развития», Ростов-на-Дону; Таганрог, 2025. С. 247–252.
14. Рабаданов М.Х. Дагестанский государственный университет: научно-инновационная деятельность. Махачкала: Издательство ДГУ, 2023. 440 с.
3. Reimers N.F. *Ekologiya. Teorii, zakony, pravila, printsiy i gipotezy* [Ecology. Theories, laws, rules, principles, and hypotheses]. Moscow, Rossiya molodaya Publ., 1994, 366 p. (In Russian)
4. Prokhorov B.B. *Sotsial'naya ekologiya* [Social Ecology]. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 432 p. (In Russian)
5. Kupriyana M.A. On the place of social ecology in sociology. *Istoricheskaya i sotsial'no-obrazovatel'naya mysl'* [Historical and Socio-Educational Idea]. 2013, no. 2, pp. 152–157. (In Russian)
6. Chuikov Yu.S. *Osnovy ekologicheskogo prava* [Fundamentals of Environmental Law]. Astrakhan, OOO "CNTEP" Publ., 1997, 164 p. (In Russian)
7. Smolnikov N.S., Kipriyana M.A. *Sotsiologiya* [Sociology]. Perm, Perm State Technical University Publ., 1997. (In Russian)
8. Solomko D.V. *Ekogumanistika: teoriya, metodologiya, praktiki* [Eco-humanistics: Theory, Methodology, Practices]. Chelyabinsk, South Ural State University (National Research University) Publ., 2024, 239 p. (In Russian)
9. Girusov E.V. Social Ecology in the System of Modern Scientific Knowledge. *Filosofskie nauki* [Philosophical Sciences]. 2011, no. 6, pp. 65–76. (In Russian)
10. Moiseev P.S., Sysoev P.V. Vectors of development of youth science in a classical university at the present stage. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki* [Bulletin of Tambov University. Series: Humanities]. 2022, vol. 27, no. 6, pp. 1467–1480. (In Russian)
11. Rabadanov M.Kh. *Universitetskoye obrazovaniye v regione: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy* [University education in the region: current state and prospects]. Makhachkala, DSU Publ., 2022, 416 p. (In Russian)
12. Rabadanov M.Kh. *Dagestanskiy gosudarstvennyy universitet: obrazovatel'naya deyatel'nost'* [Dagestan State University: educational activity]. Makhachkala, DSU Publ., 2023, 289 p. (In Russian)
13. Rabadanov M.Kh., Ninalalov S.A., Kutsulova F.A. «Tochka kipeniya» kak instrument realizatsii «Tret'yey missii» Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta [“Boiling Point” as a Tool for Implementing the Third Mission of Dagestan State University]. *Materialy I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Grazhdanskoye obshchestvo i universitety: potentsial integratsii i razvitiya»* [Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference “Civil Society and Universities: Potential for Integration and Development”, Rostov-on-Don, Taganrog, 2025]. Rostov-on-Don, Taganrog, 2025, pp. 247–252. (In Russian)
14. Rabadanov M.Kh. *Dagestanskiy gosudarstvennyy universitet: nauchno-innovatsionnaya deyatel'nost'* [Dagestan State University: scientific and innovative activity]. Makhachkala, DSU Publ., 2023, 440 p. (In Russian)

REFERENCES

1. Rabadanov M.Kh. Dagestan State University as a centre for scientific and technological development of the region. *Regional'nyye aspekty sotsial'noy politiki* [Regional aspects of social policy]. 2024, no. 26, pp. 7–19. (In Russian)
2. Lebedeva S.V., Teryukhova T.V. *Teoriya yazyka i mezhdunarodnaya kommunikatsiya* [Theory of language and intercultural communication]. In: *Problema klassifikatsii ekologicheskikh terminov* [The problem of classification of environmental terms]. Kursk, Kursk State University Publ., 2024, iss. 4(55), 141 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Муртазали Х. Рабаданов поставил задачу и определил общие направления работы. Саид А. Ниналалов собрал фактический материал. Фатима А. Куцулова и Мурад А. Абдуллаев обобщили материал и подготовили теоретическое обоснование. Муртазали Х. Рабаданов проработал заключение и подготовил рукопись статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Murtazali Kh. Rabadanov set the task and determined the general directions of the work. Said A. Ninalalov collected the factual material. Fatima A. Kutsulova and Murad A. Abdullaev summarised the material and prepared the theoretical justification. Murtazali Kh. Rabadanov worked on the conclusion and prepared the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Муртазали Х. Рабаданов / Murtazali Kh. Rabadanov <https://orcid.org/0000-0003-1857-7652>
 Саид А. Ниналалов / Said A. Ninalalov <https://orcid.org/0000-0002-8303-5019>
 Фатима А. Куцулова / Fatima A. Kutsulova <https://orcid.org/0000-0002-9446-1312>
 Мурад А. Абдуллаев / Murad A. Abdullaev <https://orcid.org/0009-0001-6870-5731>

Оригинальная статья / Original article
УДК 330.3(075.4) 657.6
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-17



Учет и аудит квот на выбросы CO₂ и их влияние на финансовые результаты

Назирхан Г. Гаджиев¹, Сергей А. Коноваленко², Михаил Н. Трофимов², Георгий И. Харада³, Людмила В. Кубрина⁴

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В. Я. Кикотя, Рязань, Россия

³УЭБПК МВД по Луганской народной Республике, Луганск, Россия

⁴Омский государственный педагогический университет, Омск, Россия

Контактное лицо

Михаил Н. Трофимов, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической безопасности, Рязанского филиала Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя; 390046 Россия, г. Рязань, ул. 1-я Красная, 18А. Тел. +79308722287
Email fanat1k.fanat1k.fanat1k@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>

Формат цитирования

Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Харада Г.И., Кубрина Л.В. Учет и аудит квот на выбросы CO₂ и их влияние на финансовые результаты // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 182-193. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-17

Получена 26 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 20 июля 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

В статье исследуются методы отражения квот в финансовой отчетности в соответствии с МСФО и их влияние на финансовые результаты компаний. Рассматриваются различные подходы к оценке углеродных обязательств, а также анализируется воздействие квот на показатели прибыльности предприятий. Особое внимание уделено проблемам учета и аудита углеродных активов и обязательств, а также рискам, связанным с изменением климатической политики. Цель: изучить методологические подходы к учету квот на выбросы CO₂ в соответствии с международными стандартами финансовой отчетности, а также оценить их влияние на финансовые результаты компаний.

Комплексный подход в исследовании позволяет не только выявить текущие практики учета, но и оценить их актуальность в условиях ужесточения климатической политики. Применение количественных и качественных методов обеспечивает достоверность выводов и возможность разработки практических рекомендаций в этой области. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования систем учета и аудита выбросов CO₂, а также для оценки финансовых рисков, связанных с переходом к низкоуглеродной экономике.

Проведенное исследование демонстрирует значительное влияние системы учета и аудита квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты. Установлено, что корректное отражение углеродных обязательств в отчетности в соответствии с МСФО позволяет минимизировать финансовые риски для инвесторов. Результаты подчеркивают необходимость разработки единых стандартов аудита квот и адаптации учетных практик к ужесточающемуся экологическому регулированию.

Ключевые слова

Учет, углеродное регулирование, выбросы CO₂, финансовые результаты, МСФО, экологический учет, аудит.

Accounting and auditing of CO₂ emission quotas and their impacts on financial results

Nazirkhan G. Gadzhiev¹, Sergey A. Konovalenko², Mikhail N. Trofimov², Georgy I. Harada³ and Lyudmila V. Kubrina⁴

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Ryazan Branch, V.Ya. Kikot Moscow University of Ministry of Internal Affairs of Russia, Ryazan, Russia

³UEBiPK Ministry of Internal Affairs, Lugansk People's Republic, Lugansk, Russia

⁴Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia

Principal contact

Mikhail N. Trofimov, PhD (Economics), Senior Lecturer, Department of Economic Security, Ryazan branch of the V.Ya. Kikotya Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; 390046 Russia, Ryazan, 1-ya Krasnaya str., 18A. Tel. +79308722287

Email fanat1k.fanat1k.fanat1k@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>

How to cite this article

Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Harada G.I., Kubrina L.V. Accounting and auditing of CO₂ emission quotas and their impacts on financial results. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):182-193. (In Russ.)
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-17

Received 26 May 2025

Revised 20 July 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

The article explores the methods of reflecting quotas in financial statements in accordance with IFRS and their impact on the financial results of companies. It examines various approaches to assessing carbon obligations and analyzes the impact of quotas on the profitability of enterprises. Special attention is given to the challenges of accounting and auditing carbon assets and liabilities, as well as the risks associated with changes in climate policy. Aim: to study the methodological approaches to accounting for CO₂ emission quotas in accordance with international financial reporting standards, as well as to assess their impact on the financial results of companies.

A comprehensive approach in the study allowed not only the identification of current accounting practices, but also the assessment of their relevance in the context of tightening climate policy. The use of quantitative and qualitative methods ensures the reliability of the findings and the possibility of developing practical recommendations in this area.

The results can be used to improve CO₂ accounting and audit systems, as well as to assess the financial risks associated with the transition to a low-carbon economy.

The study demonstrates a significant impact of the accounting and audit system for CO₂ emissions quotas on financial results. It has been established that the correct reflection of carbon obligations in IFRS-compliant reporting minimises financial risks for investors. The results highlight the need to develop unified standards for quota audits and adapt accounting practices to the increasing environmental regulations.

Key Words

Accounting, carbon management, CO₂ emissions, financial results, IFRS, environmental accounting, audit.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального перехода к низкоуглеродной экономике и ужесточения экологического регулирования вопросы учета и аудита квот на выбросы CO₂ приобретают особую актуальность для корпоративного сектора. С введением систем углеродного регулирования, таких как EU ETS¹² в Европейском союзе и аналогичных инициатив в других странах, компании сталкиваются с необходимостью адаптации своих учетных систем к новым требованиям, что оказывает существенное влияние на их финансовые показатели и стратегическое развитие.

Актуальность исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, отсутствие единых стандартов учета квот на выбросы создает сложности для компаний в признании, оценке и раскрытии соответствующей информации в отчетности. Во-вторых, динамика цен на углеродные квоты и ужесточение нормативных требований формируют дополнительные финансовые риски, требующие адекватного отражения в учете. В-третьих, возрастающие ожидания инвесторов и стейкхолдеров в отношении прозрачности экологической отчетности делают необходимым совершенствование подходов к аудиту углеродных активов и обязательств.

В международной практике экологического регулирования учет квот регулируется рядом стандартов и интерпретаций (разъяснений), например:

- Разъяснением КРМФО (IFRIC) 3 «Права на осуществление выбросов» – несмотря на отмену, остается главным ориентиром в области учета углеродных квот;
- Разъяснением КРМФО (IFRIC) 5 «Права, связанные с участием в фондах финансирования вывода объектов из эксплуатации, восстановления окружающей среды и экологической реабилитации»;
- Международным стандартом финансовой отчетности (IAS) 38 «Нематериальные активы», который признает квоты на выбросы отходов как актив организации [1].

В частности, в разъяснениях Комитета по интерпретациям МСФО (IFRIC 3), так и не введенных в действие, имеются указания на необходимость учета квот ЕС (EUA) в качестве нематериальных активов – независимо от того, получены они бесплатно или приобретены. Следовательно, квоты ЕС подпадают под действие МСФО (IAS) 38 «Нематериальные активы». Кроме того, квоты, приобретаемые по цене ниже справедливой стоимости (а квоты ЕС приобретаются по нулевой, то есть ниже справедливой, стоимости), должны сначала оцениваться по справедливой стоимости (то есть по рыночной цене), а затем разница между уплаченной (в отношении квот ЕС – нулевой) суммой и справедливой стоимостью должна быть охарактеризована как государственная субсидия и, следовательно, учитываться в соответствии с МСФО (IAS) 20 «Учет государственных субсидий и раскрытие информации о государственной помощи». Далее «государственную субсидию» необходимо классифицировать как доход будущих периодов – с последующим признанием в качестве дохода в течение периода выполнения требований по квотам [2].

Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 37 «Оценочные обязательства, условные обязательства и условные активы» определяет порядок создания оценочных резервов на восстановление окружающей среды, в том числе стандарт дает возможность формировать оценочные резервы на затраты по восстановлению окружающей среды.

EU ETS Directive – директива Европейского союза (ЕС) о системе торговли квотами на выбросы парниковых газов (EU ETS). Она устанавливает правовые основы для системы, которая является ключевым инструментом политики ЕС по борьбе с изменением климата [3].

В апреле 2025 г. будет десять лет с момента принятия в России Концепции формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации¹³, предусматривающей трехэтапную реализацию:

1-й этап (2015–2016 гг.) – создание нормативно-правовой, методической и институциональной среды для внедрения и функционирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов ПГ в России и распространение ее на крупные промышленные и энергетические организации с объемом прямых выбросов ПГ более 150 тыс. т CO₂-эквивалента в год;

2-й этап (2017–2018 гг.) – совершенствование созданной системы и включение в периметр ее действия всех без исключения организаций с объемом выбросов ПГ более 50 тыс. т CO₂-эквивалента в год;

3-й этап (2019–2020 гг.) – дальнейшее совершенствование системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов ПГ в Российской Федерации с учетом планов по сокращению выбросов ПГ в нашей стране на период до 2020 г. и на перспективу до 2030 г. [4].

Сегодня EU ETS остается самой проработанной системой, но даже в ЕС нет единого подхода к учету (например, квоты могут учитываться как нематериальные активы или учитываются как запасы) [5].

Учет квот на выбросы CO₂

В российском бухгалтерском учете квоты на выбросы CO₂ могут учитываться как:

1. Нематериальные активы (ФСБУ 14/2022, IAS 38). В России учет углеродных квот ведется на основе Приказа Минфина России от 15.11.2019 № 180н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы»» или Приказа Минфина России от 30.05.2022 № 86н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 14/2022 «Нематериальные активы» квоты на выбросы парниковых газов рекомендовано учитывать как запасы, измеряемые на основе исторической (первоначальной) стоимости, в

¹² Система торговли квотами на выбросы Европейского Союза
European Union Emissions Trading System

¹³ Распоряжение Правительства РФ от 22.04.2015 № 716-р (ред. от 30.04.2018) «Об утверждении Концепции формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации»
Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 22.04.2015 № 716-r (red. ot 30.04.2018) «Ob utverzhdenii Konceptii formirovaniya sistemy monitoringa, otchetnosti i proverki ob`ema vybrosov parnikovyx gazov v Rossijskoj Federacii»
[Order of the Government of the Russian Federation no. 716-r dated 22 April 2015 (as amended on 30 April 2018). On Approval of the Concept for Establishing a System for Monitoring, Reporting, and Verification of Greenhouse Gas Emissions in the Russian Federation]

большинстве случаев равной нулю, с признанием затрат по мере осуществления выбросов на основе средневзвешенной оценки. При получении бесплатных квот со стороны государства в учете необходимо сделать записи Дт 08 «Вложение во внеоборотные активы» субсчет «Приобретение нематериальных активов» Кт 98-2 «Доходы будущих периодов» субсчет «безвозмездные поступления», с последующим включением в фактическую себестоимость нематериальных активов проводкой Дт 04 «Нематериальные активы» Кт 08 «Вложение во внеоборотные активы» субсчет «Приобретение нематериальных активов».

Таблица 1. Нормативно-правовое регулирование на учет и аудит квот на выбросы CO₂
Table 1. Regulatory framework for accounting and auditing CO₂ emission quotas

Юрисдикция Jurisdiction	Документ / Стандарт Document/Standard	Ключевые положения Key provisions	Применение к квотам Application to quotas	Проблемы регулирувания Regulatory issues
Международные стандарты International standards	IFRIC 3 (2004)	Учет прав на выбросы как НМА активов, обязательств – по справедливой стоимости Accounting for emission rights as intangible assets and liabilities at fair value	Отменен в 2005 г., но используется как ориентир Abolished in 2005, but still used as a reference point.	Несоответствие между оценкой активов и обязательств Discrepancy between the valuation of assets and liabilities
	IAS 38	Признание квот как НМА активов при покупке Recognition of quotas as intangible assets upon purchase	Учет по себестоимости (без переоценки) Cost accounting (without revaluation)	Занижение реальной стоимости при росте цен на рынке Underestimation of real value in the face of rising market prices
	IAS 37	Резервирование обязательств за превышение лимитов Reserving obligations for exceeding limits	Оценка по текущим рыночным ценам Estimated at current market prices	Не учитывает долгосрочные риски роста цен Does not take into account long-term risks of rising prices
Европейский союз The European Union	Директива EU ETS The EU ETS Directive (2003/87/EC)	Обязательное участие для энергетики, промышленности, авиации Mandatory participation for energy, industry, and aviation	Бесплатные и платные квоты, штрафы за несоответствие Free and paid quotas, penalties for non-compliance	Не покрывает косвенные выбросы (Scope 3) Does not cover indirect emissions (Scope 3)
	CSRD (2024)	Раскрытие данных о выбросах и углеродных рисках Disclosure of emissions and carbon risks	Требует аудита нефинансовой отчетности Requires audit of non-financial statements	Сложность верификации данных Complexity of data verification
США USA	US GAAP (ASC 410-30)	Учет обязательств по экологическим нормам Accounting for obligations under environmental regulations	Квоты рассматриваются как условные обязательства Quotas considered as conditional obligations	Отсутствие четких правил для рыночных квот Lack of clear rules for market quotas
Россия Russia	ФЗ № 296 «О ограничении выбросов парниковых	Пилотные проекты по квотированию в отдельных регионах	Добровольная отчетность для участников	Нет рыночного механизма торговли

	газов» (2021) Federal Law No. 296 «On Limiting Greenhouse Gas Emissions» (2021)	Pilot projects on quotas in certain regions	Voluntary reporting for participants	No market trading mechanism
	ФСБУ 5/2019 «Запасы» FSBU 5/2019 «Inventory»	Учет квот как материальных запасов Accounting of quotas as material reserves	Оценка по себестоимости Cost estimation	Не соответствует рыночной стоимости Does not correspond to market value
	ФСБУ 14/2022 «Нематериальные активы» FSBU 14/2022 «Intangible Assets»	Квоты как НМА активы Quotas as intangible assets	Амортизация не применяется Depreciation not applied	Не учитывает волатильность цен Does not take into account price volatility
Глобальные инициативы Global initiatives	TCFD (2017)	Рекомендации по раскрытию климатических рисков Recommendations for climate risk disclosure	Добровольное включение в отчетность / Voluntary inclusion in reporting	Нет обязательного аудита / No mandatory audit
	GRI 305 (Emissions)	Стандарт отчетности по выбросам Emission Reporting Standard	Требует детализации по Scope 1–3 Requires details for Scope 1–3	Разрозненность данных Fragmentation of data

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

2. Материально-производственные запасы (ФСБУ 5/2019, IAS 2). Приобретение квот для производственного процесса может учитываться в составе запасов организации

3. Финансовые вложения (ПБУ 19/02, IFRS 9). При покупке квот с целью перепродажи третьим лицам по

справедливой стоимости, суммы обязательств учитываются на счете 58 «Финансовые вложения»

4. Условные обязательства (ПБУ 8/01, IAS 37), применяются в том случае если организация создаются оценочные резервы [6].

Основные бухгалтерские записи по учету квот на выбросы CO₂ представлены в табл. 2:

Таблица 2. Бухгалтерские проводки по учету квот на выбросы CO₂ [7]

Table 2. Accounting entries for CO₂ emission quotas [7]

Содержание операции Operation content	Дебет Debit	Кредит Credit	Оценка Assessment	Основание Base	Примечание Note
1. Получение бесплатных квот от государства Receiving free quotas from state	04 «Нематериаль- ные активы» 04 Intangible assets	98 «Доходы будущих периодов» 98 Income of future periods	Рыночная стоимость Market value	Акт получения квот Act of obtaining quotas	Отражается по рыночной стоимости на дату получения Reflected at market value on date of receipt
2. Покупка квот на бирже Purchase of quotas on stock exchange	58 «Финансовые вложения» 58 «Financial investments»	51 «Расчетные счета» 51 Checking Accounts	Фактическая стоимость Actual cost	Платежное поручение, выписка биржи Payment order, exchange statement	Включаются все сопутствующие затраты All related costs included
3. Покупка квот для собственных нужд Purchase of quotas for own needs	10 «Материалы» 10 Materials	60 «Расчеты с поставщи- ками» 60 Payments to suppliers»	Фактическая стоимость Actual cost	Платежное поручение, выписка биржи Payment order, exchange statement	Включаются все сопутствующие затраты All related costs included.
3. Передача квот в производство	20 «Основное производство»	04/58	По себестоимости	Акт списания Act of debiting	Списываются по методу FIFO

Transfer of quotas to production	20 Main Production		At cost price		Debited using FIFO method
4. Продажа излишков квот Sale of surplus quotas	62 «Расчеты с покупателями» 62 Payments to Customers	91.1 «Прочие доходы» 91.1 Other income	Договорная цена Negotiated price	Договор купли-продажи Purchase and sale agreement	Доход отражается в составе прочих Income reflected in composition of others.
	91.2 «Прочие расходы» 91.2 Other expenses	04/58	Себестоимость Cost price		Одновременно списывается балансовая стоимость At the same time, the book value is written off
5. Начисление резерва под обесценение Accrual of provision for impairment	91.2 «Прочие расходы» 91.2 Other expenses	59 «Резервы под обесценение» 59 Impairment Reserves	Сумма обесценения Amount of impairment	Бухгалтерская справка Accounting information	При снижении рыночной стоимости ниже балансовой When market value decreases below book value
6. Безвозмездная передача квот Gratuitous transfer of quotas	91.2 «Прочие расходы» 91.2 Other expenses	04/58	Балансовая стоимость Book value	Договор дарения, акт Donation agreement, act	Налогооблагаемый доход у получателя Recipient's taxable income
7. Списание просроченных квот Write-off of expired quotas	91.2 «Прочие расходы» 91.2 Other expenses	04/58			

Наиболее распространенными методами оценки квот на выбросы CO₂ являются следующие:

1. По фактической себестоимости приобретения используется для первоначального признания купленных квот.

2. По рыночной стоимости применяется для переоценки и последующей оценки в МСФО, в отечественных стандартах используется для оценки при обесценении.

3. По справедливой стоимости (МСФО) с учетом рыночной стоимости и возможных экологических рисков [8].

Методы оценки квот на выбросы CO₂ в бухгалтерском учете представлены в табл. 3.

Выбор метода оценки существенно влияет на финансовые результаты и должен быть закреплен в учетной политике с учетом требований применяемых стандартов отчетности.

Документальное оформление квот на выбросы CO₂ в бухгалтерском учете представлено данными

первичного учета, регистрами синтетического и аналитического учета, управленческой отчетностью. Основные первичные документы представлены в таблице 4.

Внутренние регистры учета представлены регистрами аналитического и синтетического учета, например, карточками счетов и анализом счетов, а также внесистемными источниками информации, такими как Журнал движения квот (форма ЭКО-1). В случае предоставления бесплатных квот требуется экспертное заключение об оценке рыночной стоимости, а также оформляется бухгалтерская справка-расчет для отражения на счете 98 «Доходы будущих периодов».

В международной практике используются ежегодный отчет по квотам (Verified Emissions Report (VER)), который подписывается аккредитованным верификатором и содержит сверку с бухгалтерскими данными. Отдельно формируется электронная выписка о движении квот, которая необходима при проведении экологического аудита.

Таблица 3. Методы оценки квот на выбросы CO₂ в бухгалтерском учете

Table 3. Methods for evaluating CO₂ emission quotas in accounting

Метод оценки Evaluation method	Применение Application	Преимущества Advantages	Недостатки Disadvantages
По себестоимости At cost price	При получении бесплатных квот When receiving free quotas	Простота учета Ease of accounting	Не отражает рыночную стоимость Does not reflect market value
По рыночной стоимости By market value	Для купленных квот For purchased quotas	Соответствие реальной стоимости Matching actual cost	Волатильность цен Price volatility
По справедливой стоимости At fair value	В соответствии с МСФО In accordance with IFRS	Релевантность информации Relevance of information	Сложный расчет Complex calculation

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

Таблица 4. Первичный учет квот на выбросы CO₂
Table 4. Initial accounting of CO₂ emission quotas

Операция Operation	Документ-основание Document-based	Реквизиты Details	Особенности оформления Features of registration
Получение квот от государства Receiving quotas from State	Уведомление регулятора (Росприроднадзор, EU ETS Registry) Regulatory notification (Rosprirodnadzor, EU ETS Registry)	- Номер и дата разрешения - Объем квот (в тоннах CO ₂) - Срок действия - Permit number and date - Quota volume (in tons of CO ₂) - Expiration date	Должно содержать печать органа и ссылку на нормативный акт Must contain seal of the authority and reference to regulatory act
Покупка на бирже Buying on Stock Exchange	1. Биржевой контракт 2. Выписка из реестра ETS 3. Платежное поручение 1. Exchange contract 2. ETS registry extract 3. Payment order	- Дата сделки - Цена за единицу - Общий объем - Номер сделки на бирже - Date of transaction - Price per unit - Total volume - Transaction number on the exchange	Прилагается подтверждение исполнения сделки (trade confirmation) Attached is confirmation of execution of transaction (trade confirmation)
Продажа квот Sale of quotas	1. Договор купли-продажи 2. Акт приема-передачи 3. Выписка из реестра 1. Purchase and Sale Agreement 2. Acceptance and Transfer Agreement 3. Extract from Registry	- Реквизиты сторон - Базовая цена - Условия передачи прав - Details of parties - Base price - Terms of transfer of rights	Для налогового учета обязательна ссылка на освобождение от НДС (пп. 25 п. 2 ст. 149 НК РФ) For tax accounting, a reference to exemption from VAT required (Subparagraph 25, Item 2, Article 149 of the Tax Code of the Russian Federation)
Передача в производство Transfer to production	Акт списания квот (форма ТТН-ЭКО) Quota Write-Off Act (TTH-ECO form)	- Период покрытия - Фактический объем выбросов - Подпись эколога и главного инженера - Coverage period - Actual amount of emissions - Signature of ecologist and chief engineer	Сверяется с данными экологического мониторинга Checked against environmental monitoring data
Безвозмездная передача Gratuitous transfer	Договор дарения и Акт приема-передачи Gift Agreement and Acceptance Certificate	- Основание передачи - Оценочная стоимость - Transfer basis - Estimated value	Требуется решение собрания акционеров учредителей Resolution of shareholders meeting of founders required

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

Корректное документальное оформление операций с квотами требует междисциплинарного подхода и интеграции экологического, бухгалтерского и юридического учета [9].

Особенности аудита квот на выбросы CO₂

Аудит квот на выбросы углекислого газа требует комплексного подхода, сочетающего экологический, бухгалтерский и финансовый контроль. Рассмотрим ключевые аспекты проверки. Изначально проводится проверка системы внутреннего контроля, она включает:

- оценку регламентов учета квот на выбросы CO₂;
 - анализ разграничения обязанностей между экологами и бухгалтерией;
 - проверку IT-систем мониторинга выбросов.
- Верификация данных осуществляется на основании международных стандартов качества (ISO, GHG Protocol), а также с учетом требований конкретных ETS-систем. Верификация проводится аккредитованными органами по ISO (табл. 5):

Таблица 5. Верификация данных учет квот на выбросы CO₂**Table 5.** Verification of CO₂ emission quotas

Объект проверки Object of inspection	Методы контроля Control methods	Документы-подтверждения Confirmation documents
Объем выбросов Volume of emissions	Сверка с данными датчиков и лабораторий Reconciliation sensor and laboratory data	Протоколы измерений, журналы ПОД Measurement protocols, logs UNDER
Движение квот Quota movement	Анализ реестровых записей (EU Registry) Analysis of registry entries (EU Registry)	Выписки из национального реестра Extracts from national register
Рыночная стоимость Market value	Подтверждение котировок независимыми источниками Confirmation of quotes by independent sources	Биржевые отчеты, данные IC Exchange reports, IC data

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

На следующем этапе аудита осуществляется сбор исходных данных, а именно:

- получение учетной политики компании в части квот;
- анализ реестров выбросов за проверяемый период;

- изучение договоров по сделкам с квотами.

В ходе оценочного этапа проводится проверка документооборота по квотам, особенности разграничения ответственности между отделами, проводится тестирование контрольных процедур табл. 6.

Таблица 6. Оценка рисков при проведении аудита квот на выбросы CO₂**Table 6.** Risk assessment for CO₂ emission quota audits

Тип риска / Type of risk	Метод оценки / Evaluation method
Регуляторный Regulatory	Анализ соответствия EU ETS/MRV Analysis of EU ETS/MRV compliance
Операционный Operational	Проверка IT-систем учета выбросов Verification of IT systems for emission accounting
Финансовый Financial	Stress-тест ценовых колебаний на квоты Stress test of price fluctuations for quotas
Репутационный Reputational	Анализ раскрытия информации в отчетах Analysis of information disclosure in reports

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

Основной этап аудита учета квот начинается с контроля соответствия требованиям МСФО (IFRIC 3, IAS 38) и национальным стандартам (ФСБУ 5/2019 и ФСБУ 14/2022). Далее осуществляется подтверждение операций поступления и списания квот, путем сверки с биржевыми выписками (для купленных/проданных квот), реестром EU ETS (для европейских компаний), а также банковскими платежами.

Аналитический этап предполагает оценку влияния квот на финансовые результаты организации. Расчет влияния на ключевые показатели осуществляется по формуле:

Влияние на EBITDA = $\sum$ (Кол-во квот × (Рыночная цена – Балансовая стоимость)).

На данном этапе проводится также анализ налоговых последствий, так в отечественном законодательстве анализируются положения в части НДС (предусмотрено освобождение по покупкам квот в соответствии с пп. 25 п. 2 ст. 149 НК РФ), необходимо проверить уменьшают ли расходы на покупку квот налогооблагаемую базу по налогу на прибыль (ст. 254 НК РФ).

Одним из этапов аудита является проверка резервов под формирование углеродных обязательств.

Критическими точками контроля в ходе аудита являются:

- соответствие фактических выбросов разрешенным объемам;
- полнота отражения операций в учете;
- обоснованность оценочных значений [10].

Таким образом, эффективный аудит квот на выбросы CO₂ требует сочетания традиционных финансовых проверок с инновационными технологиями мониторинга выбросов. Грамотно организованный процесс позволяет минимизировать регуляторные риски и повысить надежность углеродной отчетности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты компаний может быть, как прямым (через затраты на покупку квот или штрафы), так и косвенным (из-за изменений в операционной деятельности, инвестициях и репутации). Рассмотрим ключевые аспекты данного влияния.

Прямое влияние квот на финансовые результаты связано со следующими составляющими:

1. Величина затрат на покупку квот. Компании, превышающие лимиты выбросов, вынуждены покупать дополнительные квоты на углеродных рынках (например, EU ETS, California Cap-and-Trade).

Например, в 2023 году цена квоты в EU ETS достигала €90 за тонну CO₂. Для металлургического завода с выбросами 1 млн. тонн в год дополнительные затраты могут составить десятки миллионов евро, что приведет к существенным убыткам компании.

2. Штрафы за несоблюдение норм.

В EU ETS штраф за превышение выбросов без покрытия квотами составляет €100/т CO₂ (плюс включает обязательство погасить задолженность в следующем году).

В других системах (например, Китайская ETS) штрафы могут быть ниже, но сопровождаются существенными ограничениями на производство.

3. Доходы от продажи излишков квот.

Компании, значительно снизившие выбросы ниже установленного лимита, могут продавать излишки квот, получая дополнительный доход.

Так, например, Tesla в 2020–2023 годах заработала \$6 млрд. долл. США на продаже углеродных кредитов автопроизводителям.

Таким образом, прямое влияние квот включает три основных составляющие: затраты на производство, наличие штрафов и убытков, доходы от продажи квот другим производителям.

Косвенное влияние квот на выбросы CO₂ на финансовые показатели в основном представлено ростом операционных расходов, изменением структуры капитала, изменением величины выручки, влиянием на репутационные риски.

Инвестиции в «зеленые» технологии (ВИЭ, улавливание CO₂, модернизацию производства) увеличивают затраты основного производства и в целом приводят к увеличению себестоимости продаж продукции (работ, услуг).

Например, сталелитейная компания ArcelorMittal инвестирует \$10 млрд. долл. США в зеленые технологии и очистительные сооружения к 2030 году, что снижает маржинальность и прибыль компании в краткосрочной перспективе, при этом компания получает доступ к субсидиям и государственному софинансированию инвестиционных проектов в сфере охраны окружающей среды.

Изменение структуры капитала во многом связано с увеличением доли долгосрочных заемных

обязательств. Компании с высокими выбросами сталкиваются с ростом стоимости заемного финансирования, так как банки и инвесторы учитывают ESG-риски и увеличивают процентные обязательства по кредитам, а также обязывают компании страховать риски. Например, в Европе углеродоемкие компании платят проценты ставки на 1–2 % выше по кредитам, чем «зеленые» предприятия.

В настоящее время спрос на «низкоуглеродные» продукты растет (например, увеличивается доля государственных контрактов на экологически чистую сталь или авиатопливо SAF в мире). Так, компании Mercedes-Benz и BMW готовы платить премию в 20–30 % за сталь с низким углеродным следом, тем самым стимулируя «зеленую» политику в бизнесе, увеличивая текущую выручку для компаний, осуществляющих выпуск экологически чистого сырья и продукции.

Репутационные риски и доступ к рынкам имеют важнейшее влияние на финансовые результаты «экологически» чистых компаний. Так, компании с высокими выбросами могут столкнуться с исключением из ESG-индексов (например, MSCI, FTSE4Good), что снижает интерес инвесторов к их инвестиционным проектам. Например, ExxonMobil в 2021 году потеряла 3 места в совете директоров из-за давления ESG-инвесторов [11].

Приведем пример влияния квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты энергетической компании «RWE» (Германия) в 2022–2023 гг.

Компания: RWE AG (крупнейший энергогенерирующий холдинг ЕС, включающий работу угольных и газовых ТЭС).

Выбросы CO₂: составляют примерно 80 млн. тонн в год.

Цена квоты EU ETS: колеблется на уровне €85/т CO₂ (2023 г.).

Выделенные бесплатные квоты государством 50 млн. тонн (остальное компания вынуждена докупать).

Расчет затрат на покупку квот включает:

- объем: 80 млн т – 50 млн т = 30 млн т CO₂.

- затраты: 30 млн т × €85 = €2,55 млрд в год.

Влияние на финансовые показатели RWE (2023) представим в табл. 7:

Таблица 7. Влияние квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты энергетической компании «RWE» (Германия) в 2022–2023 гг.

Table 7. The impact of CO₂ emission quotas on financial results of the energy company RWE (Germany) in 2022–2023

Показатель Indicator	Без учета квот (млрд €) Without quota costs (€ billion)	С учетом затрат на квоты (млрд €) With quota costs (€ billion)	Изменение Change
Выручка Revenue	28,5	28,5	0%
EBITDA	6,2	6,2 – 2,55 = 3,65	▼41%
Чистая прибыль Net profit	3,1	3,1 – 2,55 = 0,55	▼82%
Рентабельность (ROS) Return on sales (ROS)	10,9%	1,9%	▼9 п.п.

Примечание / Note: Составлено авторами / Compiled by the authors

В результате квоты на выбросы CO₂ привели к снижению кредитного рейтинга S&P и Moody's, что привело к увеличению стоимости займов. В свою очередь в 2023 году акции RWE просели на 12 % из-за опасений инвесторов по поводу роста затрат на квоты.

Компания вынуждена была объявить о планах потратить €50 млрд. до 2030 года на возобновляемые источники энергии (ветер, солнечная энергия, водород), что снизит зависимость от квот в будущем.

Таким образом, затраты на квоты сократили чистую прибыль RWE на 82 % – это оказало негативное

влияние на участие в проектах инвесторов и реализацию текущих энергетических проектов компании.

В свою очередь негативный эффект обеспечил давление на маржинальность (ROS упал с 10,9 % до 1,9 %), что потребовало масштабных инвестиций в «зеленую» энергетику.

Таблица 8. Доход от продажи квот на выбросы CO₂ компания Tesla

Table 8. Tesla's revenue from selling CO₂ emission permits

Показатель / Indicator	2020	2023
Доход от продажи квот / Revenue from quota sales	\$1,58 млрд	\$1,78 млрд
Доля в общей прибыли / Share in total profit	100 %*	25 %

Таким образом, для «чистых» компаний квоты – это дополнительный доход, улучшающий финансовые результаты и обеспечивающие дополнительные доходы. Следовательно, для «экологически грязных» отраслей (металлургия, ТЭК, авиация и прочих) квоты – это финансовый риск, требующий перестройки всей бизнес-модели. Для «зеленых» компаний – это возможность монетизации через продажу излишков квот на выбросы CO₂.

Рекомендации в части совершенствования учета и аудита квот на выбросы CO₂

Система учета и аудита квот на выбросы CO₂ должна обеспечивать точность, прозрачность и соответствие международным и национальным стандартам. Ниже нами представлены ключевые рекомендации для компаний, регуляторов и аудиторов.

1. Совершенствование системы учета квот включает внедрение стандартизированных методологий расчета, а именно:

- использование ISO 14064, GHG Protocol и IPCC Guidelines для унификации учета выбросов;
- применение программных решений по учету квот на выбросы CO₂ (SAP EHS, Sphera, Enablon) для автоматизации расчетов и возникающих обязательств.

Совершенствование учета квот в финансовой отчетности предполагает следующие меры: отражать прежде всего квоты на выбросы CO₂ как нематериальные активы (IAS 38) или финансовые инструменты (IFRS 9) в обязательном порядке раскрывать условные обязательства компаний в финансовой отчетности (если существует риск введения штрафов за превышение лимитов).

Также следует учитывать справедливую стоимость квот (особенно при торговле на бирже).

2. Развитие внутреннего контроля предполагает:

- создание углеродного учетного центра (Carbon Accounting Team);
- внедрение механизма регулярного мониторинга выбросов (включая датчики и IoT-решения).
- проведение внутреннего аудита перед подачей отчетности в регуляторы.

Оптимизация аудита квот должна быть нацелена на повышение качества верификации, для этого необходимо привлекать аккредитованных аудиторов (по ISO 14065), использовать независимые алгоритмы проверки (например, блокчейн для отслеживания транзакций с квотами), проводить выборочные проверки источников выбросов (например, на производственных объектах).

Также важным направлением является усиление регулирования и повышение качества внутрифирменных стандартов аудита. Для этого необходимо разработать

Следовательно, компании выгоднее заранее снижать выбросы, чем ежегодно тратить миллиарды на квоты на выбросы CO₂.

Положительным примером зеленой политики является компания Tesla, которая за счет продаж квот на выбросы CO₂ обеспечила рост доходности (табл. 8):

национальные стандарты аудита в сфере экологии (аналоги EU MRV – Monitoring, Reporting, Verification), внедрить обязательную практику сертификации аудиторов по углеродному учету, установить штрафы за искажение данных по квотам на выбросы CO₂.

Важно также обеспечить ужесточение контроля за достоверностью отчетности по выбросам, стимулировать «зеленые» инвестиции через налоговые льготы и развивать углеродные биржи для ликвидности рынка квот.

Компании, которые внедрят эти меры, существенно снизят финансовые риски и получат конкурентное преимущество в условиях ужесточения климатического регулирования.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сегодня квоты на выбросы CO₂ становятся значимой статьей расходов, что требует пересмотра всей современной бизнес-модели.

Давление на рентабельность (падение кредитного рейтинга) может привести к снижению инвестиционной привлекательности проектов и всего бизнеса в целом.

Для успешных «зеленых» компаний квоты на выбросы CO₂ – это новый источник доходов, но зависимость от них несет существенные риски (например, если регуляторы сократят льготы или будут отменены государственные программы поддержки).

В настоящее время проблемы регулирования учета и аудита квот на выбросы CO₂ представлены в основном фрагментарностью стандартов, что создает конкурентные дисбалансы для международных компаний, при этом возникает необходимость глобальной гармонизации.

Сегодня необходима дальнейшая цифровизация учета, чтобы сократить влияние человеческого фактора на формирование отчетности, а также снизить риск мошенничества с квотами на выбросы CO₂ на рынках.

В текущей экономической ситуации наиболее продвинутые компании используют спутниковый мониторинг выбросов на месторождениях, что повышает точность отчетности. Важно отметить, что инвестиции в ВИЭ сократят зависимость от квот, позволят за счет участия в углеродных рынках повысить продажу излишков, увеличить торговлю деривативами и иными производными финансовыми инструментами, существенно улучшат финансовую устойчивость компании.

Внедрение прозрачной ESG-отчетности (по международным стандартам в сфере экологии) повысит доверие инвесторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное авторами исследование позволило сделать вывод о том, что квоты CO₂ уже сейчас существенно влияют на финансовые результаты компаний — как негативно (для углеродоемких секторов), так и позитивно (для «зеленых» игроков).

Совершенствование учета и аудита квот на выбросы CO₂ требует внедрения единых международных стандартов, использования цифровых технологий (блокчейн, AI), подготовки квалифицированных аудиторов.

Компаниям необходимо адаптироваться к современным трендам в сфере зеленой экологии через декарбонизацию и диверсификацию доходов, а также путем активного управления углеродными рисками (хеджирование, резервирование).

Основными перспективами являются ужесточение регулирования со стороны Правительства, а также развитие добровольных углеродных рынков (VCM), что создаст новые возможности для перехода к зеленой экономике [12].

Таким образом, переход к низкоуглеродной экономике неизбежен, и компании, которые раньше внедрят эффективные системы учета и аудита квот, получат конкурентное преимущество в среднесрочной перспективе и в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристов В.В., Медведева Т.М. Углеродные единицы: зарубежное регулирование. Часть вторая // *Хозяйство и право*. 2024. N 6. С. 54–71. <https://doi.org/10.18572/0134-2398-2024-6-54-71>
2. Галлямов Э.А. Учет доходов и расходов по государственным квотам на парниковые выбросы в растениеводстве // *Международный бухгалтерский учет*. 2024. N 6. С. 706–722. <https://doi.org/10.24891/ia.27.6.706>
3. Булыга Р.П. Аудит бизнеса: обзор действующих стандартов в фокусе ESG регулирования // *Аудитор*. 2022. Т. 8. N 7. С. 23–31. <https://doi.org/10.12737/1998-0701-2022-8-7-23-31>
4. Аристов В.В., Медведева Т.М. Углеродные единицы: отечественное регулирование. Часть первая // *Хозяйство и право*. 2024. N 5. С. 30–42. <https://doi.org/10.18572/0134-2398-2024-5-30-42>
5. Малиновская Н.В. Углеродные единицы и единицы выполнения квоты на выбросы парниковых газов: бухгалтерский аспект // *Международный бухгалтерский учет*. 2024. N 12. С. 1326–1342. <https://doi.org/10.24891/ia.27.12.1326>
6. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Рабаданов Р.М. Методологические аспекты бухгалтерского учета расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. N 1. С. 162–173. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-162-173>
7. «Рекомендации аудиторским организациям, индивидуальным аудиторам, аудиторам по проведению аудита годовой бухгалтерской отчетности организаций за 2024 год» (приложение к письму Минфина России от 18.12.2024 N 07-04-09/128024)
8. Хлуденева Н.И. Квотирование выбросов как способ снижения негативного воздействия на атмосферный воздух: проблемы реализации экспериментального правового режима // *Закон*. 2023. N 10. С. 39–45. <https://doi.org/10.37239/0869-4400-2023-20-10-39-46>
9. Ghaemmaghami K., Zamani M., Shafiei H. Investigating Environmental Accounting and its Role in Reducing Environmental Costs (Case Study: Iran Noubaft Textile Company) // *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies (JAFAS)*.

2018. V. 4. N 4. P. 185–202. <https://doi.org/10.32602/jafas.2018.012>
10. Thi Tam Lea, Thi Mai Anh Nguyen. Practice Environmental Cost Management Accounting: The Case of Vietnamese Brick Production Companies // *Management Science Letters*. 2019. N 9. P. 105–120. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.10.012>
11. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Гаджиев А.Н. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства // *Юг России: экология, развитие*. 2021. Т. 16. N 3. С. 200–214. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-3-200-214>
12. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Рожкова Н.В., Сайпуллаев А.М. Современный зеленый курс России: проблемы и перспективы реализации // *Юг России: экология, развитие*. 2022. Т. 17. N 3. С. 197–207. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-197-207>

REFERENCES

1. Aristov V.V., Medvedeva T.M. Carbon Units: Foreign Regulation. Part Two. *Economy and law*, 2024, no. 6, pp. 54–71. (In Russian) <https://doi.org/10.18572/0134-2398-2024-6-54-71>
2. Gallyamov E.A. Accounting for Income and Expenditures on State Quotas for Greenhouse Emissions in Crop Production. *International accounting*, 2024, no. 6, pp. 706–722. (In Russian) <https://doi.org/10.24891/ia.27.6.706>
3. Buluga R.P. Business Audit: A Review of Current Standards in the Focus of ESG Regulation. *Auditor*, 2022, vol. 8, no. 7, pp. 23–31. (In Russian) <https://doi.org/10.12737/1998-0701-2022-8-7-23-31>
4. Aristov V.V., Medvedeva T.M. Carbon Units: Domestic Regulation. Part One. *Economy and law*, 2024, no. 5, pp. 30–42. (In Russian) <https://doi.org/10.18572/0134-2398-2024-5-30-42>
5. Malinovskaya N.V. Carbon Units and Units of Compliance with the Emission Quota for Greenhouse Gases: An Accounting Aspect. *International accounting*, 2024, no. 12, pp. 1326–1342. (In Russian) <https://doi.org/10.24891/ia.27.12.1326>
6. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Rabadanov R.M. Methodological Aspects of Accounting for Expenses on Environmental Safety and Environmental Restoration. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 1, pp. 162–173. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-162-173>
7. Recommendations for Auditing Organizations, Individual Auditors, and Auditors for Conducting an Audit of an Organization's Annual Financial Statements for 2024. Appendix to the Letter of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated 18.12.2024 no 07-04-09/128024. (In Russian)
8. Khudeneva N.I. Emission Quotas as a Way to Reduce the Negative Impact on Atmospheric Air: Problems of Implementing an Experimental Legal Regime. *Law*, 2023, no. 10, pp. 39–45. (In Russian) <https://doi.org/10.37239/0869-4400-2023-20-10-39-46>
9. Ghaemmaghami K., Zamani M., Shafiei H. Investigating Environmental Accounting and its Role in Reducing Environmental Costs (Case Study: Iran Noubaft Textile Company). *Journal of Accounting, Finance and Auditing Studies (JAFAS)*, 2018, vol. 4, no. 4, pp. 185–202. <https://doi.org/10.32602/jafas.2018.012>
10. Thi Tam Lea, Thi Mai Anh Nguyen. Practice Environmental Cost Management Accounting: The Case of Vietnamese Brick Production Companies. *Management Science Letters*, 2019, no. 9, pp. 105–120. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.10.012>
11. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Gadzhiev A.N. The role and significance of environmental safety in the system of ensuring the state's economic security. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 200–214. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-3-200-214>
12. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Rozhkova N.V., Saipullaev A.M. The modern green course of Russia: problems and prospects of implementation. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 3, pp. 197–207. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-3-197-207>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Назирхан Г. Гаджиев рассмотрел нормативно-правовое регулирование бухгалтерского учета и аудита квот на выбросы CO₂. Сергей А. Коноваленко исследовал особенности учета и аудита квот на выбросы CO₂, рассмотрел влияние квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты компаний. Михаил Н. Трофимов рассмотрел влияние квот на выбросы CO₂ на финансовые результаты компаний, предложил некоторые рекомендации в части совершенствования учета и аудита квот на выбросы CO₂. Георгий И. Харада рассмотрел возможности внедрения единых международных стандартов для целей совершенствования организации бухгалтерского учета и аудита квот на выбросы CO₂. Людмила В. Кубрина исследовала методы оценки рисков при проведении аудита квот на выбросы CO₂. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nazirkhan G. Gadzhiev reviewed the regulatory framework for accounting and auditing CO₂ emission quotas. Sergey A. Konovalenko studied the specifics of accounting and auditing of CO₂ emission quotas and considered the impact of CO₂ emission quotas on the financial results of companies. Mikhail N. Trofimov examined the impact of CO₂ emission quotas on the financial performance of companies and proposed some recommendations in terms of improving the accounting and auditing of CO₂ emission quotas. Georgy I. Harada considered the possibility of introducing unified international standards for improving the organization of accounting and auditing of CO₂ emission quotas. Lyudmila V. Kubrina studied methods for assessing risks when auditing CO₂ emission quotas. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Назирхан Г. Гаджиев / Nazirkhan G. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-6321-3543>
Сергей А. Коноваленко / Sergey A. Konovalenko <https://orcid.org/0000-0001-9696-942X>
Михаил Н. Трофимов / Mikhail N. Trofimov <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>
Георгий И. Харада / Georgy I. Harada <https://orcid.org/0000-0002-8379-0739>
Людмила В. Кубрина / Lyudmila V. Kubrina <https://orcid.org/0000-0002-0538-3819>

Оригинальная статья / Original article
УДК 636.32/.38.082.4:575.174
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-18



Генетическое разнообразие кандидатных маркеров у овец локальной породы Дагестана в контексте адаптации к горным пастбищным экосистемам

Индира С. Караева, Алимсолтан А. Оздемиров, Абдусалам А. Хожоков

Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Алимсолтан А. Оздемиров, заведующий лабораторией геномных исследований, селекции и племенного дела, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр РД»; 367014 Россия, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, 30.
Тел. +79094806199
Email alim72@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

Формат цитирования

Караева И.С., Оздемиров А.А., Хожоков А.А. Генетическое разнообразие кандидатных маркеров у овец локальной породы Дагестана в контексте адаптации к горным пастбищным экосистемам // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 194-200. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-18

Получена 1 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 21 июня 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Целью исследования было изучение полиморфизма генов гормона роста (GH), калпастатина (CAST), фактора роста и дифференциации 9 (GDF9) и кератиноассоциированного белка (KAP1.3) у овец локальной аборигенной породы Дагестана методом полимеразной цепной реакции с рестрикционным анализом фрагментов (PCR-RFLP). Материалом исследования послужили образцы крови 59 животных, отобранные с соблюдением этических норм. Лабораторные исследования проводили в аккредитованной лаборатории, где ДНК выделяли методом фенол-хлороформной экстракции с последующей очисткой и спектрофотометрической оценкой качества. Генотипирование выполняли с использованием специфических праймеров и эндонуклеаз рестрикции с последующим электрофоретическим разделением продуктов реакции. Установлено преобладание гомозиготных генотипов по генам GH, CAST и GDF9, сопровождающееся высокой гомозиготностью и низкой полиморфной информативностью (PIC) по этим локусам. Напротив, локус KAP1.3 характеризовался повышенным уровнем генетического разнообразия и умеренной полиморфностью (PIC=0,375). Полученные данные позволяют сфокусировать подходы к использованию изученных генетических маркеров в селекционной работе без снижения генетического разнообразия поголовья.

Ключевые слова

Локальная аборигенная порода Дагестана, генетическое разнообразие, кандидатные маркеры, адаптация, горно-отгонное животноводство, пастбищные экосистемы, полиморфическая информативность (PIC).

Genetic diversity of candidate markers in a local sheep breed from Dagestan in the context of adaptation to mountain pastoral ecosystems

Indira S. Karaeva, Alimsoltan A. Ozdemirov and Abdusalam A. Khozhokov

Federal Agrarian Scientific Centre, Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

Principal contact

Alimsoltan A. Ozdemirov, Head, Laboratory of Genomic Research, Selection and Breeding, Federal Agrarian Scientific Centre, Republic of Dagestan; 30 A. Shakhbanova St., Makhachkala, Russia 367014.

Tel. +79094806199

Email alim72@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

How to cite this article

Karaeva I.S., Ozdemirov A.A., Khozhokov A.A. Genetic diversity of candidate markers in a local sheep breed from Dagestan in the context of adaptation to mountain pastoral ecosystems. *South of Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):194-200. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-18

Received 1 May 2025

Revised 21 June 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

The aim of this study was to investigate the polymorphism of the growth hormone GH, calpastatin CAST, growth and differentiation factor 9 GDF9, and keratin associated protein 1.3 KAP1.3 genes in a local indigenous sheep breed from Dagestan using polymerase chain reaction with restriction fragment length polymorphism analysis PCR RFLP. The material comprised blood samples from 59 animals collected in compliance with ethical standards. Laboratory analyses were carried out in an accredited laboratory, where genomic DNA was extracted by phenol chloroform extraction followed by purification and spectrophotometric quality assessment. Genotyping was performed using gene specific primers and restriction endonucleases followed by electrophoretic separation of the reaction products. A predominance of homozygous genotypes at the GH, CAST and GDF9 loci was observed, which was associated with high homozygosity and low polymorphic information content PIC for these loci. In contrast, the KAP1.3 locus showed an increased level of genetic diversity and moderate polymorphism with PIC equal to 0.375. These findings provide a basis for refining approaches to the use of these genetic markers in breeding programmes without reducing the genetic diversity of the population.

Key Words

Local indigenous Dagestan sheep breed, genetic diversity, candidate markers, adaptation, mountain transhumant sheep farming, pasture ecosystems, polymorphic information content (PIC).

ВВЕДЕНИЕ

Современное животноводство ориентировано на повышение эффективности производства продукции, улучшение её качества и снижение затрат на выращивание сельскохозяйственных животных. Важнейшей задачей в данном направлении является использование потенциала генетического разнообразия, что позволяет существенно ускорить селекционный прогресс по ключевым хозяйственно полезным признакам. Одним из эффективных подходов решения этой задачи является применение маркер-ориентированной селекции (MAS), основанной на выявлении и использовании генетических маркеров, тесно связанных с продуктивными качествами животных [1]. Особое внимание в селекционной практике уделяется молекулярно-генетическим маркерам, представленным однонуклеотидными полиморфизмами (SNP), которые позволяют эффективно идентифицировать животных с желательными генотипами задолго до фенотипического проявления признака [2]. Среди наиболее изучаемых и перспективных маркеров выделяются гены гормона роста (GH), калпастатина (CAST), дифференциального фактора роста (GDF9) и семейства кератиноассоциированных белков (KAP), функциональная значимость которых подтверждена многочисленными исследованиями. Так, ген GH кодирует гормон роста, ключевой регулятор процессов роста и развития животных, влияющий на массу тела, приросты и общий метаболизм [3]. Ген CAST кодирует кальпастатин – белок, подавляющий активность протеолитических ферментов кальпаинов, тем самым оказывая влияние на нежность мяса и его органолептические свойства [4]. Ген GDF9 является важнейшим регулятором репродуктивной функции овец, оказывая прямое влияние на процессы фолликулогенеза и овуляции, вследствие чего полиморфизмы в этом гене ассоциируются с многоплодием и воспроизводительными качествами [5]. В свою очередь, гены семейства KAP, включая KAP1.3, кодируют белки, ассоциированные с кератиновыми волокнами, и отвечают за прочность, толщину и структуру шерсти, играя значительную роль в шерстной продуктивности овец.

В мировой литературе накоплены данные, подтверждающие эффективность использования перечисленных маркеров в программах селекции овец различного продуктивного направления [6–8]. Однако информация о распределении генотипов и аллельных вариантов данных генов в локальных и аборигенных породах [9], таких как андийская порода овец, остаётся недостаточно изученной. Андийская порода, традиционно разводимая в условиях высокогорных районов, характеризуется адаптивными преимуществами и уникальными продуктивными качествами, что делает её объектом пристального внимания в контексте устойчивости животноводства и сохранения генетических ресурсов. В этой связи актуальным становится изучение генетического полиморфизма по генам GH, CAST, GDF9 и KAP1.3 у андийских овец, позволяющее получить ценную информацию о генетическом разнообразии, уровне гомо- и гетерозиготности и выявить потенциально полезные аллельные варианты. Данные сведения необходимы как для разработки и внедрения эффективных программ маркер-ориентированной селекции, так и для формирования стратегии по

сохранению и устойчивому использованию локальных генетических ресурсов.

Целью настоящего исследования являлось выявление и анализ полиморфизма генов GH, CAST, GDF9 и KAP1.3 у андийских овец с использованием метода полимеразной цепной реакции с рестрикционным анализом фрагментов (PCR-RFLP). В рамках исследования были поставлены задачи по определению частот генотипов и аллелей исследуемых генов, оценке уровня гомозиготности и полиморфной информативности (PIC), а также интерпретации полученных результатов в контексте их применения в селекционной практике и разработке рекомендаций по дальнейшему использованию выявленных генетических маркеров в племенном животноводстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования были проведены на базе племенных хозяйств, специализирующихся на разведении андийских овец «Салам-А» и «Ухо». В качестве биологического материала использовали образцы крови 59 животных, полученные путём отбора из яремной вены в вакуумные пробирки, содержащие антикоагулянт ЭДТА. Отбор проб проводился с соблюдением общепринятых этических стандартов и норм обращения с животными. Лабораторные исследования осуществлялись в условиях специализированной молекулярно-генетической лаборатории Ставропольского Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. Геномную ДНК выделяли из крови методом фенол-хлороформной экстракции с последующей очисткой и осаждением этанолом. Концентрацию и чистоту выделенной ДНК оценивали спектрофотометрически с использованием спектрофотометра NanoDrop (Thermo Fisher Scientific, США), измеряя оптическую плотность при длинах волн 260 и 280 нм. Генотипирование изучаемых генов GH, CAST, GDF9 и KAP1.3 проводили методом полимеразной цепной реакции с последующим рестрикционным анализом фрагментов (PCR-RFLP) [10]. Для проведения ПЦР использовали праймеры, специфичные для каждого из исследуемых локусов, которые были подобраны на основе ранее опубликованных последовательностей. Амплификацию проводили в термоциклере T100 (Bio-Rad, США) при стандартных условиях: начальная денатурация при 94°C в течение 5 минут, затем 35 циклов, состоящих из денатурации при 94°C в течение 45 секунд, отжига при специфической для каждого праймера температуре (55–62°C) в течение 45 секунд, и элонгации при 72°C в течение 1 минуты с последующим окончательным этапом элонгации при 72°C в течение 10 минут. Полученные ампликоны подвергали рестрикционному гидролизу с помощью эндонуклеаз рестрикции, специфичных для изучаемых полиморфных сайтов. Рестрикционные фрагменты разделяли посредством горизонтального электрофореза в агарозном геле концентрацией 2–3 %, содержащем бромистый этидий для визуализации. Электрофорез проводили при напряжении 120 В в течение 40–60 минут. Результаты электрофореза регистрировали при помощи системы визуализации гелей GelDoc XR+ (Bio-Rad, США). Генотипы животных определяли путём анализа размеров и количества полученных фрагментов рестрикции относительно молекулярно-массовых

маркеров. Частоты генотипов и аллелей вычисляли путём подсчёта, коэффициент гомозиготности (CA) рассчитывали как сумму долей гомозигот, а полиморфическую информативность (PIC) – по формуле $PIC = 1 - (\sum p^2 + \sum q^2) - 2p^2q^2$ для двухаллельных локусов. Статистическая обработка результатов выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и специализированных генетико-статистических пакетов.

Полученные экспериментальные данные были тщательно проанализированы и интерпретированы в

контексте использования маркеров для маркер-ориентированной селекции и разработки практических рекомендаций по управлению генетическим разнообразием популяции андийских овец.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ распределения генотипов показал, что по генам CAST, GH и GDF9 наблюдается выраженное преобладание одного из гомозиготных вариантов, в то время как по гену KAP1.3 частоты генотипов оказались более сбалансированными (рис. 1).

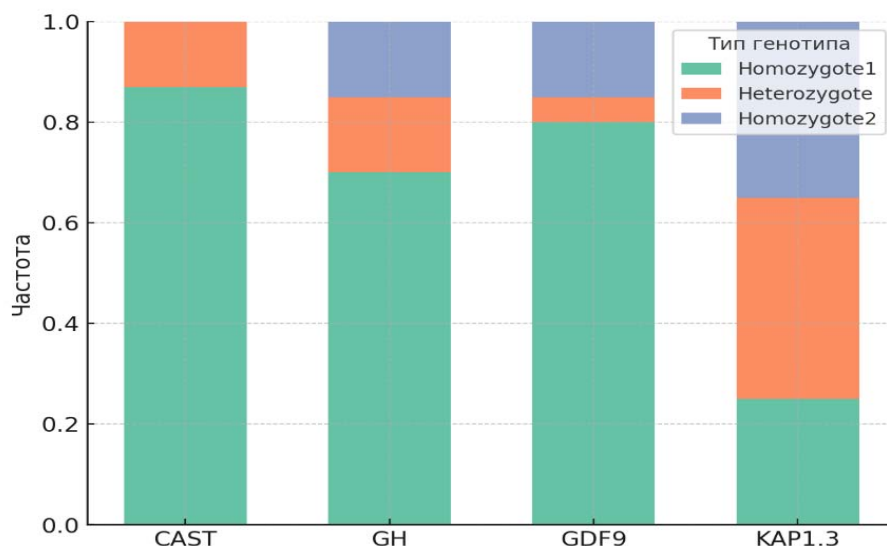


Рисунок 1. Распределение генотипов по генам CASTIM, GH, GDF9 и KAP1.3 у андийских овец

Figure 1. Genotype distribution for the CASTIM, GH, GDF9, and KAP1.3 genes in Andean sheep

Так, доминирующий генотип CAST-MM встречается у приблизительно 87 % животных, а гетерозиготы CAST-MN составляют около 13 %; генотип CAST-NN в выборке не обнаружен. По локусу GH гомозиготный генотип GH-AA встречается у 70 % овец, а гетерозиготы GH-AB и гомозиготы GH-BB – примерно по 15 %. Аналогичное распределение выявлено для гена GDF9, где GDF9-GG составляет 80 %, GDF9-AG – около 5 %, и GDF9-AA – 15 %. В отличие от вышеуказанных генов, по KAP1.3 наиболее часто встречаются гетерозиготы

KAP1.3-XY (40 %), а гомозиготы KAP1.3-XX и KAP1.3-YY составляют 25 % и 35 % соответственно. Отмеченное распределение свидетельствует о дефиците гетерозигот по генам CAST, GH и GDF9, что может быть следствием направленного отбора или узкого генофонда, и о повышенном уровне генетического разнообразия по локусу KAP1.3, потенциально важному для признаков продуктивности.

Нами был составлен подсчет частоты аллелей p и q для генов CAST, GH, GDF9 и KAP1.3 (рис. 2).

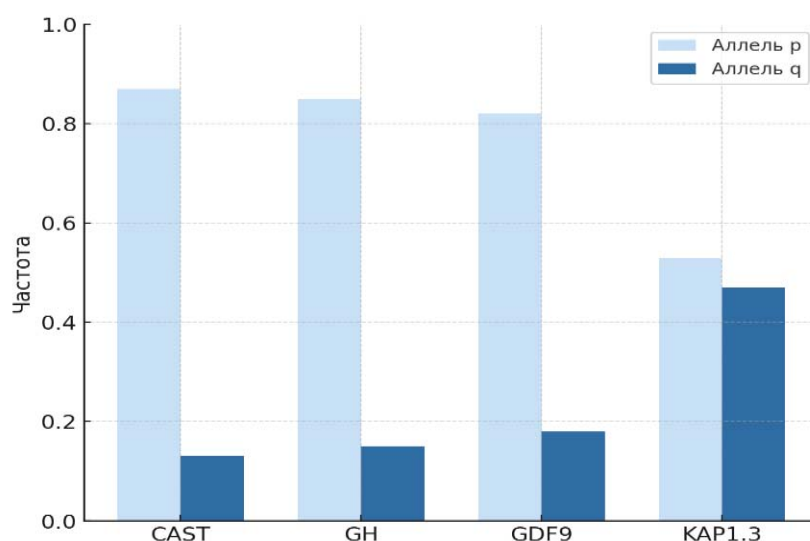


Рисунок 2. Частоты аллелей (p и q) для генов CAST, GH, GDF9 и KAP1.3

Figure 2. Allele frequencies (p and q) of CAST, GH, GDF9, and KAP1.3 genes

По трём локусам CAST, GH и GDF9 наблюдается выраженный перекоп аллельных частот в пользу аллеля p: CAST M = 0,87 (N = 0,13), GH A = 0,85 (B = 0,15), GDF9 G = 0,82 (A = 0,18). В противоположность им, по KAP1.3 частоты аллелей близки к равновесным (Y = 0,53; X = 0,47). Такая конфигурация аллельных частот объясняет выявленное ранее распределение генотипов и уровни гомо/гетерозиготности: у CAST, GH и GDF9 доминирование одного аллеля приводит к

преобладанию соответствующей гомозиготы и дефициту гетерозигот, тогда как у KAP1.3 почти паритетные частоты способствуют более высокому разнообразию генотипов и более высокой информативности маркера (PIC).

Мы рассчитали показатели гомозиготности (коэффициент CA) для каждого из исследованных генов (рис. 3).

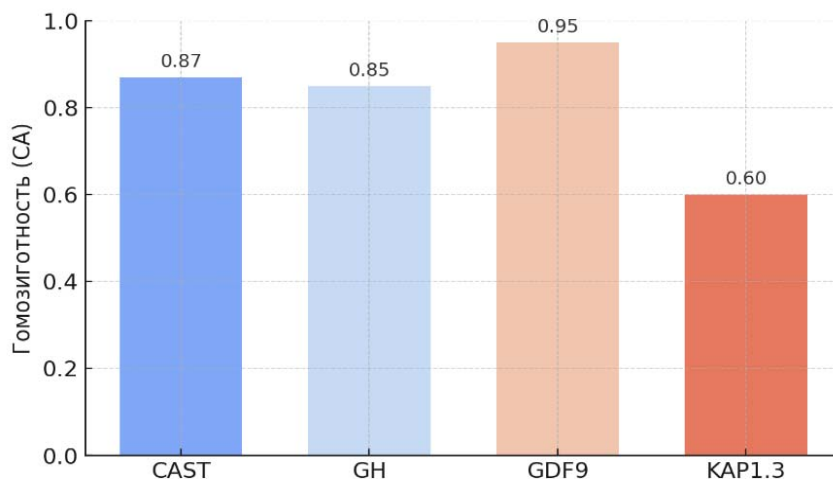


Рисунок 3. Уровни гомозиготности (CA) по изученным генам
Figure 3. Homozygosity levels (CA) across the genes studied

Анализ гомозиготности по исследуемым локусам показал выраженные межгенные различия. Максимальная доля гомозигот выявлена по гену GDF9 (CA = 0,95), что отражает крайне низкую долю гетерозигот и подтверждает узкую аллельную базу по этому локусу. Для генов CAST и GH значения гомозиготности также высоки (CA = 0,87 и 0,85 соответственно), указывая на преобладание гомозиготных генотипов и дефицит гетерозигот. В противоположность этому, по гену KAP1.3 зарегистрирована наименьшая гомозиготность (CA = 0,60), что

свидетельствует о сравнительно большем уровне генетического разнообразия и согласуется с более сбалансированным распределением генотипов в данном локусе. Такие различия по CA между локусами указывают на неодинаковую силу отбора (дрейфа) и различную историю формирования частот аллелей в анализируемой группе.

Представленные значения полиморфной информативности (PIC) для каждого гена (рис. 4), характеризуют способность маркера выявлять генетическое разнообразие.

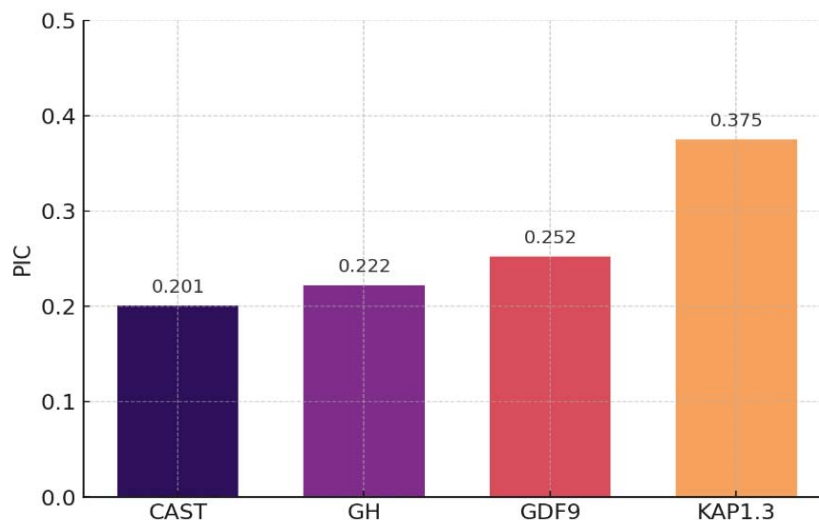


Рисунок 4. Полиморфическая информативность (PIC) для каждого гена
Figure 4. Polymorphic information content (PIC) for each gene

Результаты показывают резкий контраст между локусом KAP1.3 и остальными генами. Значения PIC по исследованным локусам варьировали от 0,201 до 0,375, демонстрируя различную информативность маркеров.

Минимальный PIC зарегистрирован по гену CAST (0,201), несколько выше значение у GH (0,222), а по GDF9 показатель достигал 0,252. Максимальная информативность отмечена у локуса KAP1.3

(PIC = 0,375). Согласно общепринятой интерпретации, значения PIC <0,25 характеризуются как низкая полиморфность, 0,25–0,50 – умеренная; следовательно, локусы CAST и GH относятся к низкополиморфным, GDF9 – к нижней границе умеренной полиморфности, тогда как KAP1.3 демонстрирует умеренный уровень информативности. Эти результаты согласуются с распределением генотипов и аллелей по соответствующим локусам и указывают на большую полезность KAP1.3 для мониторинга генетического разнообразия и маркерно-ориентированного отбора в данной выборке, тогда как CAST и GH обладают ограниченной селекционной информативностью.

Выявленные нами особенности генетического разнообразия генов GH, CAST, GDF9 и KAP1.3 у андийских овец в целом согласуются с данными других пород [11], однако имеют ряд важных особенностей. Гены GH, CAST и GDF9 продемонстрировали выраженный аллельный дисбаланс с доминированием одного из аллелей, что привело к высокой гомозиготности. Подобная картина характерна и для других пород овец. Например, у советского меринуса частота аллеля CASTM достигает 0,89, что сопоставимо с нашими данными (0,87). Аналогичные результаты получены для горно-алтайской, сальской и других пород мясного направления [12]. Такие закономерности обычно связывают с действием направленного отбора на мясные качества или с эффектом генетического дрейфа в небольших популяциях. По гену GH преобладание аллеля GHA (0,85) у андийских овец близко к результатам для дагестанской горной породы (0,87), что может свидетельствовать об общих селекционных и адаптивных процессах, влияющих на популяции в условиях высокогорья. Подобный аллельный дисбаланс по GH отмечен также у мясошерстных пород, где аллель GHA часто коррелирует с улучшенными ростовыми показателями. Однако практическое использование данного маркера для селекции в андийской породе ограничено низкой вариабельностью, хотя возможно умеренное повышение частоты редкого аллеля GHV посредством маркер-ориентированной селекции (MAS), если будет подтверждено его преимущество в продуктивности. Особенно значим полиморфизм гена GDF9, связанный с репродуктивной функцией. В нашей выборке андийских овец доминировал аллель GDF9G (0,82), что согласуется с результатами для других отечественных пород (например, кулундинская тонкорунная и западносибирская мясная). Это типично для пород без специализированного отбора на многоплодие. Возможно, редкий аллель GDF9A ассоциирован с повышенной овуляторной активностью, однако его низкая частота объясняется ограничением естественного отбора на многоплодие, особенно в условиях ограниченных кормовых ресурсов горных районов. В практическом плане MAS по GDF9 могла бы использоваться для сохранения и умеренного повышения частоты гетерозигот, что потенциально способно улучшить воспроизводительные характеристики без рисков бесплодия гомозиготных животных. В противоположность вышеупомянутым локусам, ген KAP1.3 у андийских овец показал относительно высокое генетическое разнообразие с почти равновесными аллельными частотами (0,47 и 0,53). Это необычно, поскольку во многих отечественных породах чаще

доминирует один из аллелей. Высокая полиморфная информативность KAP1.3 (PIC=0,375) свидетельствует о слабом или балансирующем отборе по шерстным признакам, что позволило сохранить значительное аллельное разнообразие. С точки зрения селекции это открывает перспективы для маркерной селекции по шерстным качествам (тонкости, прочности), поскольку высокая изменчивость предполагает хороший селекционный отклик при выборе желательных генотипов [13]. Причины наблюдаемых аллельных и генотипических особенностей, вероятно, связаны с совместным влиянием генетического дрейфа и направленного отбора. Аборигенные популяции, к которым относятся андийские овцы, часто формируются в условиях географической изоляции и малой численности, что способствует фиксации отдельных аллелей и утрате редких вариантов. Высокая гомозиготность по GH, CAST и GDF9 [14], вероятно, отражает действие именно таких процессов. Напротив, баланс аллелей по KAP1.3 [15] может объясняться либо отсутствием направленного отбора, либо преимуществом гетерозиготного состояния по признакам шерстной продуктивности.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что они позволяют оценить потенциал и ограничения использования изученных маркеров в программах селекции и MAS. Например, для генов GH и CAST низкая полиморфность указывает на ограниченные возможности селекции внутри породы и необходимость привлечения новых генетических ресурсов при желании существенно улучшить ростовые и мясные качества. Гены GDF9 и особенно KAP1.3, напротив, имеют достаточное аллельное разнообразие, чтобы служить эффективными маркерами в селекционных программах.

ВЫВОДЫ

Наши данные показывают, что локальная аборигенная порода овец Дагестана, несмотря на относительную изоляцию и ограниченную численность, сохраняет важные элементы генетического разнообразия, в том числе за счет выраженной вариабельности по локусу KAP1.3. По генам GH, CAST и GDF9, напротив, отмечено преобладание одного аллеля и высокая доля гомозиготных генотипов, что указывает на сужение аллельной базы и потенциальный риск дальнейшей потери генетических ресурсов при неосторожном использовании этих локусов в селекционных схемах.

Таким образом, полученные результаты уточняют представления о полиморфизме кандидатных генов у аборигенных овец и могут служить основой для научно обоснованных рекомендаций по сохранению генетического разнообразия и рациональному использованию данной породы в селекционной практике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hassanane M.S., Salem M.H., Abdel-Rahman S.Z. et al. Genetic diversity and structure of Egyptian sheep populations using microsatellite markers // *Small Ruminant Research*. 2015. V. 123. N 1. P. 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.009>
2. Kijas J.W., Lenstra J.A., Hayes B. et al. Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection // *PLoS Biology*. 2012. V. 10. N 2. Article ID e1001258. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
3. Celik S., Avanus K., Yilmaz O. Association of polymorphisms in the GH gene with growth traits in sheep // *Indian Journal of Animal Research*.

2017. V. 51. N 2. P. 337–341.

4. Скорых Л.Н., Фомина И.О., Суржикова Е.С. и др. Полиморфизм генов гормона роста (GH) и кальпастина (CAST) у мясошерстных овец // Главный зоотехник. 2020. N 7. С. 6–11. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2007-01>
5. Синица В.А., Гришина А.В., Курбатова А.С. Генетическая характеристика тонкорунных пород овец по гену CAST // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. N 11. С. 34–38.
6. Moghadaszadeh A., Mirhoseini S.Z., Mohammadabadi M. et al. Polymorphism of GDF9 and BMP15 genes and their association with litter size in sheep // Iranian Journal of Biotechnology. 2021. V. 19. N 4. Article ID: e2800. <https://doi.org/10.30498/IJB.2021.2800>
7. Gootwine E. Breed and strain differences in the efficiency of growth in sheep // Small Ruminant Research. 2020. V. 185. Article ID: 106088. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106088>
8. Vega-Pla J.L., Sanz A., Jugo B.M. et al. Genetic relationships and admixture between sheep breeds from southern Spain and northern Morocco revealed by microsatellite markers // Small Ruminant Research. 2022. V. 215. Article ID: 106736. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106736>
9. Sutarno S., Setiadi M.A., Sumantri C. et al. Polymorphism of calpastatin gene and its association with growth traits in local Indonesian sheep // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2016. V. 29. N 9. P. 1290–1296. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0965>
10. Оздемиров А.А., Чижова Л.Н., Хождиков А.А., Суржикова Е.С., Догеев Г.Д., Абдулмагомедов С.Ш. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец дагестанской горной породы // Юг России: экология, развитие. 2021. T. 16. N 2. С. 39–44. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-2-39-44>
11. Notter D.R. Genetic aspects of reproduction in sheep // Reproduction in Domestic Animals. 2008. V. 43. N 2. P. 122–128. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01147.x>
12. Rashidi A., Mokhtari M.S., Esmailzadeh A.K. Genetic parameter estimates for growth traits in Kermani sheep // Small Ruminant Research. 2008. V. 74. N 2–3. P. 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.03.012>
13. Гаджиев З.К., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н., Евлагина Д.Д., Онищенко О.Н. Распределение частоты встречаемости аллелей гена кальпастина у овец разных пород // Ветеринария и Зоотехния. 2023. N 5. С. 72–78. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp72-78>
14. Miraei-Ashtiani S.R., Kohram H., Shahrabak M.M. Polymorphism in exon 5 of the ovine GDF9 gene and its association with reproductive traits // South African Journal of Animal Science. 2019. V. 49. N 1. P. 1–6. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i1.1>
15. Kharzinova V.R., Dotsev A.V., Sermyagin A.A. et al. Genetic diversity and population structure of Russian sheep breeds based on microsatellite analysis // Russian Journal of Genetics. 2021. V. 57. N 2. P. 231–242. <https://doi.org/10.1134/S1022795421020076>

REFERENCES

1. Hassanane M.S., Salem M.H., Abdel-Rahman S.Z. et al. Genetic diversity and structure of Egyptian sheep populations using microsatellite markers. *Small Ruminant Research*, 2015, vol. 123, no. 1, pp. 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.009>
2. Kijas J.W., Lenstra J.A., Hayes B. et al. Genome-wide analysis of the

- world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *PLoS Biology*, 2012, vol. 10, no. 2, article ID e1001258. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258>
3. Celik S., Avanus K., Yilmaz O. Association of polymorphisms in the GH gene with growth traits in sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 2017, vol. 51, no. 2, pp. 337–341.
4. Skorih L.N., Fomina I.O., Surjikova E.S. et al. Polymorphism of genes of Growth Hormone (GH) and Calpastatin (CAST) in wool-and-meat producing sheep. *Head of Animal Breeding*, 2020, no. 7, pp. 6–11. (In Russian) <https://doi.org/10.33920/sel-03-2007-01>
5. Sinitsa V.A., Grishina A.V., Kurbatova A.S. Genetic characteristics of fine-wool sheep breeds by the CAST gene. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2018, no. 11, pp. 34–38. (In Russian)
6. Moghadaszadeh A., Mirhoseini S.Z., Mohammadabadi M. et al. Polymorphism of GDF9 and BMP15 genes and their association with litter size in sheep. *Iranian Journal of Biotechnology*, 2021, vol. 19, no. 4, article ID: e2800. <https://doi.org/10.30498/IJB.2021.2800>
7. Gootwine E. Breed and strain differences in the efficiency of growth in sheep. *Small Ruminant Research*, 2020, vol. 185, article ID: 106088. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106088>
8. Vega-Pla J.L., Sanz A., Jugo B.M. et al. Genetic relationships and admixture between sheep breeds from southern Spain and northern Morocco revealed by microsatellite markers. *Small Ruminant Research*, 2022, vol. 215, article ID: 106736. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106736>
9. Sutarno S., Setiadi M.A., Sumantri C. et al. Polymorphism of calpastatin gene and its association with growth traits in local Indonesian sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2016, vol. 29, no. 9, pp. 1290–1296. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0965>
10. Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Dogeev G.D., Abdumagomedov S.Sh. Polymorphism of genes CAST, GH, GDF9 of sheep of the Dagestan mountain breed. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 2, pp. 39–44. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2021-2-39-44>
11. Notter D.R. Genetic aspects of reproduction in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*, 2008, vol. 43, no. 2, pp. 122–128. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01147.x>
12. Rashidi A., Mokhtari M.S., Esmailzadeh A.K. Genetic parameter estimates for growth traits in Kermani sheep. *Small Ruminant Research*, 2008, vol. 74, no. 2–3, pp. 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.03.012>
13. Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N., Evlagina D.D., Onishchenko O.N. Distribution of the frequency of occurrence of alleles by the calpastatin gene in sheep of different breeds (review). *The Agrarian Scientific Journal*, 2023, no. 5, pp. 72–78. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp72-78>
14. Miraei-Ashtiani S.R., Kohram H., Shahrabak M.M. Polymorphism in exon 5 of the ovine GDF9 gene and its association with reproductive traits. *South African Journal of Animal Science*, 2019, vol. 49, no. 1, pp. 1–6. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i1.1>
15. Kharzinova V.R., Dotsev A.V., Sermyagin A.A. et al. Genetic diversity and population structure of Russian sheep breeds based on microsatellite analysis. *Russian Journal of Genetics*, 2021, vol. 57, no. 2, pp. 231–242. <https://doi.org/10.1134/S1022795421020076>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алимсолтан А. Оздемиров и Абдусалам А. Хождиков проанализировали данные. Индира С. Караева провела статистический расчет и отбор биопроб. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alimsoltan A. Ozdemirov and Abdusalam A. Khozhokov analysed the data. Indira S. Karaeva conducted statistical calculations and selection of bio-samples. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Индира С. Караева / Indira S. Karaeva <https://orcid.org/0009-0003-8713-2005>

Алимсолтан А. Оздемиров / Alimsoltan A. Ozdemirov <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

Абдусалам А. Хождиков / Abdusalam A. Khozhokov <https://orcid.org/0000-0002-7303-0222>

Моделирование деятельности индустрии глэмпингов в Республике Татарстан: экология, сервис и качество

Муратхан И. Гаджибеков¹, Рамиль В. Кадыров², Гузель Н. Нуруллина³, Юлия В. Терехина³,
Венера И. Богданова³, Галбац А. Курбанов¹

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Казанский (Приволжский) государственный университет, Казань, Россия

³Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

Контактное лицо

Муратхан И. Гаджибеков, кандидат географических наук, доцент кафедры рекреационной географии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета; 367000 Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +79285396125
Email muratxan@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9953-4429>

Формат цитирования

Гаджибеков М.И., Кадыров Р.В., Нуруллина Г.Н., Терехина Ю.В., Богданова В.И., Курбанов Г.А. Моделирование деятельности индустрии глэмпингов в Республике Татарстан: экология, сервис и качество // Юг России: экология, развитие. 2025. Т.20, N 3. С. 201-209.
DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-19

Получена 10 мая 2025 г.

Прошла рецензирование 14 июня 2025 г.

Принята 25 июля 2025 г.

Резюме

Цель: разработка операционной модели глэмпинга, как экопроект на рынке индустрии гостеприимства с высоким качеством сервиса.

При изучении особенностей данной темы были использованы методы системного анализа, аналогии, моделирования и наблюдения. Так как данная сфера рассматривается как совокупность взаимосвязанных системных элементов, был использован также организационный подход, предполагающий анализ данной сферы с учетом развития внешних и внутренних факторов. Использовался логический анализ теоретических определений, сравнительный анализ практических выводов. Применялся метод дедукции при следовании от общих выводов к частным умозаключениям.

Популярность этого типа отдыха на свежем воздухе особенно возросла в пандемийный и постпандемийный период, когда границы для выездов в зарубежные страны были закрыты для туристов, а востребованность в путешествиях у населения была высокая. Именно в это время стал стремительно развиваться внутренний туризм. Люди желали, чтобы отдых на свежем воздухе и на природе сочетался со многими удобствами, которые можно найти в традиционных местах гостеприимства. Поэтому в статье на примере глэмпинг-парков Татарстана представлены варианты организации отдыха туристов в глэмпингах, построенных из экологически чистых материалов и качественным сервисом услуг.

Глэмпинги довольно выгодный современный бизнес с точки зрения окупаемости. Многие клиенты готовы платить за уединенность и тишину при наличии сервиса, комфорта и удобств. Все эти факторы позволяют повысить востребованность и конкурентоспособность предприятий глэмпинг-индустрии.

Ключевые слова

Бизнес-продукт, глэмпинг, гостиничное предприятие, кемпинг, конкурентоспособность, ландшафт, окружающая среда, операционная модель, туризм, экоотель.

Modeling the glamping industry in the Republic of Tatarstan: ecology, service and quality

Muratkhan I. Gadzhibekov¹, Ramil V. Kadyrov², Guzel N. Nurullina³, Yulia V. Terekhina³,
Venera I. Bogdanova³ and Galbats A. Kurbanov¹

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Kazan (Volga Region) State University, Kazan, Russia

³Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Principal contact

Muratkhan I. Gadzhibekov, PhD (geography),
associate professor, Department of recreational
geography and sustainable development, Dagestan
State University; 21 Dakhadaeva St., Makhachkala,
Republic of Dagestan, Russia 367000.
Tel. +79285396125

Email muratxan@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9953-4429>

How to cite this article

Gadzhibekov M.I., Kadyrov R.V., Nurullina G.N.,
Terekhina Yu.V., Bogdanova V.I., Kurbanov G.A.
Modeling the glamping industry in the Republic of
Tatarstan: ecology, service and quality. *South of
Russia: ecology, development*. 2025; 20(3):201-209.
(In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2025-3-19

Received 10 May 2025

Revised 14 June 2025

Accepted 25 July 2025

Abstract

Aim. To develop an operating model for a glamping site as an eco-project in the hospitality industry offering high-quality service.

To study the specifics of this topic, we used methods of systems analysis, analogy, modeling, and observation. Since this area is viewed as a set of interconnected systemic elements, an organisational approach was also used, which involves analysing this area taking into account the development of external and internal factors. A logical analysis of theoretical definitions and a comparative analysis of practical conclusions were used. A deductive approach was employed, moving from general conclusions to specific inferences.

The popularity of this type of outdoor recreation increased especially during the pandemic and post-pandemic periods, when borders to foreign countries were closed to tourists and the demand for travel was high. It was during this time that domestic tourism began to rapidly develop. People desired outdoor recreation combined with the many amenities found in traditional hospitality venues. Therefore, using the example of glamping parks in Tatarstan, this article presents options for organizing tourist vacations in glamping sites built from environmentally friendly materials and offering high-quality service.

Glamping is a fairly profitable modern business in terms of return on investment. Many clients are willing to pay for privacy and tranquility, provided services, comfort, and amenities are available. All these factors help increase the demand and competitiveness of glamping industry businesses.

Key Words

Business product, glamping, hotel enterprise, camping, competitiveness, landscape, environment, operating model, tourism, eco-hotel.

ВВЕДЕНИЕ

Глэмпинг – одна из популярных и востребованных форм туризма, которая очень тесно связана с природой. В Российской Федерации открытие глэмпингов связаны с бурным развитием внутреннего туризма и государственной поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации» [1].

В России первый глэмпинг появился в 2016 г. в Тульской области. Это был глэмпинг «Гуляй город» [2]. С тех пор количество глэмпингов в России каждый год увеличивалось.

На начало 2024 года в России насчитывается порядка 550 глэмпингов. Из них 66 % процентов предназначены для круглогодичного проживания, остальные принимают гостей с весны по осень. Лидирующие позиции по количеству глэмпингов занимают Московская область, Краснодарский край, Республика Татарстан. Объем российского рынка мобильных домов оценить непросто из-за отсутствия единых подходов к типологии таких зданий.

Реализация проектов, предусматривающих размещение гостей в глэмпингах и мобильных домах, представляет собой довольно привлекательный бизнес. Во-первых, порог входа в него существенно ниже, чем в проект загородного отеля или коттеджного поселка. Затраты на возведение глэмпингов или мобильных домов за счет отсутствия необходимости обустройства дорогостоящего фундамента будут ниже, чем на строительство обычного дома или, тем более, гостиничного корпуса. Меньше времени займет и стройка: если отельный корпус строится год-два (в зависимости от параметров), то глэмпинг может быть возведен за считанные недели. Кроме того, обслуживать одноэтажные здания проще и дешевле.

Во-вторых, данный вид размещения востребован у туристов. В летние месяцы загрузка расположенных в привлекательных локациях глэмпингов и баз отдыха с мобильными домами превышает 90 %. Основная целевая аудитория таких объектов – люди в возрасте от 23 до 45 лет, стремящиеся сменить обстановку и максимально дистанцироваться от городской суеты и стресса.

В-третьих, подобные проекты быстрее окупаются. Средний срок окупаемости проектов глэмпингов – 5–6 лет, тогда как у загородного отеля – 12–15 лет. Стоит отметить и более высокий средний чек в глэмпингах – около 8–10 тыс. рублей за сутки [3].

При проектировании глэмпингов следует учитывать особенности и основные его характеристики:

- локация в живописных природных территориях, таких как берег озера, горные пейзажи или лесные массивы;
- комфорт и удобства: несмотря на близость к природе, глэмпинги предлагают все удобства для незабываемого, а именно удобные кровати, ванные комнаты, Wi-Fi, а иногда даже мини-кухни и террасы;
- атмосферный дизайн: интерьеры глэмпингов продуманы и оформлены до мелочей, создают неповторимую атмосферу единения с природой;
- разнообразие услуг: многие глэмпинги предлагают своим гостям дополнительные услуги, такие как, спа-процедуры, йога-классы, пешие прогулки, конные туры и многое другое;
- экологичность: многие глэмпинги позиционируют себя как экологичные, используя

возобновляемые источники энергии, органические продукты и заботясь о сохранении окружающей среды [4; 5].

Глэмпинг можно считать, как одну из разновидностей кемпинга, но главное его отличие – это наличие удобств, как в хорошей гостинице.

Таким образом, глэмпинг – это новый вид экотуризма, отличительным признаком которого является стремление к отдыху на природе с комфортом. В соответствии с этой особенностью глэмпинг-туризма необходимо изучить принципы устойчивого развития территорий, которые должны отражаться на создании объектов экологического туризма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При изучении особенностей проектирования объектов глэмпинг-туризма в исследовании были использованы общенаучные методы исследования, методы системного анализа, статистического и сравнительно-сопоставительного анализа, моделирования и наблюдения. Так как данная сфера рассматривается как совокупность взаимосвязанных системных элементов был использован также организационный подход, предполагающий рассмотрение данной сферы с учетом развития внешних и внутренних факторов.

В основу работы положены материалы законодательных актов Российской Федерации, а также субъектов федерации, государственные стандарты в области проектирования объектов для отдыха и туризма на природных территориях.

Анализ научной литературы позволяет сделать вывод, что в исследовании глэмпинг-туризма доминируют два методологических подхода.

Для первого подхода характерно рассмотрение глэмпинга через призму особенностей гостиничной инфраструктуры. Как подчеркивает В.М. Дедок, «данный формат размещения предполагает проживание на лоне дикой природы в максимально комфортных условиях: уютное жилище с мягкой кроватью вместо палатки и спального мешка, ванная комната со всеми удобствами и ресторанные блюда вместо купания в реке и еды, приготовленной на костре» [6].

Кембриджский словарь раскрывает значение термина «глэмпинг» как «тип кемпинга, который является более удобным и роскошным, чем традиционный кемпинг» [7].

В словаре терминов и понятий индустрии туризма и гостеприимства термин «глэмпинг» формулируется как кемпинг или палаточный лагерь повышенной комфортности, объединяющий в себе параметры гостиничного номера с возможностью отдыха на природе [8].

Во втором подходе упор делается на то, что глэмпинг связан с туристскими путешествиями на природу, с отдыхом на открытом воздухе. Наиболее полно эта позиция представлена в отечественных исследованиях глэмпинга, в которых он часто трактуется как форма развития экологического туризма.

На данный момент в Российской Федерации пока еще не существует государственного стандарта по глэмпингам. Поэтому, в нашем исследовании мы воспользовались стандартом, который наиболее близок к этому формату размещения – кемпинги [9].

Основными принципами устойчивого проектирования, строительства и эксплуатации объектов глэмпинг-туризма являются следующие элементы:

1. Функциональность, эффективность решений и отказ от неоправданных излишеств. Недопущение создания неэксплуатируемых или нерационально используемых пространств и строений. Учет рельефа местности при выборе участка для проектирования глэмпинг-объектов.

Важной особенностью глэмпинг-объектов является ограничение этажности строений (до 1 этажа), отсутствие цокольных и подвальных этажей. Приоритет при строительстве жилых объектов на природных территориях дается сборно-разборным и некапитальным сооружениям. Кроме того, при строительстве глэмпингов рекомендуются использование конструкций и материалов с длительным сроком службы.

Строгий расчет показателей нагрузок на систему инженерного обеспечения (потребление воды и тепловой энергии, электроснабжение и водоотведение) исходя из действительных потребностей объектов перед их проектированием и строительством [10].

Максимальное использование существующих ресурсов инженерного обеспечения вместо создания автономных источников (например, подключение к местным сетям канализации, а не строительство новых локальных очистных сооружений).

2. Забота об окружающей среде. Использование при строительстве глэмпингов возобновляемых, местных и экологически чистых материалов, не наносящих вреда окружающей среде. Основное внимание следует уделить материалам, которые беспрепятственно разлагаются со временем в окружающей среде: натуральная ткань (хлопок, бязь, конопля, лен), дерево местных пород, металл, стекло.

Стремление к использованию возобновляемых источников электроснабжения (солнечных электростанций, малых бесплотинных гидроэлектростанций).

Экологичность процессов операционной деятельности объекта. Сведение к минимуму воздействия объекта проживания на окружающую среду: землю, водные объекты, атмосферу, прежде всего за счет экономичного расходования ресурсов, рационального и ответственного отношения к удовлетворению собственных потребностей, сокращения отходов жизнедеятельности [11].

Внедрение концепции экологичного обращения с бытовыми отходами:

- уменьшение количества перерабатываемых отходов путем сокращения закупок таких материалов;

- организация раздельного сбора отходов.

Устойчивый подход к организации общественного питания на объекте и производственных процессов, связанных с ним:

- ориентирование на такой тип производства продуктов питания, как полуфабрикаты высокой степени готовности (готовые блюда «шоковой» заморозки). Это сократит операционные затраты, объемы отходов и расход ресурсов (воды, электричества);

- грамотная организация логистики;

- взвешенный подход к использованию одноразовой посуды. При принятии решения об использовании одноразовой посуды на предприятии питания приоритетно ориентироваться на варианты из

перерабатываемых материалов.

4. Естественность способов освоения территории и органичность проектных решений. Стремление сохранить нетронутую природу и среду обитания диких животных, обитающих на территории. Большинство путешественников для отдыха выбирают загородный отель или глэмпинг с богатой природой и разнообразной флорой и фауной, поэтому поддержание высокого уровня биоразнообразия не только экологично, это также может стать дополнительным плюсом, привлекающим внимание потенциальных гостей к отдыху в глэмпингах. Забота о сохранении природы может включать:

- органичное вписывание деревьев в архитектурный проект вместо их вырубки;

- преимущества сохранения естественного валежника в лесу на прилегающей к глэмпингу территории;

- сведение к минимуму мероприятий по обустройству естественной береговой линии водоема.

5. Образовательные мероприятия в сфере устойчивого развития.

Заметим, что «в эколого-просветительской практике используется широкий спектр приемов и методов работы с различными возрастными и социальными группами населения. Большое значение при этом уделяется социально-экологическому аспекту взаимодействия человека с окружающей природной средой» [12]. Как показывает практика, гости активно откликаются на возможность помочь убрать мусор в лесу, сделать дуплянки для птиц, очистить берег от загрязнения за комплементарный ужин или другую благодарность от администрации.

6. Взаимодействие с местным сообществом. При организации общественного питания на объекте преимущественно закупка продуктов у местных фермеров. Чем меньше расстояние от производителя до потребителя, тем меньше топливный и углеродный след от процесса доставки продуктов. Кроме того, натуральные фермерские продукты меньше обработаны нитратами и могут быть доставлены с меньшим количеством покровки.

Таким образом, моделирование операционной деятельности и эксплуатации глэмпингов подразумевает на этапе проектирования определения принципов устойчивого развития территорий, которые должны отражаться на создании объектов экологического туризма. В нашем исследовании мы определили, что основными принципами устойчивого проектирования деятельности и эксплуатации глэмпингов должны стать такие элементы как функциональность помещений и туристских пространств, экологичность объектов и сохранность окружающей среды, энерго и ресурсосбережение. Эти принципы при проектировании объектов глэмпинга позволят сформулировать проекты строительства глэмпингов и обслуживающей инфраструктуры.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка концепции экологического проекта глэмпинга

Одним из наиболее важных аспектов разработки экологического проекта для глэмпинга являются палатки для проживания. Важно, чтобы был красивый и уникальный дизайн палаток для глэмпинга. Это гарантирует безопасность для использования

клиентами и конкурентоспособность объекта для отдыха.

Само собой разумеется, что качество палатки для глэмпинга должно быть самым лучшим. Поэтому, материалы и технологии его изготовления имеют большое значение в долговечности эксплуатации глэмпинга. Также, материалы, которые будут использоваться для создания глэмпинга, являются основой хорошего дизайна глэмпинга. Для этого нужно обеспечить стабильную структуру для модулей, а также снизить затраты на их обслуживание. Одним из наиболее часто используемых материалов для создания хороших конструкций палаток для глэмпинга является древесина [13].

Варианты оформления интерьера безграничны. Интерьер должен обеспечивать заказчику все основные жизненные потребности, такие как водопровод и место для хранения вещей. Есть несколько способов сделать хороший дизайн глэмпинга, просто включив основные элементы интерьера. Окна с двойным остеклением, нескользкий пол — это всего лишь несколько основных примеров, которые повысят качество дизайна палаток для глэмпинга [14].

Открытая планировка и сводчатые потолки купольного дома предлагают теплое солнечное пространство для уникального дизайна интерьера. В зависимости от использования, можно добавить чердак или внутренние стены для разделения жилых помещений. Когда дело доходит до создания функциональной планировки, отвечающей всем потребностям и стилю жизни, проектирование внутреннего пространства купола может быть интересным, но в то же время сложным. Обычно разделенные зоны: гостиная, кухня, спальня и ванная комната.

Наружные стены купола являются отдельно стоящими и самонесущими, без внутренних колонн или несущих стен. Тем не менее, внутренние шкафы для хранения, полки и перегородки могут быть прикреплены к раме и к полу в отдельных зонах для спальни, кухни, ванной и т. д.

Можно построить отдельно стоящие внутренние стены, чтобы разделить комнаты, создать отдельную гостиную, спальню, кухню и ванную комнату, разделив четыре отдельно стоящие соединенные стены в виде креста. Перегородки дополнительно укрепляются за счет присоединения лестницы и добавления чердака [15].

Перегородки могут стать структурной опорой для чердака. Установив кухню и ванную комнату на противоположных сторонах общей перегородки, каркасные стены предлагают способ объединения сантехники и электропроводки.

Дети и многие взрослые любят лофты. Полноценный или частичный мансардный этаж второго этажа можно легко подвесить на полпути к ограждению, прикрепив его к раме купола. Это также повысит устойчивость внутренних перегородок.

В лофте используются высокие потолки, чтобы увеличить жилое пространство. В больших куполах пристройка чердака над перегородками — удобный и функциональный способ создать дополнительные места для хранения вещей.

Чтобы сохранить открытое просторное ощущение, идеальный размер лофта не должен превышать трети интерьера. Хотя чердаки, стены или

перегородки должны быть самонесущими, этого можно добиться, используя небольшие строительные ноу-хау и изобретательность [16].

Использование устойчивых материалов для конструкции, а также энергосберегающих электрических систем — это лишь некоторые из многих способов, которыми можно сделать палатку экологически чистой.

Использование натуральных материалов для мебели и практичный подход подчеркивают оригинальную атмосферу глэмпинга, не теряя при этом комфорта и стиля [17].

Дизайн внутренних стен и размещение мебели могут оптимизировать жилое пространство. Округлая комната придает оригинальный стиль глэмпингу и дает безграничную возможность для разработки его дизайна. Например, изогнутая стена создает оптическую иллюзию, благодаря которой большая мебель кажется меньше. Профессиональные дизайнеры часто используют круглую мебель, чтобы сделать комнату больше.

Кухня заслуживает тщательного планирования и внимания к деталям, так как это одна из наиболее часто используемых помещений в жилом пространстве. Если планируется готовить пищу в кухне, то потребуется теплоизоляция и вентиляция, например, вытяжка.

Типы дополнений также могут варьироваться. Можно будет включить такие дополнения, как наружная палуба со стульями и столами на открытом воздухе, что делает его идеальным дизайном для летнего сезона. Или можно включить в дизайн глэмпинга роскошные дополнения, такие как пол с подогревом и т.д. Обеспечение возможности установки этих надстроек в дизайне глэмпинга — это способы, которые могут сделать дизайн глэмпинга более лучшим [18].

Качественный сервис глэмпинга как конкурентное преимущество

Основной мотивацией клиента, который приезжает в глэмпинг, является отдых в природной среде. В глэмпинге турист ищет что-то еще, помимо наслаждения природными красотами, тишиной, уединением, видами. И это сервис, который он получает через комфортное, безопасное размещение и дополнительные услуги (материальные аспекты продукта глэмпинга), а также через обслуживание (нематериальные аспекты продукта глэмпинга).

За эти три составляющие (природа, комфорт, сервис) гости и готовы платить больше.

Качество обслуживания имеет такое же значение, как локация и материально-техническое обеспечение глэмпинга. Подход к обслуживанию гостей должен сочетаться с концепцией глэмпинга. Важно помнить, что сервис — это составная часть продукта глэмпинга, а значит, он должен быть согласован с ключевой идеей и позиционированием объекта. В этом случае сервис будет способствовать формированию уникального конкурентного преимущества, станет самостоятельным инструментом маркетинга и привлечения гостей.

В соответствии с концепцией глэмпинга разрабатывается и концепция сервиса. Эта работа начинается с формулировки философии (ключевой идеи, подхода) и ценностей, которыми руководствуются сотрудники в процессе обслуживания гостей.

Так, если концепция глэмпинга предполагает максимальное уединение гостя, жилые модули располагаются на максимальном удалении друг от друга, чтобы контакты гостей между собой сводились к минимуму, то и концепция сервиса в данном случае должна ориентироваться на максимальную «невидимость», то есть непосредственное взаимодействие гостя и сотрудника должно быть сведено к минимуму. Опираясь на философию, могут быть сформированы базовые стандарты сервиса для всех сотрудников, занятых в обслуживании гостей:

- установить визуальный контакт при общении с гостем;
- проявить соучастие и активное слушание, не делать других дел параллельно, когда гость обращается к сотруднику;
- наблюдать за настроением гостя и по возможности стараться понять, в чем проблема;
- если сотрудники столкнулись с какой-то проблемной ситуацией, которая повторилась, значит, алгоритм действий для нее необходимо добавить в скрипты;
- выполнять обещания, данные гостю в организации обслуживания;
- не запрещать гостю куда-то заходить или заглядывать. Если какие-то помещения закрыты, то на табличке объясните почему, иначе создается ощущение, что гостя не очень рады видеть.

Это общий подход к формулировке стандартов сервиса, которые могут и должны быть дополнены и скорректированы с учетом индивидуальной концепции и философии сервиса.

Существуют различные решения организации питания в глэмпинге. Выбирая целевую аудиторию для проекта, необходимо исследовать привычный рацион этих людей (с помощью интервью, анкетирования, опроса), а также их пожелания: чего они ожидают на природе и какой формат им был бы максимально удобен для решения их задач. Например, мамы с детьми вряд ли готовы готовить на костре/мангале каждый день по несколько раз, и им нужны горячие свежеприготовленные блюда минимум 3 раза в день в удобное для них время. Если выбрана для глэмпинга концепция «отдых на природе с рыбалкой для компаний друзей 25–50 лет», то зона шашлыка будет вполне уместна.

В качестве общей стратегии рекомендуется использовать комбинированные решения и оперативно подстраиваться под запросы гостей. Например, после открытия станет очевидно, что гостям нравится формат шведского стола, но также они бы хотели иметь возможность уединиться во время принятия пищи. В этом случае необходимо разгородить пространство ширмами, которые легко убирать и устанавливать снова.

Более простой и удобный формат для планирования в условиях загородной жизни и удаленности от населенных пунктов предполагает организацию питания в строго отведенные часы: меню спланировано, и заранее определен объем приготовляемой пищи в зависимости от количества гостей, отдыхающих в глэмпинге или оплативших заранее такой формат питания. Такое питание можно складывать в стоимость проживания гостей или предлагать оплатить как дополнительную услугу при бронировании.

Анализ качества услуг глэмпингов в Татарстане

В Российской Федерации на начало 2022 года действовало 230 глэмпингов. 69 процентов из них были расположены в 13 субъектах федерации России. Татарстан по количеству объектов уже находился среди регионов-лидеров [19]. Эта тенденция была связана с тем, что в 2021 г. в Республике Татарстан были введены ряд изменений в Земельный кодекс Республики Татарстан [20]. В результате этих действий у инвесторов и предпринимателей возникли права получения экологических зон для постройки загородных сооружений отдыха в аренду без проведения торгов. Новые правила содействовали формированию и развитию объектов, а также материально-технической базы для организации отдыха туристов в природоохранных и экологических территориях муниципальных районов Татарстана.

Все земельные участки были проанализированы в плане их достоинства и ограничения, а также природной привлекательности. Территория Республики Татарстан имеет привлекательность для развития глэмпинг-туризма следующими особенностями:

- Разнообразие ландшафтов. Республика предлагает широкий спектр мест для размещения глэмпингов: от берегов Камы и Волги до очаровательных долин и уютных лесных опушек.
- Экологическая чистота. Татарстан славится своей чистой природой – свежим воздухом, кристально чистыми водоемами и нетронутыми лесами.
- Историческое и культурное наследие. На территории республики находится множество исторических памятников и культурных достопримечательностей, которые могут стать частью экскурсионных программ для глэмпинг-туристов.
- Развитая инфраструктура. В Татарстане хорошо развита транспортная инфраструктура, что делает его доступным для туристов из разных регионов.

Территориями, с наибольшей концентрацией организованных туристских средств размещения в Татарстане являются Зеленодольский, Тукаевский, Нижнекамский, Елабужский районы. При этом наблюдается активный процесс организации туристских кемпинг стоянок и глэмпинг-парков в Зеленодольском, Лаишевском, Камско-Устьинском районах. Эти районы республики расположены на берегу р.Волги и обладают богатыми лесными территориями, что позволяет развивать глэмпинг-туризм [21].

Локация глэмпингов на территории разносторонняя. Многие глэмпинги находятся ближе к общественным зонам, другие на закрытых территориях. Также для некоторых туристов во время отдыха важна уединенность, а для остальной части – доступность транспорта и близлежащих магазинов.

На конец 2021 года в Татарстане действовало 14 глэмпингов с разными видами концепции рекреации на природе. По данным на 2023 года этот показатель достиг до 43 [22]. Стремительный рост строительства глэмпингов в Республике Татарстан связан с созданием привлекательных условий со стороны регионального правительства для предпринимателей и предприятий гостеприимства, уникальным природным потенциалом региона, а также тем, что развитие экотуризма определен как приоритетный вид туризма. Охарактеризуем наиболее популярные и успешные глэмпинги Республики Татарстан:

1. Загородный клуб «Утрау». На его территории

в самом живописном месте Зеленодольского района Татарстана располагается круглогодичный глэмпинг Best Glamp «Лесная поляна». Расстояние от Казани до «Утрау» составляет 74 км. Этот глэмпинг состоит из 21 жилого строения пяти видов, такие как одноэтажные домики, двухуровневые Tiny House домики, A-frame домики, домик на дереве. Также имеется 18 метровый ресторан в виде геокупола с вместимостью 100 чел. В нем организуется банкеты, свадьбы и т.д.

Около каждого домика имеется большая терраса и место для организации вечеринок. Кроме того, для посетителей имеется термальный комплекс с подогреваемым бассейном, дровяная баню или сауна. Изюминка глэмпинга – это зеркальный дом на дереве с панорамным подвесным мостом.

Также загородный клуб предлагает своим гостям большой ассортимент дополнительных услуг, например, прогулки на яхте, квадроцикле, снегоходе и воздушном шаре.

Tiny House домики с площадью 21 м², построены в американском стиле и являются двухуровневыми. На втором этаже оборудована двуспальная кровать, а на первом – раскладывающийся диван. Эти дома рассчитаны на четыре человека и оснащены собственным санузлом, а также мини кухней.

Одним из главных точек глэмпинга является пирс и общая зона для проведения мероприятий.

2. Глэмпинг «Urman Camp». Глэмпинг «Urman Camp» находится в Зеленодольском районе республики, в 50 километрах от г.Казани. Здесь имеются девять палаток в виде сафари-тента. Посередине этих палаток расположена общая зона, где находятся ресепшн, столовая и банкетный зал. Для гостей среди большого ассортимента услуг предлагаются такие спа-услуги, как кедровые бани. Туристы могут выбрать двухуровневые домики под названием A-frame с камином и со всеми удобствами, также есть сафар-тенты.

Фишка глэмпинга – это фраки (бани). «Urman Camp» известен среди туристов как самый чанный глэмпинг республики. Многие гости приезжают именно для принятия фраков, которые оборудованы индивидуальным бассейном, встроенным в террасу и подогреваются теплой водой.

3. Глэмпинг «My Ahome». Глэмпинг «My Ahome» находится в 69 километрах от Казани, в Рыбно-Слободском районе Республики Татарстан, на первой береговой линии реки Камы. На данном объекте имеется всего лишь 2 домика A-frame, со всеми удобствами. У каждого домика есть своя мангальная зона, фурако с подогреваемой купелью и подсветкой.

Фишкой глэмпинга является прозрачный круглый домик, в котором туристы могут любоваться звездами. Здесь не проводятся шумные мероприятия, поэтому туристы могут отдохнуть в тихой и спокойной обстановке.

4. Глэмпинг «Дикая Дача». Глэмпинг «Дикая Дача» располагается в 20 км от Казани в Пестречинском районе Татарстана. Здесь имеется три комфортные, теплые юрты, где можно провести выходные в кочевом стиле, но с целым набором услуг: четыре летних домика, веранда, quadro-бани и даже маленький кинотеатр. Такой формат организации глэмпинга был одним из первых в Татарстане.

5. «Камская Лагуна». Этот глэмпинг составляет часть известного и популярного среди туристов

гостиничного комплекса «Камский Трофей». Туристам здесь предлагают уютный домик с собственной террасой и видом на Камское море – роскошный вариант размещения для двоих как зимой, так и летом.

Отдыхающим доступны завтраки в ресторане, спа-комплекс, бассейн, прогулки по экоферме и зоозоне, прокат санок, тюбингов и коньков.

6. Глэмпинг «Halal Resort». Так же, в Татарстане имеется единственный в России Халяль-глэмпинг с молельной комнатой с видом на р.Каму в 60-ти километрах от столицы Татарстана. Объект соответствует стандартам халяль и расположен в Рыбно-Слободском районе Республики Татарстан. Для проживания туристам предоставляются комфортные домики типа сафари-тента.

Что касается цены на отдых в глэмпингах в пригороде Казани, то она составляет до 16 тысяч рублей в сутки на двух человек. Заметим, что чем дальше глэмпинги находятся от столицы Татарстана, тем дешевле стоимость их аренды для туристов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Глэмпинг-туризм в Республике Татарстан обладает огромным потенциалом для развития. Уникальная природа, богатое культурное наследие и растущий спрос на альтернативные виды отдыха создают благоприятные условия для этого направления. Обладая уникальными природными ландшафтами, богатой историей и культурой, Республика Татарстан имеет высокий потенциал для развития глэмпинг-туризма. Для сферы туризма и экономики региона будет возможность расширения новых границ, позволяющих не только расширить сферу туризма в Татарстане, но также получить колоссальный опыт, позволяющий стать лидером и новатором который будет продвигать и задавать направление для дальнейшего развития.

При моделировании деятельности глэмпингов важное значение при проектировании глэмпинг-парков имеет создание экологически чистого пространства и объектов для туристов, в котором учитывается использование экологических строительных материалов. Кроме того, дизайн проектируемых строений должны быть гармоничны с природной средой и привлекательными для его постояльцев.

Не менее важный аспект в деятельности глэмпингов является использование ресурсосберегающих технологий и экологически чистых продуктов.

Большое значение в организации деятельности глэмпинга имеет качественный сервис. Туристы, приезжающие отдыхать в глэмпинги желают быть не только близки к природе, но в тоже время получать качественные услуги. Поэтому главная философия глэмпинг-путешествия – это экология, близость к природе и качественные услуги сервиса.

Реализация проектов глэмпинг-туризма позволит решить такие вопросы как:

- рост популярности глэмпинг-туризма;
- будет создано новое направление глэмпинг-туризма для расширения формата размещения;
- богатое культурное наследие Татарстана, которое станет основой для создания неповторимой атмосферы в глэмпинг-комплексе.

Глэмпинг-туризм имеет большой потенциал для развития в Республике Татарстан. Глэмпинг-туризм может стать одним из важных секторов экономики

Татарстана, что позволит создать новые рабочие места, увеличить налоговые поступления и повысить привлекательность республики для туристов. Развитие глэмпинг туризма на территории Республики Татарстан должно осуществляться с учетом экологических требований и с максимальным сохранением природного наследия для сохранения образа гостеприимного края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.05.2018 № 872-р. Концепция федеральной целевой программы "Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2019–2025 годы)". URL: FoFftF1dhGs4GZzEBPQtLCFvBI2hHnQD.pdf (дата обращения: 29.04.2025)
2. Драчева Е.Л., Николаева А.В. Глэмпинг как новая концепция отдыха и перспективы его развития в России // Российские регионы: взгляд в будущее. 2021. № 2. Т. 8. С. 69–83.
3. Мобильные дома и глэмпинги: новости, статистика и перспективы сектора. URL: <https://mitt.ru/ru/media/news/2024/july/29/mobilnye-doma-i-glempingi-mitt/> (дата обращения: 29.04.2025)
4. Антошечкин Д.С. Глэмпинг как движущий фактор развития эко-туризма // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 9-1 (96). С. 241–243.
5. Воротников А.М., Гасанова С.Ф., Стоцкий А.И. Глэмпинг как формат развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях в Арктической зоне Российской Федерации // Журнал исследований по управлению. 2019. Т. 5. № 1. С. 3–10.
6. Дедок В.М. Современное состояние и перспективы развития глэмпинга в мировой индустрии гостеприимства // Современные тенденции развития международного туризма в мире и Республике Беларусь в условиях глобализации: Материалы международной научно-практической конференции. Минск: Белорусский гос. ун-т, 2018. С. 32–38.
7. Glamping. Cambridge Dictionary. URL: dictionary.cambridge.org/dictionary/english/glamping (дата обращения: 29.04.2025)
8. Мударисов Р.Г., Кирсанова Н.П., Кадыров Р.В. и др. Словарь терминов и понятий индустрии туризма и гостеприимства. Санкт-Петербург: Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС». 2023. 350 с.
9. ГОСТ Р 58187-2018 «Туристские услуги. кемпинги. Общие требования». URL: https://ros-gosts.ru/file/gost/03/080/gost_r_58187-2018.pdf (дата обращения: 29.04.2025)
10. Гамалей А.А., Назарова В.П. Анализ опыта проектирования глэмпинг-парков как объекта индустрии экологического туризма // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/24SAVN222.pdf> (дата обращения: 29.04.2025)
11. СанПиН 2.1.5.980-00. «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». URL: https://microbius.ru/uploads/document/file/310/sanpin_2.1.5.980-00.pdf?ysclid=mgjyowm7g9623540467 (дата обращения: 29.04.2025)
12. Гаджибеков М.И., Атаев З.В. Особо охраняемые природные территории в системе экологического образования и воспитания школьников // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2023. № 4 (95). С. 102–106.
13. Önem B. Glamping işletmecilerinin özgeci davranışları ve psikolojik iyi oluş düzeylerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma // Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. 2019. p. 114.
14. Grzinic J., Zarkovic A., Zanketic P. Positioning of tourism in Central Dalmatia through the development of camping tourism // International Journal of Economic Perspectives. 2015. V. 4. № 3. P. 525–535.
15. Hardy T., Ogunmokun G., Winter C. An exploratory study of factors influencing campers, level of loyalty to camping sites in the tourism industry. In ANZMAC 2005: Engaging the multiple contexts of management convergence and divergence of management theory and practice. Canberra, Australia. 2015. pp. 7–10.
16. Hue et al. Critical success factors and customer expectation in budget hotel segment: a case study of China // Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism: 2019. V. 10. № 1. P. 59–74.
17. Lucivero M. Camping and Open-air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. In 6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU) TOURBANISM, Barcelona. Delft: International Forum on Urbanism, 2012. P. 1–9.
18. Mikulic J., Prebezac D., Šerić M., Kresic D. Campsite choice and the camping tourism experience: Investigating decisive campsite attributes using relevance-determinance analysis // Tourism Management. 2017. V. 59. P. 226–233. DOI: 10.1016/j.tourman.2016.07.020
19. Островкин Д.Л., Муртазина А.В. Глэмпинг как новое направление туристической деятельности: особенности и перспективы развития // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12. № 10. С. 2851–2864.
20. Земельный кодекс Республики Татарстан (с изменениями на 3 ноября 2021 года) (редакция, действующая с 1 января 2022 года). URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/12880605/modid/81> (дата обращения: 29.04.2025)
21. Даудова М.Г., Кадыров Р.В., Нуруллина Г.Н., Терехина Ю.В., Богданова Ю.В. Перспективы развития пешего туризма в Республике Татарстан // Юг России: экология, развитие. 2025. Т. 20. № 1. С. 179–186. DOI: 10.18470/1992-1098-2025-1-15
22. Анализ рынка средств размещения в Республике Татарстан (с отдельным анализом глэмпингов и кемпингов). М.: АН «Центр экономики рынков», 2024. 45 с. URL: <https://research-center.ru/analiz-rynka-sredstv-razmeshheniya-v-respublike-tatarstan> (дата обращения: 29.04.2025)

REFERENCES

1. *Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 05.05.2018 № 872-r. Kontseptsiya federal'noi tselevoi programmy "Razvitiye vnutrennego i v'ezdnogo turizma v Rossiiskoi Federatsii (2019–2025 gody)"* [Order of the Government of the Russian Federation dated 05.05.2018 No. 872-r. Concept of the federal target program "Development of domestic and inbound tourism in the Russian Federation (2019–2025)". Available at: FoFftF1dhGs4GZzEBPQtLCFvBI2hHnQD.pdf (accessed: 29.04.2025)]
2. Dracheva E.L., Nikolaeva A.V. Glamping as a new concept of recreation and prospects for its development in Russia. Rossiyskiye regiony: vzglyad v budushcheye [Russian regions: a look into the future]. 2021, vol. 8, no. 2, pp. 69–83. (In Russian)
3. *Mobil'nye doma i glempingi: novosti, statistika i perspektivy sektora* [Mobile homes and glamping: news, statistics and prospects for the sector]. Available at: <https://mitt.ru/ru/media/news/2024/july/29/mobilnye-doma-i-glempingi-mitt/> (accessed: 29.04.2025)
4. Antoshechkin D.S. Glamping as a driving factor in the development of eco-tourism. Mezhdunarodnyy zhurnal humanitarnykh i yestestvennykh nauk [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2024, no. 9-1 (96), pp. 241–243. (In Russian)
5. Vorotnikov A.M., Gasanova S.F., Stotsky A.I. Glamping as a format for the development of ecological tourism in specially protected natural areas in the Arctic zone of the Russian Federation. Journal of Management Research [Zhurnal issledovaniy po upravleniyu]. 2019, vol. 5, no. 1, pp. 3–10. (In Russian)
6. Dedok V.M. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya glempinga v mirovoy indusrii gostepriimstva [Current state and prospects for the development of glamping in the global hospitality industry]. *Sovremennyye tendentsii razvitiya mezhdunarodnogo turizma v mire i Respublike Belarus' v usloviyakh globalizatsii: Mat. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Minsk, 2018* [Current trends in the development of international tourism in the world and the Republic of Belarus in the context of globalization: Proc. int. scientific and practical. conf., Minsk, 2018].

- Minsk, Belarusian State University Publ., 2018, pp. 32–38. (In Russian)
7. Glamping. Cambridge Dictionary. Available at: dictionary.cambridge.org/dictionary/english/glamping (accessed: 29.04.2025)
 8. Mudarisov R.G., Kirsanova N.P., Kadyrov R.V. et al. *Slovar' terminov i ponyatiy industrii turizma i gostepriimstva* [Dictionary of terms and concepts of the tourism and hospitality industry]. St. Petersburg, Autonomous non-profit organization of higher education "University under the Interparliamentary Assembly of the Eurasian Economic Community" Publ., 2023, 350 p. (In Russian)
 9. GOST R 58187-2018 «Turistskie uslugi. Kempingi. Obshchie trebovaniya» [GOST R 58187-2018 "Tourist services. Campsites. General requirements"]. Available at: https://rosdocs.ru/file/gost/03/080/gost_r_58187-2018.pdf (accessed: 29.04.2025) (In Russian)
 10. Gamaley A.A., Nazarova V.P. Analysis of the experience of designing glamping parks as an object of the ecotourism industry. Bulletin of Eurasian Science, 2022, vol. 14, no. 2. Available at: <https://esj.today/PDF/24SAVN222.pdf> (accessed: 29.04.2025) (In Russian)
 11. SanPIN 2.1.5.980-00. «Gigienicheskie trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh voD» [SanPIN 2.1.5.980-00. "Hygienic requirements for the protection of surface waters"]. Available at: https://microbius.ru/uploads/document/file/310/sanpin_2.1.5.980-00.pdf?ysclid=mgjyowm7g_9623540467 (accessed: 29.04.2025) (In Russian)
 12. Gadzhibekov M.I., Ataev Z.V. Specially protected natural areas in the system of environmental education and upbringing of schoolchildren. In: *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2023, vol. 4 (95), pp. 102–106. (In Russian)
 13. Önem B. Glamping işletmecilerinin özgeci davranışları ve psikolojik iyi oluş düzeylerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2019, p. 114.
 14. Grzinic J., Zarkovic A., Zanketic P. Positioning of tourism in Central Dalmatia through the development of camping tourism. International Journal of Economic Perspectives, 2015, vol. 4, no. 3, pp. 525–535.
 15. Hardy T., Ogunmokun G., Winter C. An exploratory study of factors influencing campers, level of loyalty to camping sites in the tourism industry. In ANZMAC 2005: Engaging the multiple contexts of management convergence and divergence of management theory and practice. Canberra, Australia, 2015, pp. 7–10.
 16. Hue et al. Critical success factors and customer expectation in budget hotel segment: a case study of China. Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 59–74.
 17. Lucivero M. Camping and Open-air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. In 6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU) TOURBANISM, Barcelona. Delft: International Forum on Urbanism, 2012, pp. 1–9. (In Russian)
 18. Mikulic J., Prebezac D., Šerić M., Kresic D. Campsite choice and the camping tourism experience: Investigating decisive campsite attributes using relevance-determinance analysis. Tourism Management, 2017, vol. 59, pp. 226–233. DOI: 10.1016/j.tourman.2016.07.020
 19. Ostrovkin D.L., Murtazina A.V. Glamping as a new direction of tourism activity: features and development prospects. Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo [Economy, entrepreneurship and law]. 2022, vol. 12, no. 10, pp. 2851–2864. (In Russian)
 20. Land Code of the Republic of Tatarstan (as amended on November 3, 2021) (version effective from January 1, 2022) Available at: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/12880605/modid/81> (accessed: 29.04.2025)
 21. Daudova M.G., Kadyrov R.V., Nurullina G.N., Terehina Yu.V., Bogdanova V.I. Prospects for the development of hiking tourism in the Republic of Tatarstan. *South of Russia: ecology, development*, 2025, vol. 20, no. 1, pp. 179–186. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2025-1-15>
 22. *Analiz rynka sredstv razmeshcheniya v Respublike Tatarstan (s otdel'nym analizom glehmpingov i kempingov)* [Analysis of the accommodation market in the Republic of Tatarstan (with a separate analysis of glamping and camping sites)]. Moscow, Center for Market Economics Publ., 2024. 45 p. Available at: <https://research-center.ru/analiz-rynka-sredstv-razmeshheniya-v-respublike-tatarstan> (accessed: 29.04.2025)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Муратхан И. Гаджибеков, Рамиль В. Кадыров, Гузель Н. Нуруллина, Юлия В. Терехина, Венера И. Богданова, Галбац А. Курбанов проанализировали данные, написали рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Muratkhan I. Gadzhibekov, Ramil V. Kadyrov, Guzel N. Nurullina, Yulia V. Terekhina, Venera I. Bogdanova and Galbats A. Kurbanov analysed the data and wrote the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Муратхан И. Гаджибеков / Muratkhan I. Gadzhibekov <https://orcid.org/0000-0002-9953-4429>
 Рамиль В. Кадыров / Ramil V. Kadyrov <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>
 Гузель Н. Нуруллина / Guzel N. Nurullina <http://orcid.org/0009-0000-6352-4504>
 Юлия В. Терехина / Yulia V. Terekhina <http://orcid.org/0009-0008-2170-5479>
 Венера И. Богданова / Venera I. Bogdanova <http://orcid.org/0000-0002-3709-574X>
 Галбац А. Курбанов / Galbats A. Kurbanov <https://orcid.org/0009-0000-3725-3683>

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-77994 от 03.03.2020 г.

Учредитель (соучредители) журнала:
ООО Издательский Дом «КАМЕРТОН»
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

Издатель:
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»
Адрес издателя: 367000, Россия, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е

Адрес редакции: 367000, Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21,
Институт экологии и устойчивого развития ДГУ,
Email dagecolog@mail.ru, моб. тел. +79285375323

Главный редактор
Шестопалов Александр Михайлович, доктор биологических наук, профессор

По всем интересующим Вас вопросам обращаться в редакцию журнала
по контактам:

Гусейнова Надира Орджоникидзева, к.б.н., доцент,
Email dagecolog@mail.ru, моб. тел. +79285375323
Иванушенко Юлия Юрьевна, магистр экологии, Email dagecolog@mail.ru

С ПРАВИЛАМИ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ»
можете ознакомиться на сайте <http://ecodag.elpub.ru>

Founders of journal:
The limited liability company Publishing House «Kamerton»
Dagestan State University

Publisher:
Dagestan State University
367000, Russia, Makhachkala, 59e M. Yaragского str.,

Editorial address: 367001, Russia, Makhachkala, 21 Dakhadaeva st.
Email dagecolog@mail.ru, tel. +79285375323

Editor-in-Chief
Alexander M. Shestopalov, Doctor of Biological Sciences, Professor

CONTACT INFORMATION: SCIENTIFIC JOURNAL "SOUTH RUSSIA: ECOLOGY, DEVELOPMENT"

If you have any questions, please contact the editorial office:

Nadira O. Guseynova, Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor, Email dagecolog@mail.ru, tel. +79285375323
Yuliya Yu. Ivanushenko, master of ecology, Email dagecolog@mail.ru

Подписные индексы в каталоге «Газеты и журналы» Агентства «Роспечать»:
36814 (полугодовой) и 81220 (годовой).
Цена свободная.

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.
Оригинал-макет подготовлен в Институте экологии и устойчивого развития ДГУ.

Подписано в печать 18.07.2025 г.
Объем 211 стр. Тираж 100. Заказ № 23
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии издательства ДГУ
по адресу: г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е