

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 16 № 3 2021

ISSN 1992-1098

e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ:

ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.16 no. 3 2021

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, заведующий отделом экспериментального моделирования и патогенеза инфекционных заболеваний, руководитель Евразийского центра зоонозных инфекций Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины Сибирского отделения Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор (Новосибирск, Россия)

Заместители главного редактора

Асадулаев Загирбег Магомедович, Горный ботанический сад, Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (Махачкала, Россия)

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

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

Рабазанов Нухкади Ибрагимович, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (Махачкала, Россия)

Научный редактор

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

Ответственные секретари

Гасангаджиева Азиза Гусейновна, кафедра биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Гусейнова Надира Орджоникидзева, кафедра биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Даудова Мадина Гасан-Гусейновна, кафедра биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Иванушенко Юлия Юрьевна, кафедра биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Теймуров Абдулгамид Абулкасумович, кафедра биологии и биоразнообразия, Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Технический редактор

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

Для ознакомления с целями и задачами, инструкциями по подготовке и подаче рукописи, подписке и другой информации, посетите:

<https://ecodag.elpub.ru/ugro/about>

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

Alexander M. Shestopalov, Head, Department of Experimental Modeling and Pathogenesis of Infectious Diseases & Head, Eurasian Center for Zoonotic Infections, Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine Siberian branch, Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor (Novosibirsk, Russia)

Deputy Editors-in-Chief

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

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

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

Nukhkadi I. Rabazanov, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences (Makhachkala, Russia)

Scientific Editor

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

Editorial Executive Secretaries

Aziza G. Gasangadzhieva, Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Nadira O. Guseynova, Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Madina G. Daudova, Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Yuliya Yu. Ivanushenko, Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Abdulgamid A. Teymurov, Department of Biology and Biodiversity, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Technical Editor

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**Председатель**

Грачёв В.А., Российская экологическая академия, Экологический Фонд имени В.И. Вернадского (Москва, Россия)

Сопредседатели

Гутенев В.В., Российская академия государственной службы при Президенте РФ (Москва, Россия)

Залиханов М.Ч., Высокогорный геофизический институт (Нальчик, Россия)

Магомедов М.Д., лаборатория животных, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (Махачкала, Россия)

Матишов Г.Г., Южный научный центр Российской академии наук (Ростов-на-Дону, Россия)

Члены редакционного совета

Алексеев А.Ю., лаборатория разработки и испытаний фармакологических средств, Федеральный исследовательский центр Фундаментальной и трансляционной медицины (Новосибирск, Россия)

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

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

Замотайлов А.С., кафедра фитопатологии, энтомологии и защиты растений, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

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

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

Клюшин П.В., Государственный университет по землеустройству (Москва, Россия)

Крооненберг С.Б., Дельфтский технологический университет (Дельфт, Нидерланды)

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

Онипченко В.Г., кафедра геоботаники, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Рабданов М.Х., Дагестанский государственный университет (Махачкала, Россия)

Салманов М.А., Институт Микробиологии Национальная академия наук Республики Азербайджан (Баку, Азербайджан)

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

Фолк Хатманн, Университет Аляски в Фербенксе (Аляска, США)

Шхагапсоев С.Х., кафедра ботаники, Кабардино-Балкарский государственный университет (Нальчик, Россия)

Яковенко Н.В., кафедра социально-экономической географии и регионоведения, Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия)

EDITORIAL COUNCIL**Chairman**

Vladimir A. Grachev, Russian Ecological Academy, V.I. Vernadsky Ecological Foundation (Moscow, Russia)

Co-Chairs

Vladimir V. Gutenev, Russian Academy of State Service under the President of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Mikhail Ch. Zalikhanov, High Mountain Geophysical Institute (Nalchik, Russia)

Magomedrasul D. Magomedov, Animals Laboratory, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences (Makhachkala, Russia)

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

Editorial Council Members

Alexander Yu. Alekseev, Laboratory for Development and Testing of Pharmacological Agents, Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine (Novosibirsk, Russia)

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

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

Aleksandr S. Zamotailov, Department of Phytopathology, Entomology and Plant Protection, Kuban State Agrarian University (Astrakhan, Russia)

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

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

Pavel V. Klyushin, State University of Land Use Planning (Moscow, Russia)

Salomon B. Kroonenberg, Delft University of Technology (Delft, Netherlands)

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

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

Murtazali Kh. Rabadanov, Dagestan State University (Makhachkala, Russia)

Mamed A. Salmanov, Institute of Microbiology, National Academy of Sciences, Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

Tatyana A. Trifonova, Department of Ecology, Vladimir State University (Vladimir, Russia)

Falk Huettmann, Institute of Arctic Biology, University of Alaska Fairbanks (Alaska, USA)

Safarbi Kh. Shkhagapsoev, Department of Botany, Kabardino-Balkaria State University (Nalchik, Russia)

Nataliya V. Yakovenko, Department of Social and Economic Geography and Regional Studies, Voronezh State University (Voronezh, Russia)

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Гарюшкина М.Ю., Орлов А.К.

Влияние погодно-климатических факторов на сроки размножения сизой чайки (*Larus canus*) на юге Западной Сибири.....8-18

Минина М.А., Друзяка А.В.

Влияние неродственных контактов на формирование поведенческих типов у птенцов озёрной чайки.....19-32

Маловичко Л.В., Юферева В.В., Тельпов В.А., Юферев Д.П.

Распространение и динамика синантропизации вяхиря *Columba palumbus* в Ставропольском крае.....33-46

Блохин И.Г., Глазко В.И.

Генетические и фенотипические характеристики в оценках популяционной дифференциации прыткой ящерицы.....47-58

Наумова Е.Ю., Ржепка Т.П., Макаров М.М., Ольшукоев А.С., Кучер К.М., Магомедова М.З., Троицкая Е.С.

Исследование экологии зимнего планктона озера Байкал с использованием комплексных инструментальных методов.....59-67

ЭКОЛОГИЯ ГРИБОВ

Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B.

Diversity and ecology of poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) of the Gunib Plateau, Dagestan.....68-80**ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ**

Дёрко А.А., Дубовицкий Н.А., Мурашкина Т.А., Соболев И.А., Соломатина М.В., Алексеев А.Ю., Магомедов М.Г., Mine J., Uchida Y., Saito T., Каллаева М.М., Шаршов К.А.

Парамиксовирус птиц АРМВ-4, выделенный от кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): первый случай обнаружения в Западном Прикаспии.....81-87**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Наджафова С.И., Багирова Ч.З.

Пути повышения биогенности, ассимиляционного потенциала и плодородия почвенного покрова городских ландшафтов города Сумгаита.....88-94

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко Л.Б.

Экономико-экологическая эффективность адаптивной системы удобрения ярового ячменя.....95-101

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В., Ильин Б.С.

Содержание микроэлементов в почве в зависимости от способа основной обработки чернозема типичного.....102-107

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Адиева А.А., Климова Р.Р., Абакаров Г.М., Бекшоков К.С., Федорова Н.Е., Омарова Д.К., Куц А.А., Джамалова С.А., Халимбекова А.М., Гусейнова А.Р.

Цитотоксичность и противовирусная активность производных теллура в клетках, инфицированных вирусом простого герпеса и цитомегаловирусом *in vitro*.....108-118

Николаев Ю.А., Поляков В.Я., Магомедов М.Г., Севостьянова Е.В.

Новые подходы к лечению больных артериальной гипертензией с коморбидной патологией, проживающих в экологических условиях юга Западной Сибири.....119-126

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ovchinnikova T.V., Razinkov N.D., Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Shmygol A.V., Pavlenko A.A.

The use of a risk-orientated approach in comprehensive assessment of natural and technogenic emergency situations in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region, Russia.....127-141

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov Sh.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.-G.M.

Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus142-179

Бабина Ю.В., Кочуров Б.И.

Проблемы защиты поверхностных водных объектов в контексте земельных отношений на юге России.....180-190

Магомедова М.М., Курбанова У.А.-И., Дахдужева К.Д.

Концептуальные основы оценки и моделирования устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы (на примере Республики Дагестан).....191-199

Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Гаджиев А.Н.

Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства.....200-214

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....215

ECOLOGY OF ANIMALS

Garyushkina M.Yu., Yurlov A.K.

The influence of weather conditions on breeding dates of the common gull (*Larus canus*) in the south of Western Siberia.....8-18

Minina M.A., Druzyaka A.V.

The effect of neighbouring contacts on the formation of behavioral types in Black-headed Gull chicks.....19-32

Malovichko L.V., Yufereva V.V., Tel'pov V.A., Yuferev D.P.

The distribution and dynamics of synanthropisation of the common wood pigeon in the Stavropol region.....33-46

Blokhin I.G., Glazko V.I.

Genetic and phenotypic characteristics in assessments of population differentiation of the eastern sand lizard (*Lacerta agilis exigua*).....47-58Naumova E.Yu., Rzhepka T.P., Makarov M.M., Olshukov A.S., Kucher K.M.,
Magomedova M.Z., Troitskaya E.S.

Investigation of the ecology of winter plankton of Lake Baikal using complex instrumental methods.....59-67

ECOLOGY OF FUNGI

Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B.

Diversity and ecology of poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) of the Gunib Plateau, Dagestan.....68-80**ECOLOGY OF MICROORGANISMS**

Derko A.A., Dubovitskiy N.A., Murashkina T.A., Sobolev I.A., Solomatina M.V., Alekseev A.Yu.,

Magomedov M.G., Mine J., Uchida Y., Saito T., Kallaeva M.M., Sharshov K.A.

Avian paramyxovirus 4 isolated from the mallard (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): the first case detected in the Western Caspian region.....81-87**GEOECOLOGY**

Nadjafova S.I., Bagirova Ch.Z.

Ways to improve biogeneity, assimilation potential and fertility of soil cover of the urban landscapes of Sumgait city.....88-94

AGRICULTURAL ECOLOGY

Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko L.B.

Economic and ecological efficiency of adaptive system for fertilising spring barley.....95-101

Dubovik D.V., Dubovik E.V., Shumakov A.V., Ilyin B.S.

Content of trace elements in the soil of typical chernozem depending on methods of primary tillage.....102-107

MEDICAL ECOLOGY

Adieva A.A., Klimova R.R., Abakarov G.M., Bekshokov K.S., Fedorova N.E., Omarova D.K.,

Kushch A.A., Dzhmalova S.A., Khalimbekova A.M., Guseynova A.R.

Cytotoxicity and antiviral activity of tellurium derivatives in cells infected with herpes simplex virus and cytomegalovirus *in vitro*.....108-118

Nikolaev Yu.A., Polyakov V.Ya., Magomedov M.G., Sevostyanova E.V.

New approaches to the treatment of patients with arterial hypertension with comorbid pathology living in the environmental conditions of the south of Western Siberia.....119-126

METHODS OF ENVIRONMENTAL STUDIES

Ovchinnikova T.V., Razinkov N.D., Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Shmygol A.V., Pavlenko A.A.

The use of a risk-orientated approach in comprehensive assessment of natural and technogenic emergency situations in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region, Russia.....127-141

GENERAL PROBLEMS

Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov Sh.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A.,

Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.-G.M.

Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus142-179

Babina Yu.B., Kochurov B.I.

Problems of surface water protection in the context of land relations in the South of Russia.....180-190

Magomedova M.M., Kurbanova U.A.-I., Dakhdueva K.D.

Conceptual bases for assessing and modeling sustainable development of a region
as an ecological-socio-economic system (the example of the Republic of Dagestan).....191-199

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.....200-214

CONTACT INFORMATION.....215

Оригинальная статья / Original article
УДК 598.243.8.
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-8-18

Влияние погодных-климатических факторов на сроки размножения сизой чайки (*Larus canus*) на юге Западной Сибири

Мария Ю. Гарюшкина, Александр К. Юрлов[†]

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия

[†] Погиб

Контактное лицо

Мария Ю. Гарюшкина, младший научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных СО РАН; 630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11.
Тел. +79059534597
Email legnina@ngs.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0280-9175>

Формат цитирования

Гарюшкина М.Ю., Юрлов А.К. Влияние погодных-климатических факторов на сроки размножения сизой чайки (*Larus canus*) на юге Западной Сибири // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 8-18. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-8-18

Получена 31 декабря 2019 г.

Прошла рецензирование 22 июля 2020 г.

Принята 15 марта 2021 г.

Резюме

Цель. Цель исследования – изучить влияние местных погодных факторов на сроки гнездования сизой чайки (*Larus canus*).

Материалы и методы. Сроки начала откладки яиц сизой чайки определяли по данным регулярных учетов в течение 8 лет (1996-1998, 2002-2003, 2006-2008 гг.) на островах оз. Большие Чаны. Погодно-климатические факторы оценивали по базам данных с открытым доступом.

Результаты. Установлено, что время появления первых кладок в колонии сизой чайки обусловлено силой ветра, количеством дождливых дней и связанного с ним атмосферным давлением во вторую декаду апреля, а также температурой воздуха – датой устойчивого перехода ее среднесуточного значения через 0°C. В годы с нестабильным ходом температуры выявлена зависимость между температурой воздуха и интенсивностью начала гнездования по дням. В годы равномерного повышения температур главными факторами становятся осадки и скорость ветра.

Заключение. На сроки откладки яиц сизой чайки влияют погодные факторы в течение всего периода гнездования, а не преимущественно предшествующие ему условия. Изменчивость сроков гнездования сизой чайки в Сибири находит объяснение в динамике крупномасштабных погодных-климатических процессов, таких как EAWR. Дальнейшие исследования следует посвятить влиянию на популяцию сизой чайки экстремальных погодных условий и глобальных климатических циркуляций.

Ключевые слова

Сизая чайка, *Larus canus*, сроки гнездования, погодные условия, климатические индексы, Западная Сибирь.

The influence of weather conditions on breeding dates of the common gull (*Larus canus*) in the south of Western Siberia

Maria Yu. Garyushkina and Alexander K. Yurlov[†]

Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

[†]Deceased

Principal contact

Maria Yu. Garyushkina, Junior Researcher, Bird Ecology Research Group, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Frunze, Novosibirsk, 630091 Russia.

Tel. +79059534597

Email legnina@ngs.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0280-9175>

How to cite this article

Garyushkina M.Yu., [Yurlov A.K.] The influence of weather conditions on breeding dates of the common gull (*Larus canus*) in the south of Western Siberia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 8-18. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-8-18

Received 31 December 2019

Revised 22 July 2020

Accepted 15 March 2021

Abstract

Aim. The purpose of this research was to find out what local weather factors influence the nesting timing of the common gull (*Larus canus*).

Material and Methods. The time of egg laying by the common gull was determined using data obtained during regular surveys over 8 years (1996-1998, 2002-2003, 2006-2008) on the islands of Lake Bolshie Chany. Weather and climatic factors were assessed using open-access databases.

Results. It was been established that the start of egg-laying in the colony of the common gull is determined by wind strength, the number of rainy days, the associated atmospheric pressure during the second decade of April, and the air temperature – the transition date at which the average daily air temperature rose above 0°C. In years with unstable spring temperatures, a relationship was revealed between the air temperature and the intensity of egg laying by the common gulls by day. In years when temperatures rise evenly, precipitation and wind speed become the main factors.

Conclusion. We conclude that the egg-laying dates of the common gull is influenced by weather variables during the whole nesting season and not predominantly by early season variables. We also show the importance of large-scale climatic phenomena such as the EAWR in explaining variability in timing of the nesting of the common gull in Siberia. We suggest that future studies should focus on the effects of extremes in weather variables and global climatic phenomena.

Key Words

Common gull, *Larus canus*, egg-laying dates, weather conditions, climate indices, Western Siberia.

ВВЕДЕНИЕ

Сроки репродуктивного периода – один из наиболее важных факторов, влияющих на продуктивность и динамику численности популяций птиц. Для птиц умеренной зоны фотопериод – первичный сигнал для начала развития гонад и брачного поведения, определяющий время размножения, но более точная регуляция происходит на местах гнездования под воздействием местных погодных условий или обилия пищи [1]. В арктических и умеренных широтах шансы на успешное размножение повышаются у тех птиц, которые начинают гнездиться во время оптимального состояния окружающей среды, обеспечивающего кормовые потребности птенцов [2-6].

Существует несколько путей возникновения зависимости между датой откладки яиц и температурой воздуха. Во-первых, температура воздуха может влиять на обилие и доступность корма, особенно насекомых. Гастон и др. [7] нашли, что у толстоклювой кайры (*Uria lomvia*) откладка яиц начинается раньше в годы с более теплыми весенними температурами, вероятно, действующими через изменение в энергозатратах на питание из-за изменений в состоянии льда. Во-вторых, температура может влиять на развитие гонад. Лабораторные исследования сороки (*Pica pica*) показали более быстрый рост гонад при 20°C, чем при 2°C [8]. В опытах с большими синицами (*Parus major*) [9] было показано, что самки точно регулируют откладку яиц в ответ на сезонное повышение температуры, тогда как средняя температура и суточные колебания температуры сами по себе не влияют на сроки откладки яиц. И, в-третьих, температура воздуха имеет прямое влияние на энергетические затраты самок на терморегуляцию. В экспериментах со скворцами (*Sturnus vulgaris*) Мейер с соавторами [10] показал, что температура дуплянок влияет на время откладки яиц независимо от обилия пищи или фотопериода. Вероятнее всего, что эти механизмы не исключают друг друга, а действуют в комплексе [2].

Влияние глобального изменения климата на популяции птиц в последнее время находит все большее подтверждение [11-14]. Примерно 60% исследований зарегистрировали долгосрочные смещения сроков размножения птиц в раннюю сторону, что связывают с глобальным потеплением [15]. В течение следующих двух десятилетий предсказывают увеличение на 0,3-0,7°C глобальной средней температуры приземного воздуха и увеличение осадков в средних и высоких широтах [16]. Способность особей реагировать на потепление климата может варьировать в зависимости от географического ареала данного вида, особенно между южными и северными популяциями [17]. Чтобы понять и уметь прогнозировать воздействие изменения климата на сроки наступления сезонных процессов у какого-либо вида, необходимо знать их межгодовые колебания и предельные параметры в разных частях ареала.

Настоящее исследование предпринято с целью изучить межгодовую вариацию сроков размножения сизой чайки на юге Западной Сибири и оценить влияние на нее местных погодных условий и глобальных климатических процессов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на островах оз. Большие Чаны, где общая численность гнездящихся сизых чаек изменялась за последние 20 лет от 1200 до 4000 пар.

В работе использованы результаты наблюдений за колонией сизой чайки в течение 8 лет (1996-1998, 2002-2003, 2006-2008 гг.). Число гнезд в колонии варьировало за эти годы от 300 до 1600. Доля обследованных гнезд составляла 60-90%. Погодные данные взяты из архива, выложенного на сайте www.tutiempo.net по метеостанции Чаны, расположенной в 50 км от места исследования. Значения климатических индексов взяты с сайта <https://www.cpc.ncep.noaa.gov>.

Во время регулярных обходов колонии регистрировали состояние гнезд, наличие птенцов и яиц. Дату начала откладки яиц (ДН) определяли, контролируя гнезда, или рассчитывали по формуле: $ДН = ДВ - а$, где ДВ – дата вылупления птенца, а – время насиживания яйца, в зависимости от порядка вылупления. Средняя длительность насиживания после окончания откладки яиц, по данным разных авторов, варьирует от 25 до 27 дней. При этом длительность насиживания первого яйца может быть 27-29 дней, второго – 25-28 и третьего – 24-26 дней.

Статистическая оценка результатов проведена с использованием пакета программ PAST 3.17 [18]: проверка на нормальное распределение, проверка на наличие тренда (тест Манна-Кендалла), параметрические и непараметрические анализы. Для измерения степени сопряженности различных показателей использовали метод корреляции Пирсона (r), ранговой корреляции Спирмена (r_s) и метод множественной регрессии. Также для статистических анализов и построения графиков использовали Microsoft Excel.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим данным период откладки яиц у сизой чайки по крайним датам за все годы наблюдений начинался с третьей декады апреля и завершался в начале июня. Как начало, так и общая продолжительность сезона откладки яиц сильно менялись год от года. Самое раннее начало размножения отмечено 26 апреля (1997 г.), а самое позднее 10 мая (1998 г.).

Время появления первых яиц в колонии зависело от ряда погодных факторов. Наиболее значимые корреляции отмечены со средней силой порывов ветра за вторую декаду апреля ($r=0,86$; $n=8$; $P=0,01$; рис. 1а). Повышение скорости ветра задерживало начало гнездования. Кроме ветра на время появления первых яиц в колонии отрицательное влияние оказывает количество дней с осадками ($r=-0,73$; $n=8$; $P=0,04$; рис. 1б) и связанное с ним среднее за вторую декаду апреля атмосферное давление ($r=-0,824$; $n=8$; $P=0,01$; рис. 1в). Конечно, названные факторы (ветер, количество дней с осадками и атмосферное давление) действуют комплексно. Их совместное влияние обуславливает 93,5% изменчивости сроков начала откладки яиц у сизой чайки ($R^2=0,935$; $F_{[3,4]}=19,23$; $n=84$; $P=0,007$). Кроме того, важным фактором, влияющим на сроки гнездования, является температура воздуха. Со среднесуточной температурой обнаруженная корреляция недостоверна ($r=0,70$; $n=8$; $P=0,05$), но выявлена достоверная корреляция с датой устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C ($r=0,78$; $P=0,04$; $n=8$; рис. 1г).

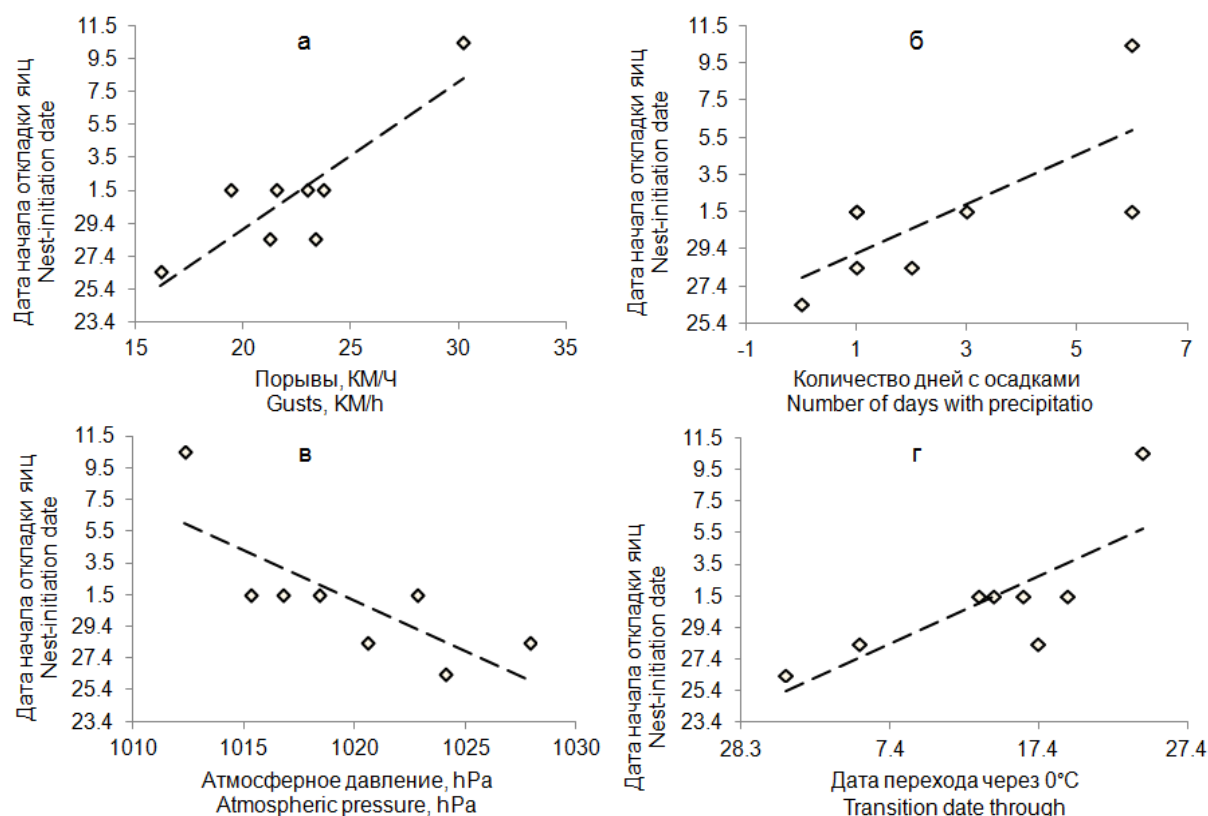


Рисунок 1. Зависимость даты начала откладки яиц сизой чайкой от порывов ветра (а), количества дней с осадками (б) и атмосферного давления (в) во вторую декаду апреля и от даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C (г). Прямые соответствуют линиям простой линейной регрессии

Figure 1. Dependence of egg-laying onset dates of the common gull on gusts of wind (а), number of days with precipitation (б) and atmospheric pressure (в) during the second decade of April and the transition date at which the average daily air temperature rose above 0°C (г). The lines indicate simple linear regression lines

Следовательно, важнейшие погодные факторы, влияющие на время появления первых яиц в колонии сизой чайки в нашем регионе, – это повышение скорости ветра, атмосферное давление, количество выпавших осадков во вторую декаду апреля и дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C. Именно их совместное влияние лучше всего объясняет время начала размножения ($R^2=0,98$; $F_{[4,3]}=31,90$; $n=8$; $P=0,008$).

Хотя температура не является полным описанием всех условий в местах гнездования, во многих исследованиях рассматривается только этот фактор. Уникальное многолетнее исследование гнездования сизой чайки было выполнено в Эстонии [19]. На протяжении 37 лет проведено кольцевание самок и их потомства, прослежены даты начала откладки яиц у более 2000 индивидуально меченых птиц. Обнаружена зависимость начала откладки яиц от весенней температуры, но не все самки в одинаковой степени сдвигали откладку яиц на ранние сроки в более теплые года. Авторы предполагают, что способность варьировать сроками откладки яиц является наследственным признаком у самок сизой чайки. Паканен [20], изучая еще одного представителя семейства *Laridae*, малую крачку (*Sternula albifrons*), также установил, что начало гнездования определяется местными температурными условиями, предшествующими формированию колонии.

Температурные условия весны важны для фенологии размножения и других видов водоплавающих и околоводных птиц. По литературным данным у краснозобой казарки (*Branta ruficollis*) дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C определяет время прилета и начала насиживания. Этот показатель можно использовать для прогноза даты массового вывода птенцов [21]. Даты начала гнездования уток в Северной Кулунде тесно связаны с весенними температурами, предшествующими сезону размножения [22; 23]. У большого веретенника (*Limosa limosa islandica*), гнездящегося по всей равнинной Исландии, смещение начала откладки яиц и даты вылупления на ранние сроки тем сильнее, чем выше средняя температура весны [24]. Откладка яиц у толстоклювой кайры (*Uria lomvia*), обыкновенной моевки (*Rissa tridactyla*) и бургомистра (*Larus hyperboreus*), гнездящихся в Арктике, сдвигается на позднее время в годы, когда наблюдалась холодная весна [25]. Обильный снеговой покров приводит к более позднему началу гнездования большого белого гуся (*Chen caerulescens atlantica*) [26] и уменьшению способности к размножению (вероятности того, что половозрелая взрослая особь будет размножаться) [27]. Реакция видов на температурные колебания имеет географические различия и может изменяться со временем. Несмотря на тенденцию к потеплению в Арктике, сроки откладки яиц большого белого гуся на

протяжении 25 лет осталась практически неизменными [28].

Для анализа межгодовых изменений сроков размножения птиц рекомендуют использовать не только дату появления первых яиц в первых гнездах, но и среднюю дату откладки первых яиц в колонии, то есть дату, когда откладка яиц начата в половине обнаруженных гнезд [29]. Этот показатель более информативен при межгодовых сравнениях, дает оценку сроков гнездования колонии в целом, поскольку в меньшей степени зависит от количества обнаруженных самых ранних гнезд.

Наблюдения показали, что средняя дата откладки первых яиц у сизой чайки изменяется в пределах от 2 до 21 мая. Главным фактором, определяющим ее, служат осадки. Отмечена близкая к

достоверной корреляция с количеством дней с осадками во вторую декаду апреля ($r=0,70$; $n=8$; $P=0,05$). Вероятно, отсутствие зависимости между средней датой откладки яиц и погодными условиями у сизой чайки связано с длительностью периода гнездования. В разные годы не одни и те же факторы становятся определяющими в сдерживании гнездования, как будет показано ниже. Откладка яиц в разные годы продолжается от 15 (2007 год) до 35 (1997 год) дней.

Вслед за рядом автором [30; 31] мы отметили интересную закономерность: чем раньше весной происходил переход среднесуточных температур через 0°C , тем длиннее был временной интервал от этой даты до средней даты откладки первых яиц ($r=-0,85$; $n=8$; $P=0,008$). В годы с холодной весной он был 11-12 дней, а в годы с теплой весной – 23-24 дня (рис. 2).

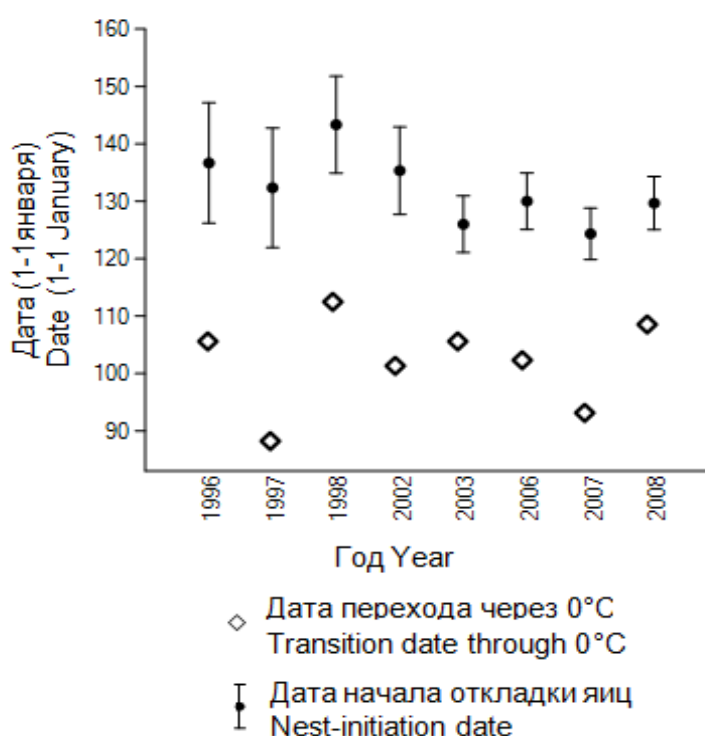


Рисунок 2. Даты начала откладки яиц в первом и последнем (усики) обнаруженном гнезде на колонии сизой чайки, средние даты начала откладки яиц (закрашенные кружки) и даты устойчивого перехода температуры воздуха через 0°C (незакрашенные ромбики), оз. Большие Чаны, 1996-2008 гг.

Figure 2. Dates of egg-laying onset of first and last nests (vertical symbols) found in the common gull colony, median nest-initiation dates (filled circles) and dates of transition of average daily air temperature above 0°C (open rhombus), Lake Bolshie Chany, 1996-2008

Мы не обнаружили достоверных сдвигов на более раннее время за 12-летний период, охваченный нашими наблюдениями, ни сроков появления первых гнезд, ни средних дат откладки яиц в колонии (тест Манна-Кендалла, $P>0,08$).

Следующий немаловажный показатель хода размножения птиц – интенсивность гнездования, то есть количество птиц, приступивших к откладке яиц за определенный день. Интенсивность откладки яиц у сизой чайки связана с температурой воздуха. Достоверные значения корреляции с температурой воздуха в день откладки яиц отмечены в 2002 году), несколько слабее в 2006 и 2007 годах (табл. 1). Более того, обнаружена корреляция с температурой воздуха в предыдущие сутки в 1996, 2002 и 2007 и за двое суток до даты начала откладки яиц в 1996 году.

В 1997, 1998 и 2003 годах обнаружена отрицательная корреляция между температурой воздуха и количеством начатых гнезд за сутки (табл. 1). В 1998 году вероятно сказывается не величина температуры воздуха, а ее изменение в течение двух дней до откладки яиц (t_{ev} : $r_s=0,36$; $n=30$; $P=0,01$). В 2003 году отрицательная корреляция с температурой воздуха, вероятно, связана с тем, что откладка яиц началась сразу после ослабления ветра (изменение скорости ветра за трое суток до откладки яиц $r_s=-0,50$; $n=20$; $P=0,05$; изменение силы порывов за трое суток до откладки яиц $r_s=-0,49$; $n=20$; $P=0,05$) на фоне низкой температуры при ее слабом росте (рис. 3), как следствие, пик начала откладки яиц пришелся на период с низкой температурой. В 1997 году не было сильных колебаний температуры, и период откладки

яиц был растянут почти на месяц (рис. 2), в результате наблюдали естественное угасание начала откладки яиц

в условиях высоких значений температуры в конце мая.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции Спирмена (r_s) между долей начатых гнезд сизой чайки и погодой за двое суток (1), за сутки (2) и в день начала откладки яиц (3) (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$)

Table 1. Spearman's rank correlation coefficients (r_s) between the proportion of nests initiated by the common gulls and the weather conditions for two days (1), for one day (2) and on the day of the first egg laying (3) (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$)

Год Year	n	Среднесуточная температура воздуха Average daily air temperature			Минимальная температура воздуха Daily minimum air temperature			Атмосферное давление Atmospheric pressure		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996	36	0,49**	0,37*	0,09	0,47**	0,41**	0,08	-0,26	-0,31	-0,24
1997	35	-0,40*	-0,28	-0,40*	-0,53**	-0,30	-0,34*	-0,11	-0,13	-0,06
1998	30	-0,57**	-0,07	-0,33	-0,60**	-0,18	-0,40*	0,31	0,19	0,52**
2002	25	0,16	0,40*	0,49**	0,14	0,47*	0,51**	-0,28	-0,43	-0,53**
2003	20	-0,83**	-0,87**	-0,09	-0,74**	-0,85**	-0,07	-0,49*	-0,45	-0,31
2006	18	0,41	0,54*	0,56*	0,15	0,36	0,51*	0,53*	0,40	0,26
2007	16	0,22	0,50*	0,69**	0,31	0,47	0,59*	0,00	0,21	0,02
2008	17	-0,18	-0,16	-0,3	-0,11	-0,24	-0,27	0,09	0,12	0,11

Кроме температуры воздуха, откладка яиц может задерживаться при прочих неблагоприятных погодных условиях [32]. Вероятно, подобная ситуация была в 1998 и 2003 годах. В 1998 году дожди продолжались до 12 мая на фоне резкого изменения атмосферного давления, и массовая откладка яиц началась после прекращения осадков при сильном росте атмосферного давления ($r_s = 0,52$; $n = 30$; $P < 0,01$; табл. 1). В 2003 году, как сказано выше, откладка яиц началась только после прекращения затяжных дождей. Более того, осадки не только задерживают начало гнездования колонии, но и способны приостановить откладку яиц в середине сезона размножения. В 2008 году дождь отмечен один раз за весь период откладки яиц, и сопровождался значительным снижением количества начатых в этот день кладок. В 2007 году на фоне понижения температуры начались моросящие дожди ($r_s = -0,53$; $n = 18$; $P < 0,05$). На четвертый день такой погоды откладка яиц прекратилась полностью и возобновилась только после увеличения минимальной температуры до 5°C . Подобную картину наблюдали в 1996 году. В середине периода откладки яиц произошло резкое похолодание, сопровождающееся сильными дождями, в результате гнездование было остановлено (рис. 3). То есть дожди, продолжающиеся несколько дней, и низкий температурный фон способны приостановить откладку яиц в колонии. Вероятно, наблюдаемая зависимость связана с тем, что самки испытывают голод, и просто не могут сформировать и отложить яйцо.

Мы проанализировали влияние локальных погодных условий на сроки гнездования сизой чайки на островах оз. Большие Чаны. Изменения локальной погоды в умеренном поясе часто обусловлены изменениями в больших географических областях за счет циркуляции атмосферных течений планетарного масштаба. Поэтому в последнее время при объяснении хода экологических событий все большее внимание уделяют крупномасштабным

(глобальным) закономерностям изменчивости климата [33-35]. Для них рассчитывают соответствующие индексы. Использование этих индексов облегчается тем, что они находятся в свободном доступе на сайтах разных климатологических организаций. Под влиянием глобальных атмосферных циркуляций находятся не только места гнездования, но и места зимовки. Условия зимовки могут оказывать влияние на сроки весенней миграции и отдаленно на сроки начала гнездования птиц [36; 37]. Был проведен корреляционный анализ параметров местной погоды и сроков гнездования сизой чайки с некоторыми глобальными климатическими характеристиками, действующими на территории Евразии на протяжении всего года: Северо-Атлантической осцилляцией (NAO, North Atlantic Oscillation), Восточно-Атлантической-Западно-Российской (EAWR – East Atlantic/Western Russia), Западно-Тихоокеанской (WP – West Pacific).

За период нашей работы наиболее тесная связь местных погодных показателей обнаружена с индексом EAWR за сезон февраль-март-апрель. При высоких значениях индекса наблюдается повышение средней температуры во второй декаде апреля ($r = 0,74$; $n = 8$; $P = 0,04$) и среднего атмосферного давления за декаду ($r = 0,76$; $n = 8$; $P = 0,03$), а также снижение средней силы порывов ветра ($r = -0,71$; $n = 8$; $P < 0,05$) и более ранний переход даты устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0°C ($r = -0,90$; $n = 8$; $P = 0,002$). Следовательно, глобальные климатические процессы с положительными значениями индекса обуславливают приход ранней теплой весны, с меньшей вероятностью осадков. У сизой чайки на оз. Чаны наблюдали раннее начало откладки яиц в годы с более высоким индексом EAWR ($r = -0,90$; $n = 8$; $P = 0,002$). То есть одна эта переменная объясняет 81% изменений сроков начала гнездования сизой чайки на островах оз. Чаны ($R^2 = 0,81$; $F_{1,6} = 25,5$; $n = 8$; $P = 0,002$).

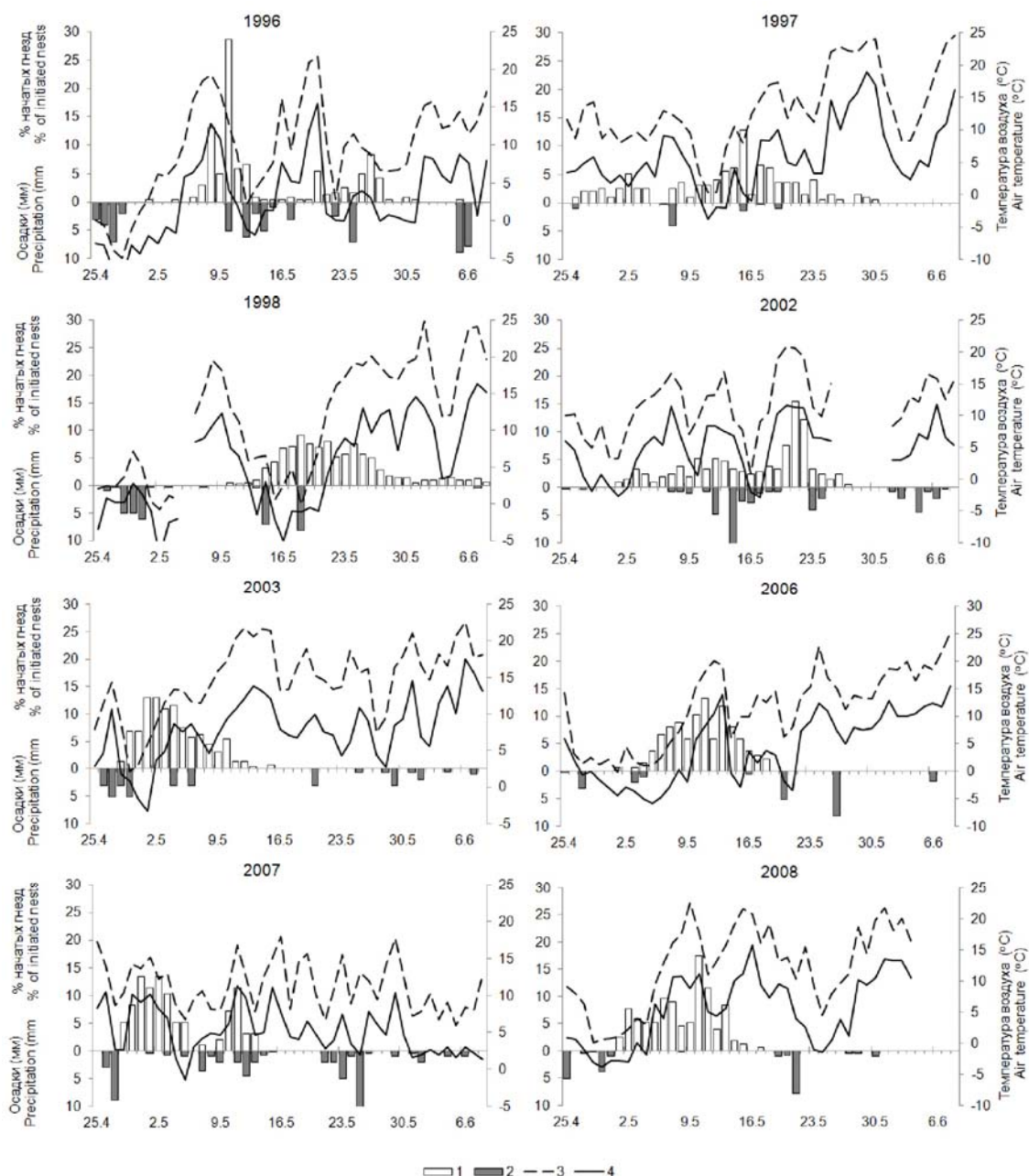


Рисунок 3. Динамика интенсивности откладки яиц сизой чайкой и погодные условия:

1 – доля начатых гнезд, 2 – количество выпавших осадков, 3 – среднесуточная температура, 4 – минимальная температура

Figure 3. Changes in the intensity of egg laying by the common gull and weather conditions:

1 – proportion of nests initiated (%) per day, 2 – amount of precipitation, 3 – average daily air temperature, 4 – daily minimum air temperature

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Время начала гнездования у сизой чайки определяется погодными условиями, сложившимися на местах гнездования во вторую половину апреля. Время появления первых кладок в колонии зависит от силы ветра (порывы, км/ч), количества дождливых дней и связанного с ним атмосферного давления во вторую декаду апреля. Кроме перечисленных факторов немаловажен температурный фон весны, то есть дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C . Интенсивность начала гнездования также напрямую связана с погодными условиями. Выявлена зависимость между температурой воздуха и долей начатых гнезд в годы с нестабильным ходом температуры. В годы, когда отмечены значительные

колебания температуры воздуха, откладка яиц происходит в течение 1-3 дней потепления. В годы, когда температура растет равномерно, на первое место выходят другие факторы, например, количество выпавших осадков или скорость ветра. Если похолодание наблюдается во время откладки яиц и сопровождается дождями, то возможно полное прекращение откладки яиц до улучшения погоды. Погодные условия на юге Западной Сибири зависели от значения индекса Восточная-Атлантика-Западная-Россия. Положительные значения индекса в период с февраля по апрель способствовали приходу ранней теплой весны с низкой вероятностью осадков, что в свою очередь приводило к раннему началу откладки яиц сизой чайки.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Спасибо Селивановой М.А. (ИСИЭЖ СО РАН) за помощь в написании статьи, Михантьеву А.И. за ценные замечания и советы. Исследование поддержано Программой фундаментальных научных исследований (ФНИ) государственных академий наук на 2013-2020 гг., проект № VI.51.1.8 (AAAA-A16-116121410118-7).

ACKNOWLEDGMENT

Thanks to M.A. Selivanova (ISEA SB RAS) for her help in writing this paper and to A.I. Mikhantye for his valuable comments and advice. The study was supported by the Federal Fundamental Scientific Research Programme for 2013-2020 (AAAA-A16-116121410118-7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pulido F., Berthold P. Microevolutionary response to climate change // *Advances in Ecological Research*. 2004. V. 35. P. 151-183. DOI: 10.1016/S0065-2504(04)35008-7
2. Dunn P. Breeding dates and reproductive performance // *Advances in Ecological Research*. 2004. V. 35. P. 69-87. DOI: 10.1016/S0065-2504(04)35004-X
3. Socolar J.B., Epanchin P.N., Beissinger S.R., Tingley M.W. Phenological shifts conserve thermal niches // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017. V. 114. Iss. 49. P. 12976-12981. DOI: 10.1073/pnas.1705897114
4. Saalfeld S.T., McEwen D.C., Kesler D.C., Butler M.G., Cunningham J.A., Doll A.C., English W.B., Gerik D.E., Grond K., Herzog P., Hill B.L., Lagassé B.J., Lanctot R.B. Phenological mismatch in Arctic-breeding shorebirds: Impact of snowmelt and unpredictable weather conditions on food availability and chick growth // *Ecology and Evolution*. 2019 V. 9. Iss. 11. P. 6693-6707. DOI: 10.1002/ece3.5248
5. Van den Hoff J. Environmental constraints on the breeding phenology of giant *Macronectes* spp., with emphasis on southern giant petrels *M. giganteus* // *Marine Ornithology*. 2020. V. 48. N 3. P. 33-40.
6. Halupka L., Czyż B., Macías Dominguez C.M. The effect of climate change on laying dates, clutch size and productivity of Eurasian Coots *Fulica atra* // *International Journal of Biometeorology*. 2020. V. 64. P. 1857-1863. DOI: 10.1007/s00484-020-01972-3
7. Gaston A.J., Gilchrist H.G., Mallory M., Smith P.A. Changes in seasonal events, peak food availability, and consequent breeding adjustment in a marine bird: a case of progressive mismatching // *The Condor*. 2009. V. 111. Iss. 1. P. 111-119. DOI: 10.1525/cond.2009.080077
8. Jones L.R. The effect of photoperiod and temperature on the testicular growth in captive black-billed magpies // *The Condor*. 1986. V. 88. Iss. 1. P. 91-93. DOI: 10.2307/1367759
9. Schaper S.V., Dawson A., Sharp P.J., Gienapp P., Caro S.P., Visser M.E. Increasing Temperature, Not Mean Temperature, Is a Cue for Avian Timing of Reproduction // *The American Naturalist*. 2012. V. 179. Iss. 2. P. E55-E69. DOI: 10.1086/663675
10. Meijer T., Nienaber U., Langer U., Trillmich F. Temperature and timing of egg-laying of European Starlings // *The Condor*. 1999. V. 101. Iss. 1. P. 124-132. DOI: 10.2307/1370453
11. Møller A.P., Fiedler W., Berthold P., eds. Effects of climate change on birds. Oxford University Press. 2010. 321 p.
12. Charmantier A., Gienapp P. Climate change and timing of avian breeding and migration: evolutionary versus plastic changes // *Evolutionary Applications*. 2014. V. 7. Iss. 1. P. 15-28. DOI: 10.1111/eva.12126
13. Thackeray S.J., Henrys P.A., Hemming D., Bell J.R., Botham M.S., Burthe S., Helaouet P., Johns D.G., Jones I.D., Leech D.I., Mackay E.B., Massimino D., Atkinson S., Bacon P.J., Brereton T.M., Carvalho L., Clutton-Brock T.H., Duck C., Edwards M., Elliott J.M., Hall S.J., Harrington R., Pearce-Higgins J.W., Høye T.T., Kruuk L.E., Pemberton J.M., Sparks T.H., Thompson P.M., White I., Winfield I.J., Wanless S. Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels // *Nature*. 2016. V. 14. Iss. 535. P. 241-245. DOI: 10.1038/nature18608
14. Praetorius S., Rugenstein M., Persad G., Caldeira K. Global and Arctic climate sensitivity enhanced by changes in North Pacific heat flux // *Nature Communications*. 2018. V. 9. Article number: 3124. DOI: 10.1038/s41467-018-05337-8
15. Hällfors M.H., Antão L.H., Itter M., Leikoinen A., Lindholm T., Roslin T., Saastamoinen M. Shifts in timing and duration of breeding for 73 boreal bird species over four decades // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. V. 117. Iss. 31. P. 18557-18565. DOI: 10.1073/pnas.1913579117
16. Kirtman S.B., Power S.B., Adedoyin A.J., Boer G.J., Bojariu R., Camilloni I., Doblas-Reyes F.J., Fiore A.M., Kimoto M., Meehl G.A. Near-term climate change: Projections and predictability // *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. 2014. P. 953-1028. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.023
17. Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Eeva T., Enemar A., Gustafsson L., Ivankina E.V., Järvinen A., Metcalfe N.B., Nyholm N.E.I., Potti J., Ravussin P.-A., Sanz J.J., Silverin B., Slater F.M., Sokolov L.V., Török J., Winkel W., Wright J., Zang H., Visser M.E. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2004. V. 271. P. 1657-1662. DOI: 10.1098/rspb.2004.2770
18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4. N. 1. Art. 4. 9 p. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. (дата обращения: 10.09.2020)
19. Brommer J.E., Rattiste K., Wilson A.J. Exploring plasticity in the wild: laying date-temperature reaction norms in the common gull *Larus canus* // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. V. 275. Iss. 1635. P. 687-693. DOI: 10.1098/rspb.2007.0951
20. Pakanen V.-T. Large scale climate affects the timing of spring arrival but local weather determines the start of breeding in a northern Little Tern (*Sternula albifrons*) population // *Ornis Fennica*. 2018. V. 95. N. 4. P. 178-184.
21. Костин И.О. Влияние климата на состояние таймырской популяции краснозобой казарки // *Вопросы охотн. орнитологии*. М., 1986. С. 81-93.
22. Михантьев А.И., Селиванова М.А. Сроки размножения кряквы (*Anas platyrhynchos*) в Северной Кулунде и их зависимость от внешних факторов // *Сибирский экологический журнал*. 1996. N 3. С. 285-293.
23. Михантьев А.И., Селиванова М.А. Экологические основы прогнозирования продуктивности и численности уток // *Казарка*. 2009. Т. 12. Вып. 1. С. 47-67.
24. Alves J.A., Gunnarsson T.G., Sutherland W.J., Potts P.M., Gill J.A. Linking warming effects on phenology,

- demography, and range expansion in a migratory bird population // *Ecology and Evolution*. 2019 V. 9. Iss. 5. P. 2365-2375. DOI: 10.1002/ece3.4746
25. Gaston A.J., Gilchrist H.G., Mallory M.L. Variation in ice conditions has strong effects on the breeding of marine birds at Prince Leopold Island, Nunavut // *Ecography*. 2005. V. 28. Iss. 3. P. 331-344. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2005.04179.x
26. Bêty J., Gauthier G., Giroux J.-F. Body condition, migration, and timing of reproduction in snow geese: a test of the condition dependent model of optimal clutch-size // *The American Naturalist*. 2003. V. 162. Iss. 1. P. 110-121. DOI: 10.1086/375680
27. Reed E.T., Gauthier G., Giroux J.-F. Effects of spring conditions on breeding propensity of Greater Snow Goose females // *Animal Biodiversity and Conservation*. 2004. V. 27. Iss. 1. P. 35-46.
28. Reséndiz-Infante C., Gauthier G., Souchay G. Consequences of a changing environment on the breeding phenology and reproductive success components in a long-distance migratory bird // *Population Ecology*. 2020. V. 62. Iss. 2. P. 284-296. DOI: 10.1002/1438-390X.12046
29. Онно С. Время гнездования у водоплавающих и прибрежных птиц в Матсалуском заповеднике (Эстонская ССР) // *Сообщение Прибалтийской комиссии по изучению миграций птиц*. Тарту. 1975. Т. 8. С. 107-155.
30. Arzel C., Dessborn L., Pöysä H., Elmberg J., Nummi P., Sjöberg K. Early springs and breeding performance in two sympatric duck species with different migration strategies // *Ibis*. 2014. V. 156. Iss. 2. P. 288-298. DOI: 10.1111/ibi.12134
31. Авилова К.В. Жизненный цикл и динамика численности городской популяции кряквы (*Anas platyrhynchos*, Anseriformes, Aves) в Москве // *Зоологический журнал*. 2016. Т. 95. N. 12. С. 1427-1440. DOI: 10.7868/S0044513416120059
32. Mølte H., Piersma T., Boyd H., McCaffery B., Ganter B., Golovnyuk V.V., Graham K., Gratto-Trevor C.L., Morrison R.I.G., Nol E., Rösner H.-U., Schamel D., Schekkerman H., Soloviev M.Y., Tomkovich P.S., Tracy D.M., Tulp I., Wennerberg L. Effects of climate variation on the breeding ecology of Arctic shorebirds. Meddelelser om Grønland Bioscience. V. 59. Copenhagen, Danish Polar Center, 2007. 49 p.
33. Stenseth N.Chr., Ottersen G., Hurrell J.W., Mysterud A., Lima M., Chan K.-S., Yoccoz N.G., Ådlandsvik B. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2003. V. 270. Iss. 1529. P. 2087-2096. DOI: 10.1098/rspb.2003.2415
34. Fife D.T., Davis S.E., Robertson G.J., Gilchrist H., Stenhouse I., Shutler D., Mallory M. Correlating tropical climate with survival of an Arctic-breeding, trans-equatorial migrant seabird // *Arctic Science*. 2018. V. 4. Iss. 4. P. 656-668. DOI: 10.1139/as-2017-0018
35. Price C., Hartmann K., Emery, T., Woehler E., McMahon C.R. Hindell M.A. Climate variability and breeding parameters of a trans-hemispheric migratory seabird over seven decades // *Marine Ecology Progress Series*. 2020. V. 642. P. 191-205. DOI: 10.3354/meps13328
36. Szostek K.L., Bouwhuis S., Becker P.H. Are arrival date and body mass after spring migration influenced by large scale environmental factors in a migratory seabird? // *Front. Ecol. Evol.* V. 3. Article 42. DOI: 10.3389/fevo.2015.00042
37. Dobson F.S., Becker P.H., Arnaud C.M., Bouwhuis A.C. Plasticity results in delayed breeding in a long-distant migrant seabird // *Ecology and Evolution*. V. 7. Iss. 9. P. 3100-3109. DOI: 10.1002/ece3.2777

REFERENCES

- Pulido F., Berthold P. Microevolutionary response to climate change. *Advances in Ecological Research*, 2004, vol. 35, pp. 151-183. DOI: 10.1016/S0065-2504(04)35008-7
- Dunn P. Breeding dates and reproductive performance. *Advances in ecological research*, 2004, vol. 35, pp. 69-87. DOI: 10.1016/S0065-2504(04)35004-X
- Socolar J.B., Epanchin P.N., Beissinger S.R., Tingley M.W. Phenological shifts conserve thermal niches. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, vol. 114, iss. 49, pp. 12976-12981. DOI: 10.1073/pnas.1705897114
- Saalfeld S.T., McEwen D.C., Kesler D.C., Butler M.G., Cunningham J.A., Doll A.C., English W.B., Gerik D.E., Grond K., Herzog P., Hill B.L., Lagassé B.J., Lanctot R.B. Phenological mismatch in Arctic-breeding shorebirds: Impact of snowmelt and unpredictable weather conditions on food availability and chick growth. *Ecology and Evolution*, 2019, vol. 9, iss. 11, pp. 6693-6707. DOI: 10.1002/ece3.5248
- Van den Hoff J. Environmental constraints on the breeding phenology of giant *Macronectes* spp., with emphasis on southern giant petrels *M. giganteus*. *Marine Ornithology*, 2020, vol. 48, no. 3, pp. 33-40.
- Halupka L., Czyż B., Macias Dominguez C.M. The effect of climate change on laying dates, clutch size and productivity of Eurasian Coots *Fulica atra*. *International Journal of Biometeorology*, 2020, vol. 64, pp. 1857-1863. DOI: 10.1007/s00484-020-01972-3
- Gaston A.J., Gilchrist H.G., Mallory M., Smith P.A. Changes in seasonal events, peak food availability, and consequent breeding adjustment in a marine bird: a case of progressive mismatching. *The Condor*, 2009, vol. 111, iss. 1, pp. 111-119. DOI: 10.1525/cond.2009.080077
- Jones L.R. The effect of photoperiod and temperature on the testicular growth in captive black-billed magpies. *The Condor*, 1986, vol. 88, iss. 1, pp. 91-93. DOI: 10.2307/1367759
- Schaper S.V., Dawson A., Sharp P.J., Gienapp P., Caro S.P., Visser M.E. Increasing Temperature, Not Mean Temperature, Is a Cue for Avian Timing of Reproduction. *The American Naturalist*, 2012, vol. 179, iss. 2, pp. E55-E69. DOI: 10.1086/663675
- Meijer T., Nienaber U., Langer U., Trillmich F. Temperature and timing of egg-laying of European Starlings. *The Condor*, 1999, vol. 101, iss. 1, pp. 124-132. DOI: 10.2307/1370453
- Møller A.P., Fiedler W., Berthold P., eds. Effects of climate change on birds. Oxford University Press, 2010, 321 p.
- Charmantier A., Gienapp P. Climate change and timing of avian breeding and migration: evolutionary versus plastic changes. *Evolutionary Applications*, 2014, vol. 7, iss. 1, pp. 15-28. DOI: 10.1111/eva.12126
- Thackeray S.J., Henrys P.A., Hemming D., Bell J.R., Botham M.S., Burthe S., Helaouet P., Johns D.G., Jones I.D., Leech D.I., Mackay E.B., Massimino D., Atkinson S., Bacon P.J., Brereton T.M., Carvalho L., Clutton-Brock T.H., Duck C., Edwards M., Elliott J.M., Hall S.J., Harrington R., Pearce-

- Higgins J.W., Høye T.T., Kruuk L.E., Pemberton J.M., Sparks T.H., Thompson P.M., White I., Winfield I.J., Wanless S. Phenological sensitivity to climate across taxa and trophic levels. *Nature*, 2016, vol. 14, iss. 535, pp. 241-245. DOI: 10.1038/nature18608
14. Praetorius S., Rugenstein M., Persad G., Caldeira K. Global and Arctic climate sensitivity enhanced by changes in North Pacific heat flux. *Nature Communications*, 2018, vol. 9, Article number: 3124. DOI: 10.1038/s41467-018-05337-8
15. Hällfors M.H., Antão L.H., Itter M., Lehikoinen A., Lindholm T., Roslin T., Saastamoinen M. Shifts in timing and duration of breeding for 73 boreal bird species over four decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, vol. 117, iss. 31, pp. 18557-18565. DOI: 10.1073/pnas.1913579117
16. Kirtman S.B., Power S.B., Adedoyin A.J., Boer G.J., Bojariu R., Camilloni I., Doblas-Reyes F.J., Fiore A.M., Kimoto M., Meehl G.A. Near-term climate change: Projections and predictability. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2014, pp. 953-1028. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.023
17. Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Eeva T., Enemar A., Gustafsson L., Ivankina E.V., Järvinen A., Metcalfe N.B., Nyholm N.E.I., Potti J., Ravussin P.-A., Sanz J.J., Silverin B., Slater F.M., Sokolov L.V., Török J., Winkel W., Wright J., Zang H., Visser M.E. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2004, vol. 271, pp. 1657-1662. DOI: 10.1098/rspb.2004.2770
18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, art. 4, 9 p. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. (accessed 10.09.2020)
19. Brommer J.E., Rattiste K., Wilson A.J. Exploring plasticity in the wild: laying date-temperature reaction norms in the common gull *Larus canus*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, vol. 275, iss. 1635, pp. 687-693. DOI: 10.1098/rspb.2007.0951
20. Pakanen V.-T. Large scale climate affects the timing of spring arrival but local weather determines the start of breeding in a northern Little Tern (*Sternula albifrons*) population. *Ornis Fennica*, 2018, vol. 95, no. 4, pp. 178-184.
21. Kostin I.O. [Influence of climate on the state of the Taimyr population of the red-breasted goose]. In: *Voprosy okhotn. ornitologii* [Hunting ornithology issues]. Moscow, 1986, pp. 81-93. (In Russian)
22. Mikhantsev A.I., Selivanova M.A. The timing of breeding of the Mallard (*Anas platyrhynchos*) in Northern Kulunda and their dependence from environmental factors. *Sibirskiy ekologicheskii zhurnal* [Siberian Journal of Ecology]. 1996, no. 3, pp. 285-293. (In Russian)
23. Mikhantsev A.I., Selivanova M.A. Ecological bases for the prediction of the productivity and abundance of breeding ducks. *Kazarka* [Casarca]. 2009, vol. 12, iss. 1, pp. 47-67. (In Russian)
24. Alves J.A., Gunnarsson T.G., Sutherland W.J., Potts P.M., Gill J.A. Linking warming effects on phenology, demography, and range expansion in a migratory bird population. *Ecology and Evolution*, 2019, vol. 9, iss. 5, pp. 2365-2375. DOI: 10.1002/ece3.4746
25. Gaston A.J., Gilchrist H.G., Mallory M.L. Variation in ice conditions has strong effects on the breeding of marine birds at Prince Leopold Island, Nunavut. *Ecography*, 2005, vol. 28, iss. 3, pp. 331-344. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2005.04179.x
26. Bêty J., Gauthier G., Giroux J.-F. Body condition, migration, and timing of reproduction in snow geese: a test of the condition dependent model of optimal clutch-size. *The American Naturalist*, 2003, vol. 162, iss. 1, pp. 110-121. DOI: 10.1086/375680.
27. Reed E.T., Gauthier G., Giroux J.-F. Effects of spring conditions on breeding propensity of Greater Snow Goose females. *Animal Biodiversity and Conservation*, 2004, vol. 27, no. 1, pp. 35-46.
28. Reséndiz-Infante C., Gauthier G., Souchay G. Consequences of a changing environment on the breeding phenology and reproductive success components in a long-distance migratory bird. *Population Ecology*, 2020, vol. 62, iss. 2, pp. 284-296. DOI: 10.1002/1438-390X.12046
29. Onno S. Nesting time of waterfowl and coastal birds in the Matsalu nature reserve (Estonian SSR). *Soobshchenie Pribaltiiskoi komissii po izucheniyu migratsii ptits* [Report of the Baltic Commission for the Study of Bird Migration]. Tartu, 1975, vol. 8, pp. 107-155. (In Russian)
30. Arzel C., Dessborn L., Pöysä H., Elmberg J., Nummi P., Sjöberg K. Early springs and breeding performance in two sympatric duck species with different migration strategies. *Ibis*, 2014, vol. 156, iss. 2, pp. 288-298. DOI: 10.1111/ibi.12134
31. Avilova K. The life cycle and numbers dynamics of the urban mallard population (*Anas platyrhynchos*, anseriformes, aves) in Moscow. *Zoologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 95, no. 12, pp. 1427-1440. DOI: 10.7868/S0044513416120059 (In Russian)
32. Meltøfte H., Piersma T., Boyd H., McCaffery B., Ganter B., Golovnyuk V.V., Graham K., Gratto-Trevor C.L., Morrison R.I.G., Nol E., Rösner H.-U., Schamel D., Schekkerman H., Soloviev M.Y., Tomkovich P.S., Tracy D.M., Tulp I., Wennerberg L. Effects of climate variation on the breeding ecology of Arctic shorebirds. *Meddelelser om Grønland Bioscience*, vol. 59, Copenhagen, Danish Polar Center, 2007, 49 p.
33. Stenseth N.Chr., Ottersen G., Hurrell J.W., Mysterud A., Lima M., Chan K.-S., Yoccoz N.G., Ådlandsvik B. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: The North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 2003, vol. 270, iss. 1529, pp. 2087-2096. DOI: 10.1098/rspb.2003.2415
34. Fife D., Davis S., Robertson G., Gilchrist H., Stenhouse I., Shutler D., Mallory M. Correlating tropical climate with survival of an Arctic-breeding, trans-equatorial migrant seabird. *Arctic Science*, 2018, vol. 4, iss. 3, pp. 656-668. DOI: 10.1139/as-2017-0018
35. Price C., Hartmann K., Emery T., Woehler E., McMahon C.R., Hindell M.A. Climate variability and breeding parameters of a trans-hemispheric migratory seabird over seven decades. *Marine Ecology Progress Series*, 2020, vol. 642, pp. 191-205. DOI: 10.3354/meps13328
36. Szostek K. L., Bouwhuis S., Becker P.H. Are arrival date and body mass after spring migration influenced by large scale environmental factors in a migratory seabird? *Front. Ecol. Evol.*, vol. 3, article 42. DOI: 10.3389/fevo.2015.00042
37. Dobson F.S., Becker P.H., Arnaud C.M., Bouwhuis A.C. Plasticity results in delayed breeding in a long-distant migrant seabird. *Ecology and Evolution*, 2017, vol. 7, no. 9, pp. 3100-3109. DOI: 10.1002/ece3.2777

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Мария Ю. Гарюшкина собрала данные, провела анализ данных и написала рукопись. Александр К. Юрлов собрал данные, консультировал в анализе данных и осуществлял общее руководство в подготовке рукописи. 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

Maria Yu. Garyushkina collected data, analysed the data and wrote the manuscript. Alexander K. Yurlov collected data, advised on data analysis and provided general guidance in preparing the manuscript. 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

Мария Ю. Гарюшкина / Maria Yu. Garyushkina <https://orcid.org/0000-0002-0280-9175>

Оригинальная статья / Original article
УДК 98.243.8: 591.5
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-19-32

Влияние неродственных контактов на формирование поведенческих типов у птенцов озёрной чайки

Мария А. Минина¹, Алексей В. Друзяка^{1,2}

¹Институт Систематики и Экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия

²НИУ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Контактное лицо

Алексей В. Друзяка, кандидат биологических наук, научный сотрудник, лаборатория поведенческой экологии сообществ, Институт систематики и экологии животных; 630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11. Тел. +79232273238
Email decartez@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3597-1283>

Формат цитирования

Минина М.А., Друзяка А.В. Влияние неродственных контактов на формирование поведенческих типов у птенцов озёрной чайки // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 19-32. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-19-32

Получена 20 января 2021 г.
Прошла рецензирование 16 марта 2021 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Развитие поведенческих типов в онтогенезе и влияние на них средовых, особенно социальных факторов, почти не изучено для природных популяций животных. Мы исследовали влияние плотности неродственного социального окружения на онтогенез поведения свободноживущих птенцов озёрной чайки (*Chroicocephalus ridibundus*).

Материал и методы. Для того чтобы исключить влияние взаимоотношений с родными родителями на развитие поведения птенцов, 21 кладку озёрной чайки перенесли из родных гнёзд в приёмные, так, чтобы разрушить отрицательную связь между агрессивностью родных родителей и плотностью соседского окружения. Поведенческие типы птенцов определяли последовательным тестированием на арене «Открытого поля» в возрасте 2-3, 8-9 и 14-15 дней.

Результаты. Родительские пары, эффективно препятствовавшие близкому подселению соседей на стадии постройки гнёзд, выращивали более активное потомство. Поведение птенцов, выращенных приёмными родителями, наоборот, было тем более пассивным, чем меньше неродственных птенцов жило поблизости, и не было связано с агрессивностью родных родителей.

Заключение. Наша работа демонстрирует роль неродственного социального окружения в онтогенезе поведенческих типов у колониальных птиц. Мы полагаем, что разнонаправленные влияния родителей и соседей оптимизируют траектории развития поведенческих типов на индивидуальном уровне, повышая шансы птенцов на выживание в разнообразной и изменчивой среде гнездовой колонии.

Ключевые слова

Персоналии животных, чайковые птицы, колониальность, плотность гнездования, замена родителей, тест «Открытое поле».

The effect of neighbouring contacts on the formation of behavioral types in Black-headed Gull chicks

Maria A. Minina¹ and Alexey V. Druzyaka^{1,2}

¹Institute of Systematic and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Principal contact

Alexey V. Druzyaka, PhD in Biology, Research Fellow, Laboratory of Behavioral Ecology of Communities, Institute of Animal Systematics and Ecology; 11 Frunze St, Novosibirsk, Russia 630091. Tel. +79232273238

Email decartez@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3597-1283>

How to cite this article

Minina M.A., Druzyaka A.V. The effect of neighbouring contacts on the formation of behavioral types in Black-headed Gull chicks. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 19-32. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-19-32

Received 20 January 2021

Revised 16 March 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. The early development of behavioral types and the influence of environmental, mostly social, factors have almost not been studied for natural animal populations. We investigated the effect of the density of non-relative social environment on the development of the behavior of free-living chicks of the Black-headed Gull (*Chroicocephalus ridibundus*).

Material and Methods. In order to exclude the influence of relationships with native parents on the development of chicks' behavior, 21 clutches were cross-fostered so as to destroy any negative relationship between the aggressiveness of their parents and the density of their neighbors. The behavioral types of chicks were determined by a 3-time testing in an "open field" arena at the ages of 2-3, 8-9 and 14-15 days.

Results. Those parents, which effectively coped with close neighboring at the nest settling period, raised more active offspring. The behavior of chicks raised by foster parents, on the contrary, was more passive the fewer unrelated chicks there were nearby and was not associated with the aggressiveness of their parents.

Conclusion. Our work demonstrates the role of an unrelated social environment in the ontogeny of behavioral types in colonial birds. We suppose that the different ways in which influences of parents and neighbors optimize the trajectories of development of behavioral types at an individual level, increase the chances of chicks surviving in the diverse and variable environment of a breeding colony.

Key Words

Animal's personality, gulls, coloniality, nest density, cross-fostering, "open field" test.

ВВЕДЕНИЕ

Межиндивидуальная изменчивость животных уже несколько десятилетий вызывает интерес зоологов и экологов, как одно из проявлений разнокачественности популяционных структур, лежащей в основе популяционного гомеостаза [1]. У разных видов животных были описаны «персоналии» («personality») или «поведенческие типы» [2] – устойчивые, проявляющиеся в разное время и в разных контекстах, индивидуальные различия поведения [3-9]. С понятием «поведенческий тип» тесно связано понятие «поведенческий синдром», которым обозначают наличие корреляций между различными поведенческими характеристиками особей одной популяции [10]. В основе поведенческих проявлений индивидуальности лежат физиологические и биохимические различия особей [11-14], в частности, особенности протекания стрессовой реакции [3].

На искусственных линиях и свободноживущих популяциях больших синиц установлено, что поведенческий тип может генетически наследоваться от родителей [12; 15]. На онтогенетическое развитие поведенческих типов существенное влияние оказывает влияние среды, в том числе и социальной. Вклад внутрисемейных отношений в развитие персоналий детально изучался на примере домового мыши [16; 17] и серой крысы [18-22]. Исследования влияния поведения с родителей и сибсов на развитие поведенческого типа птенцов проводились на птенцах большой синицы [23; 24].

Роль неродственных социальных контактов в формировании поведенческого типа изучена в значительно меньшей степени. Так, нам известно исследование, где показано влияние социальной изоляции на величину индивидуальных различий в неофобии у взрослых рыб *Lepomis gibbosus* [25]. Эксперименты, проведенные на птенцах озёрной чайки в условиях авиария, показали, что регулярное общение с соседями и участие в территориальных конфликтах необходимо для своевременного и полного развития видоспецифических агрессивных демонстраций у колониальных видов птиц [26]. Эти исследования демонстрируют принципиальную возможность влияния неродственных контактов на онтогенетический ход развития поведенческого типа. Однако эта возможность не была ещё подтверждена и характер влияния не был выяснен.

Свободноживущие птенцы колониальных чайковых птиц – удачная модель для исследований раннего онтогенеза индивидуальных характеристик и их изменений под влиянием социальных факторов. Полувыводковый тип развития чайковых птиц определяет высокую степень самостоятельности птенцов и разнообразие их поведенческих реакций, от частично самостоятельного питания [27] до взаимодействий с соседями и хищниками [28; 29]. Социальные условия, в которых растут птенцы колониальных видов, сложны и разнообразны, они включают не только отношения птенцов с родителями и сибсами, но и контакты с соседями по колонии.

Цель нашего исследования – выявить и описать влияние плотности неродственного социального окружения на развитие поведенческого типа птенцов озёрной чайки, растущих в условиях гнездовой колонии.

Структура колонии, а значит и соседское окружение выводков, в значительной степени определяется индивидуальными поведенческими характеристиками гнездящихся пар [30]. Это создает проблему: гипотетическая связь поведенческого типа птенцов с характеристиками неродственного социального окружения могла бы быть обусловлена как влиянием соседей, так и наследованием поведенческого типа от родителей. Чтобы иметь возможность различать эти факторы, мы провели эксперимент с перекрёстным воспитанием птенцов.

Скоррелированность поведенческих черт даёт возможность оценивать поведенческий тип по отдельным тестам и затем более или менее точно прогнозировать другие черты [2]. В качестве черты, наилучшим образом характеризующей поведенческий тип птенцов, мы выбрали поведенческую реакцию на стрессорирующую ситуацию, оцениваемую в тесте «Открытое поле», а стрессовым воздействием служила изоляция птенцов от привычного социального окружения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Место сбора материала и объекты исследования

Исследования проводились в 2011 г. в колонии озёрных чаек, расположенной в Карасукском районе Новосибирской области, на оз. Титово (53,751° с.ш.; 77,975° в.д). Из центральной части колонии, насчитывающей около 1000 гнездовых пар, был выбран наиболее удобный для исследования участок, включающий 118 гнёзд.

Гнезда вместе с околоснездовыми участками огораживали плавучими загородками из ДВП и пенопласта (рис. 1), что позволило отлавливать птенцов для проведения измерений и тестов. Количество гнёзд, заключаемых в одну загородку, варьировало от 2 до 39, что дополнительно увеличивало изменчивость плотности неродственного социального окружения птенцов.

Оценка родительской агрессивности на стадии заселения колонии

На стадии насиживания яиц мы выполнили картирование исследуемого участка колонии при помощи теодолита ТД-10 и лазерного дальномера. Гнезда нанесли на схему с точностью до 5 см. Также на стадии насиживания для каждого обнаруженного яйца методом водяных проб [31] определили стадию насиживания. Исходя из стадии насиживания яиц, для каждого гнезда рассчитали дату выклева первого птенца с точностью 1-3 суток, а также примерную дату постройки гнезда.

По полученным данным для каждой родительской пары рассчитали показатель территориальной агрессивности на стадии заселения колонии, R_3 , как среднее расстояние до трех ближайших гнёзд, построенных в то же время или позднее. Для удобства планирования эксперимента с перекрёстным воспитанием дополнительно был рассчитан параметр R'_3 , как среднее расстояние до трех ближайших гнёзд без учёта времени их постройки.

Оценка неродственного социального окружения выводков

Каждого родившегося птенца метили алюминиевым кольцом с индивидуальным номером. Фиксировалась

дата рождения и очерёдность выклевывания в своём выводке. Для погибших определялась дата смерти. С использованием данных картирования и учёта выживаемости птенцов, для каждого выводка

рассчитывался показатель плотности соседского окружения, S , как количество птенцов, проживающих в радиусе 1 м от места жительства выводка на 8-й день жизни старшего птенца.



Рисунок 1. Огороженная группа гнёзд озёрной чайки

Figure 1. Fenced group of Black-headed gull nests

Эксперимент «перекрёстное воспитание»

Из колонии было выбрано 49 гнёзд, в каждом из которых было не менее 2 яиц. Распределение параметра R'_3 среди выбранных гнёзд отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова, $p > 0,1$), было смещено влево и имело медиану 1,05 м. Гнёзда условно разделили по медиане на «плотные» и «разреженные». 21 кладку перенесли в гнёзда другой группы, отличавшиеся от родных по параметру R'_3 не менее чем на 0,30 м. Интервал между расчётными датами выклевывания птенцов в приёмных и родных гнёздах, не превышал 5 дней. Оставшиеся 28 кладок использовали в качестве контрольных, чтобы исключить влияние замены родителей на рост, выживаемость и поведение птенцов.

Оценка качества питания птенцов

Производились измерения длины черепа всех птенцов вместе с клювом в 1-й, 8-й и 15-й дни жизни. В те же дни проводилось взвешивание птенцов. Для оценки качества питания птенцов рассчитывался индекс массы как остаток линейной регрессии массы по длине черепа [32].

Тест «Открытое поле»

В качестве маркера поведенческого типа мы использовали активность поведения птенцов в

стрессорной ситуации, которая оценивалась в тесте «Открытое поле». Стресс у птенцов вызывала полная изоляция от привычной среды обитания и социального окружения, включающего родителей и сибсов. Социальная изоляция ранее применялась в качестве стрессового воздействия для исследования физиологических параметров стрессовой реакции у птенцов большой синицы [33].

Тест «Открытое поле» проводился со всеми птенцами экспериментальной группы и 6 случайно выбранными выводками из контрольной группы. Каждый из птенцов тестировался трижды: в возрасте 2-3, 8-9 и 14-15 дней. Эксперимент проводили в интервале с 12:00 до 21:00 часов. К этому времени практически все птенцы на колонии получили пищу от родителей по несколько раз.

Установка размещалась поблизости от колонии и представляла собой полый пластиковый цилиндр с толстыми (не менее 5 см) стенками, полом и потолком, заполненными монтажной пеной, что должно было обеспечить звукоизоляцию (рис. 2А). Арена, помещавшаяся в основание цилиндра, представляла собой круг диаметром 75 см, расчерченный на 24 фрагмента (рис. 2Б). Под потолком располагалась видеочка, управляемая с компьютера через USB-подключение, и 4 светодиодные лампочки. Лампочки включались снаружи. Птенцов доставляли к месту проведения

эксперимента партиями по 3 особи, в приоткрытом (для доступа свежего воздуха) пластиковом контейнере. Птенцы ожидали тестирования в том же контейнере. Для каждого птенца время от поимки до начала теста не превышало 20 минут. Птенца помещали в центр

арены и оставляли в темноте на 2 минуты, а затем включали свет и в течение 5 минут проводили видеосъемку. В течение 20 минут после тестирования птенцов выпускали обратно на гнёзда.

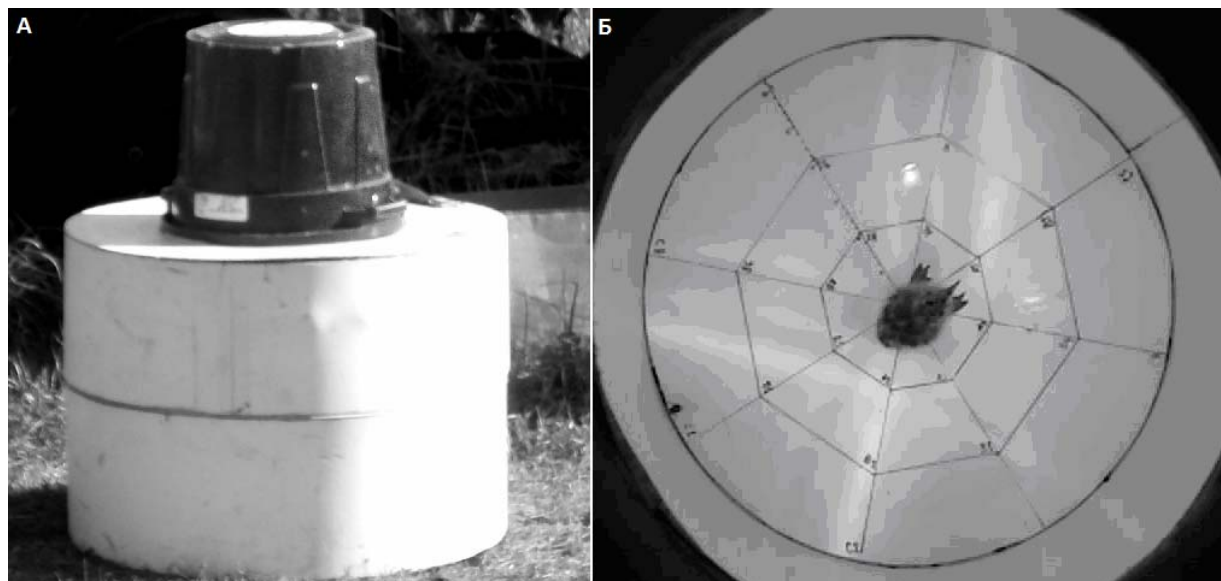


Рисунок 2. Установка «Открытое поле». А. Вид снаружи. Б. Вид изнутри
Figure 2. The “open field” testing arena. A. External view. B. Internal view

Реакцию птенцов на стрессующую ситуацию считали тем более активной, чем меньшее время птенцы проводили в неподвижности с момента включения света. По причине малой подвижности птенцов, при обработке видеозаписей пересечения птенцами границ фрагментов не учитывались [34]. Отмечали время от включения света до первого шага, сделанного птенцом, выраженное в секундах, T . Для птенцов, не

приступивших к перемещениям до окончания теста, T считали равным 300. Для удобства статистической обработки данных и интерпретации результатов, T было преобразовано в показатель активности, $A=1-(\lg(T)-\lg(T_{\min})) / (\lg(T_{\max})-\lg(T_{\min}))$. Распределение A было близко к нормальному, а значения варьировали от 0 до 1. Число протестированных птенцов разных возрастов приведено в таблице 1.

Таблица 1. Объём собранного материала
Table 1. Amount of collected material

Проведённые манипуляции Manipulations undertaken	Группа / Group		
	Перекрёстное воспитание + ОП Cross-foster + OF	ОП OF	Контроль Control
Измерены в период 1-15 дней Measured in 1-15 days period	35	13	30
Проведены 3 теста ОП 3 OF tests undertaken	28	12	-
Получен A_{2-3} и R_3 Activity in 2-3 days and R_3 calculated	24	8	-
Получен A_{8-9} и R_3 Activity in 8-9 days and R_3 calculated	27	12	-
Получен A_{14-15} и R_3 Activity in 14-15 days and R_3 calculated	28	12	-

Примечание: В таблице приводятся количества птенцов из каждой группы, с которыми были проведены манипуляции, указанные в левом столбце

Note: The table shows the number of chicks from each group, with which the manipulations were carried out, indicated in the left column

Эксперимент с подменой яиц был проведён для 21 кладки, из которой успешно вылупилось 59 птенцов. Эксперимент «Открытое поле» запланировали также для 16 птенцов, вылупившихся из 6 выводков, для которых подмены яиц не проводилось. До 15-дневного возраста дожили 35 птенцов из выводков с подменёнными яйцами и 13 — из выводков без подмены яиц, однако 8 из них не прошли первого или

второго теста, потому что не были пойманы. Птенцы, не дожившие до 15-го дня или не участвовавшие во всех трёх запланированных тестах, были удалены из всех видов анализа, кроме сравнения выживаемости. Кроме того, для трёх птенцов из 2 гнезд экспериментальной группы мы не сочли возможным определить параметр R_3 , потому что их родные гнёзда были окружены более

ранними постройками, а ближайшие сходные по срокам располагались слишком далеко.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Различия контрольных и экспериментальных птенцов по росту, выживаемости и поведению

В гнёздах из контрольной группы, для которых был проведён тест «Открытое поле», выклев произошёл раньше, чем в экспериментальных гнёздах (дата выклев первого птенца: 19.05 [19.05; 20.05] и 22.05 [22.05; 24.05], $p=0,001$). Параметр агрессивности родных родителей контрольных выводков также достоверно отличался от экспериментальных в меньшую сторону (R_3 : 1,04 [0,87; 1,14] и 1,56 [0,94; 2,24], $p=0,036$).

Активность птенцов контрольной и экспериментальной групп в тесте «Открытое поле» различалась на уровне тенденции в 2-3-дневном возрасте, и не различалась впоследствии (контроль и эксперимент, A_{2-3} : 0 [0; 0,08] и 0,2 [0,03; 0,3], $p=0,084$; A_{8-9} : $0,29 \pm 0,25$ и $0,41 \pm 0,28$, $p=0,220$; A_{14-15} : $0,45 \pm 0,18$ и $0,39 \pm 0,3$, $p=0,522$).

Сравнение самых «поздних» птенцов из «поведенческой» контрольной группы с самыми «ранними» из экспериментальной также не показало значимых различий по поведению птенцов в тесте «Открытое поле» (контроль и эксперимент, A_{2-3} : $1,62 \pm 0,23$ ($n=2$) и $1,43 \pm 0,58$ ($n=2$), $p=0,683$; A_{8-9} : $1,89 \pm 0,54$ ($n=6$) и $1,58 \pm 0,59$ ($n=6$), $p=0,327$; A_{14-15} : $1,44 \pm 0,51$ ($n=6$) и $1,79 \pm 0,53$ ($n=6$), $p=0,332$).

Среди птенцов из экспериментальной, более поздней по дате выклев, группы не было обнаружено достоверных связей между активностью в тесте и датой выклев (A_{2-3} : $R_s=-0,029$, $p=0,898$; A_{8-9} : $R_s=0,084$, $p=0,678$; A_{14-15} : $R_s=0,174$, $p=0,377$). В контрольной группе птенцы, родившиеся позже, вели себя активнее в первом тесте (A_{2-3} : $R_s=0,875$, $p=0,004$; A_{8-9} : $R_s=-0,101$, $p=0,755$; A_{14-15} : $R_s=0,074$, $p=0,819$), в старших возрастах связь активности с датой выклев отсутствовала (A_{8-9} : $R_s=-0,101$, $p=0,755$; A_{14-15} : $R_s=0,074$, $p=0,819$).

Выводки из контрольной группы, для которых эксперимент «Открытое поле» не проводился, не отличались от экспериментальных ни по дате выклев, ни по агрессивности родных родителей (дата выклев первого птенца: 23.05 [22.05; 25.05] и 22.05 [22.05; 24.05], $p=0,628$; R_3 : 1,43 [1,05; 2,44] и 1,56 [0,94; 2,24], $p=0,653$).

В период 1-15 дней выживаемость птенцов из экспериментальной группы достоверно не отличалась ни от выживаемости птенцов из контрольной группы, для которой был проведён эксперимент «Открытое поле» (двусторонний точный критерий Фишера, $p=0,208$), ни от выживаемости птенцов из контрольной группы, для которой тест «Открытое поле» не проводился (критерий χ^2 , $p=0,617$).

Индексы масс экспериментальных птенцов не отличались от индексов масс птенцов из обеих контрольных групп, доживших до 15 дней (табл. 2).

Таблица 2. Средние индексы масс птенцов из контрольных и экспериментальной групп

Table 2. Average chick's mass indexes for control and experimental groups

Возраст, дни Age, days	Контроль Control	ОП кросс-фостер OF cross-foster	ОП контроль OF control	Контроль без ОП (поздний) Late control without OF		Контроль с ОП (ранний) Early control with OF	
				$F(1,59)$	p	$F(1,42)$	p
1	$0 \pm 2,8$	$-0,1 \pm 4,2$	$0,8 \pm 2,2$	0,738	0,395	0,002	0,966
4	$-0,3 \pm 4$	$0,1 \pm 4,6$	$1,5 \pm 3,7$	1,161	0,287	0,131	0,719
8	$-0,8 \pm 8,8$	$-0,1 \pm 8,3$	$3,3 \pm 6,5$	0,947	0,336	0,372	0,544
15	$-1,8 \pm 14,2$	$-0,8 \pm 14,5$	$0,5 \pm 13,1$	0,068	0,795	0,722	0,399

Примечание: В таблице представлены средние значения индексов масс $\pm$ SD для каждой из групп для всех возрастов, а также сравнение индексов масс экспериментальной и контрольных групп

Note: The table shows the values of the mass indices (mean $\pm$ SD) for each of the groups of all ages, and comparing the mass indices between the experimental and control groups

Возрастная динамика реакции на стрессорную ситуацию

Распределение активностей птенцов в возрасте 2-3 дня было смещено влево и отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова, $p < 0,05$), в возрасте 8-9 и 14-15 дней распределение активностей птенцов от нормального не отличалось (критерий Колмогорова-Смирнова, $p > 0,20$).

Активность птенцов сохраняла ранговую устойчивость на возрастных промежутках 2-9 и 7-15 дней, как в целом (2-9: $n=29$, $R_s=0,395$, $p=0,034$; 7-15: $n=39$, $R_s=0,422$, $p=0,007$), так и среди экспериментальных птенцов (2-9: $n=21$, $R_s=0,500$, $p=0,021$; 7-15: $n=27$, $R_s=0,454$, $p=0,017$), но не была устойчивой на промежутке 2-15 дней (все птенцы: $n=30$, $R_s=0,170$, $p=0,370$; эксперимент: $n=22$, $R_s=0,242$, $p=0,277$).

Абсолютные значения оценок активности различались в зависимости от возраста птенцов и порядкового номера теста в целом ($n=29$, $\chi^2_2=17,402$, $p=0,000$), и в контрольной ($n=8$, $\chi^2_2=9,800$, $p=0,007$) и экспериментальной ($n=21$, $\chi^2_2=9,455$, $p=0,009$) группах. В первом тесте птенцы вели себя пассивнее, чем в двух последующих (1 и 2: $n=29$, $\chi^2_1=15,385$, $p=0,000$; 1 и 3: $n=30$, $\chi^2_1=9,143$, $p=0,002$), тогда как между вторым и третьим тестом достоверного различия не было ($n=39$, $\chi^2_1=1,400$, $p=0,237$, рис. 3).

Связь между плотностью неродственного социального окружения птенцов и территориальной агрессивностью их родителей

Количество птенцов-соседей, проживающих в радиусе метра от каждого гнезда, было отрицательно связано с оценкой агрессивности родительских пар, представляющей из себя среднее расстояние до трёх

ближайших позже построенных гнёзд. Эта связь была значимой как для гнёзд, в которых жили птенцы из контрольной группы ($n=12$, $R_s=-0,780$, $p=0,003$), так и для родных гнёзд птенцов из экспериментальной группы ($n=25$, $R_s=-0,736$, $p=0,000$).

Птенцы из контрольной группы жили с тем количеством соседей, которое определила

агрессивность их родных родителей на стадии заселения колонии. В то же время переселенным птенцам пришлось расти в социальной среде, не соответствующей их наследственности: связь родительской агрессивности с плотностью неродственного социального окружения была намеренно разрушена ($n=25$, $R_s=-0,071$, $p=0,737$).

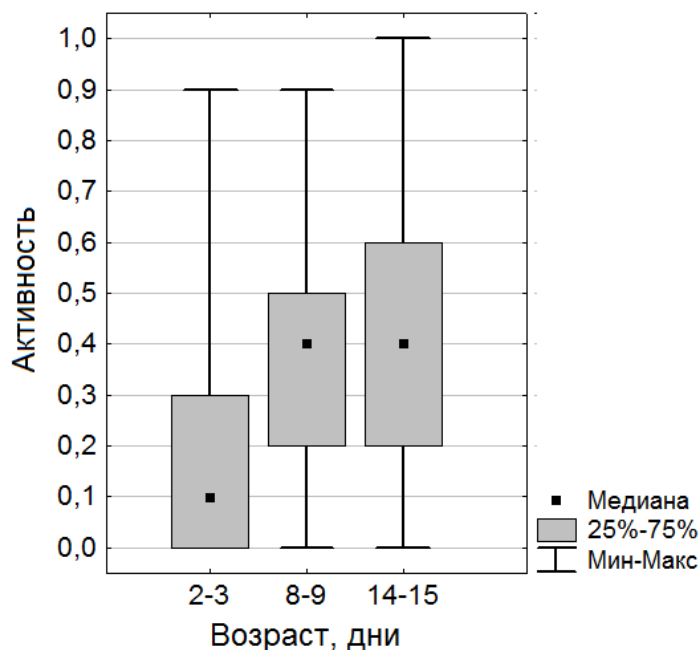


Рисунок 3. Возрастная динамика активности птенцов в тесте «Открытое поле»

Figure 3. Age dynamic of chicks' activity in the "open field" arena

Зависимость поведения птенцов от территориальной агрессивности родителей и плотности неродственного социального окружения

В контрольной группе мы обнаружили связь между активностью птенцов в тесте «Открытое поле» в возрасте 14-15 дней и агрессивностью их родных родителей на стадии заселения колонии. Для переселённых птенцов эта зависимость не проявилась (табл. 3).

Положительная зависимость активности птенцов от плотности неродственного социального окружения была обнаружена только в экспериментальной группе, для 8-9- и 14-15-дневных птенцов. В контрольной группе достоверной связи между поведением птенцов в «Открытом поле» и количеством птенцов-соседей, проживающих поблизости, обнаружено не было.

Таблица 3. Связь между факторами социальной среды выводка и активностью птенцов на арене «Открытого поля»

Table 3. Correlations between social environmental factors and chicks' activity in the "open field" arena

Возраст измерения активности, дни Age when activity was measured, days	Фактор социальной среды / Social environmental factors			
	Агрессивность родных родителей на стадии заселения колонии Parents' aggressiveness while settling in the colony		Количество птенцов-соседей в радиусе 1 м от гнезда проживания Number of the neighbouring chicks within in a 1-m area of the nest	
	Контроль Control	Эксперимент Experiment	Контроль Control	Эксперимент Experiment
2-3	0,76*	0,35	-0,43	0,14
8-9	0,14	0,14	-0,14	0,38*
14-15	0,65*	0,17	-0,51	0,57**

*Примечание: В таблице представлены коэффициенты корреляций Спирмена между показателями активности птенцов, измеренными в разных возрастах и факторами развития поведения * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$*

*Note: The table shows the Spearman correlation coefficients between chick activity indicators measured at different ages and behavior development factors * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$*

Поскольку связь между параметрами родительской агрессивности (R_3) и плотности социального окружения (S) для птенцов из экспериментальной группы была разрушена, мы имели возможность построить по этим параметрам регрессионную модель показателя

активности 13-15-дневных птенцов в «Открытом поле»: $A_{14-15}=0,077R_3+0,042S+0,129$. Модель была достоверной ($R^2=0,282$, $F_{(2, 22)}=4,326$, $p=0,026$), частная корреляция A_{14-15} с параметром S – статистически значимой (S : $n=25$, $R=0,497$, $p=0,014$), а частная

корреляция с параметром R_3 – нет (R_3 : $n=25$, $R=0,226$, $p=0,288$). Диаграмма рассеяния в осях S-A для усредненного по всей выборке значения R_3 приведена на рис. 4.

При удалении из выборки выводков с более поздними датами выклева, чем у контрольных (22 мая и позже) частная корреляция A_{14-15} с плотностью социального окружения осталась достоверной и положительной (S : $n=6$; $R=0,893$; $p=0,016$).

Для птенцов из контрольных выводков, с датой выклева не более ранней, чем у самых старших экспериментальных выводков, была обнаружена

отрицательная корреляция A_{14-15} с плотностью социального окружения ($n=6$; $R=0,880$; $p=0,021$), связь с родительской агрессивностью была положительной, но не достоверной ($n=6$; $R=0,635$; $p=0,176$).

Связь между качеством питания птенцов и поведением птенцов в тесте «Открытое поле»

Активность птенцов не была достоверно связана с их упитанностью, выраженной через индекс массы во всех возрастах, как в контрольной, так и в экспериментальной группах (табл. 4).

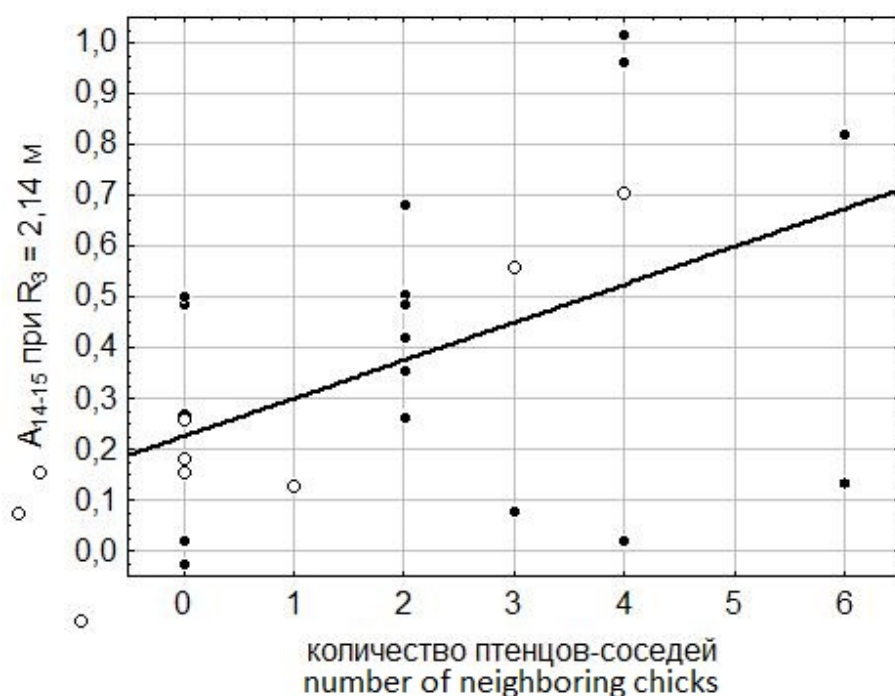


Рисунок 4. Связь активности 14-15-дневных птенцов, рассчитанная для средней родительской агрессивности ($R_3=2,14$ м) с количеством птенцов-соседей

Белыми кружками обозначены птенцы из гнёзд с датой выклева первого птенца 21 мая и раньше, чёрными – с более поздними датами выклева. Линия тренда построена для объединённой выборки

Figure. 4. The relationship of the activity of 14-15-day-old chicks calculated for the average parental aggressiveness ($R_3=2,14$ m) with the number of neighboring chicks

White circles indicate chicks from nests with the hatching date of the first chick on May 21 and earlier, black circles indicate later hatching dates. Trendline is drawn for the united sample

Таблица 4. Связь между индексами массы и активностью в «Открытом поле» среди птенцов разного возраста
Table 4. Correlations between mass indexes and activity in the “open field” arena among chicks of different ages

Возраст птенца, дни Age, days	Экспериментальная группа Experimental group		Контрольная группа Control group	
	R	p	R	p
2-3	-0,237	0,289	0,436	0,280
8-9	0,253	0,203	-0,218	0,496
14-15	0,338	0,079	0,138	0,668

Примечание: В таблице представлены коэффициенты и уровни значимости корреляций между активностью и индексом массы птенцов в разном возрасте, в контрольной и экспериментальной группах. Для возраста 2-3 дня рассчитаны коэффициенты корреляций Спирмена, в остальных случаях – коэффициенты корреляций Пирсона

Note: The table shows the coefficients and significance levels of correlations for mass indices and activity of chicks measured at different ages for the control and experimental chicks. For 2-3 days of age, Spearman correlation is used, in other cases – Pearson correlation

Различия контрольных и экспериментальных птенцов по росту, выживаемости и поведению

Поведение 2-3-дневных птенцов в «Открытом поле» было, на уровне тенденции, пассивнее, чем поведение экспериментальных птенцов. Протестированная в

«открытом поле» (т.н. поведенческая) контрольная группа птенцов отличалась от экспериментальной более ранней датой выклева, а, значит, и более ранней датой вселения родительских пар в гнездовую колонию. Поэтому различия в поведении птенцов из

этих групп в «Открытом поле» не могут быть истолкованы однозначно. Вместе с тем, положительная корреляция между активностью 2-3 дневных птенцов из контрольной группы в «Открытом поле» и датой их выклева заставляет предположить, что причина обнаруженной тенденции скорее связана со сроками выклева птенцов, чем с нашим экспериментальным воздействием на них.

Поведение птенцов 8-9 и 14-15-дневного возраста не различалось между контрольной и экспериментальной группами. Различий не обнаружилось и после выравнивания групп по срокам выклева путём исключения части птенцов из анализа. Выводки, жившие у приёмных родителей в результате переселения в ходе эксперимента, не отличались ни по выживаемости, ни по качеству питания, от птенцов из непереселённых выводков, родившихся в те же сроки и при той же гнездовой плотности.

Можно заключить, что факт переселения не оказал значительного влияния на рост и развитие птенцов.

Возрастная динамика реакции на стрессирующую ситуацию

Параметр, выбранный нами для оценки реакции птенцов на стрессирующую ситуацию, сохранял ранговую устойчивость на возрастных промежутках 2-9 и 7-15 дней, однако устойчивость на промежутке 2-15 дней не прослеживалась.

Исследование устойчивости персональных характеристик в онтогенезе ранее проводилось у цыплят джунглевых кур (*Gallus gallus*) в возрасте 4-40 недель [35]. В отличие от птенцов озёрной чайки, исследованных нами, в период до обретения независимости от родителей (4-8 недель) цыплята показали устойчивость исследовательского поведения, оцениваемого в модифицированном тесте «Открытое поле» (на арене были расположены разнообразные предметы, мотивирующие цыплят к исследованию). Однако цыплята находились на более поздней стадии развития, чем исследованные нами чайчата. Кроме того, цыплята были выращены в стандартных лабораторных условиях, в то время как мы исследовали птенцов из дикой популяции. Вероятно, подверженность исследуемой популяции разнонаправленным средовым и социальным воздействиям, особенно на ранних стадиях развития, может существенно снизить устойчивость поведения в онтогенезе.

Вместе с тем, корреляции между оценками реакции на стрессирующую ситуацию, измеренными с интервалом 6-7 дней, демонстрируют т.н. ранговую устойчивость поведенческого ответа [35]. Это представляется нам убедительным доводом считать «Открытое поле» методом, пригодным к выявлению поведенческих типов птенцов.

В среднем, в первом тестировании птенцы озёрной чайки начинали перемещаться значительно позже, чем в двух последующих. Торможение двигательной активности в тесте «Открытое поле» традиционно интерпретируется как реакция страха, в том числе, у птиц [36; 37]. Мы, в свою очередь, объясняем низкую активность в первом тесте страхом перед новой средой, а повышение активности в последующих тестах – привыканием к установке.

Зависимость поведения птенцов от территориальной агрессивности родителей и плотности неродственного социального окружения

В исследованной нами колонии, родительские пары, эффективно препятствовавшие близкому подселению соседей на стадии постройки гнёзд, выращивали более активное потомство. Однако, поведение птенцов, выращенных приёмными родителями, наоборот, было тем более активным, чем больше неродственных птенцов жило по-соседству, и не было связано с агрессивностью родных родителей.

В ранее опубликованных работах мы показали, что родительские пары озёрных чаек, проводящие больше времени на гнёздах со своими выводками, выращивают более пассивных птенцов, занимая при этом меньшие гнездовые территории [34]. С учётом этого, наиболее вероятным представляется следующее объяснение полученных результатов: в колонии, где большие расстояния до соседних гнёзд соответствуют активному поведенческому типу родительских пар, влияние, оказываемое соседским окружением на развитие поведенческого типа птенцов, прямо противоположно влиянию взаимоотношений с родителями. В естественных, ненарушенных, условиях, где «стартовый» поведенческий тип птенца совпадает с родительским, суммарный эффект генетического наследования и взаимоотношений с родителями выражен сильнее, чем эффект неродственного окружения, и в 2-недельном возрасте птенец по-прежнему обладает «родительским» поведенческим типом. Поменяв птенцам родителей, мы нарушили соответствие между внутрисемейными отношениями и «стартовыми» поведенческими характеристиками птенцов. В результате, эффект поведения приёмных родителей на развитие поведенческого типа птенцов оказался недостаточно сильным, и влияние контактов с соседями по колонии проявилось в поведении экспериментальных птенцов уже в начале 2-й недели жизни.

По нашим недавним данным [34], у птенцов озёрной чайки, живущих в родных гнёздах, более плотное соседское окружение сопровождается развитием более активного поведения, однако лишь к третьей неделе жизни. Птенцы озёрной чайки сохраняют зависимость от кормлений родителями до самого подъёма на крыло и некоторое время после [38]. Вместе с тем, по мере роста птенцов взаимодействия с родителями становятся всё менее продолжительными и более редкими, а частота прогулок за пределы гнезда и контактов с соседями, напротив, увеличивается [39]. Вероятно, в естественных условиях механизм, ответственный за обнаруженную нами связь поведенческого типа птенцов с плотностью социального окружения, вступает в действие в том возрасте, когда взаимодействия выводка с родителями постепенно заменяются взаимодействиями с соседскими птенцами.

Смена социальной среды связана с существенными переменами в жизни птенцов. Мы можем предположить, что обретение относительной самостоятельности и независимости от родителей требует от них адаптивных изменений во всех аспектах поведения, причём направленность этих изменений различна, в зависимости от размеров родительской территории и родительского поведения. Так, например, для птенцов – обладателей небольших территорий, в

раннем возрасте выгоден пассивный поведенческий тип, связанный с низкой агрессивностью и в целом более осторожным поведением, не способном спровоцировать взрослых соседей на причинение им травм или смерти. Те же владельцы небольших территорий, подрастая, уже не нуждаются в пассивной защите от взрослых птиц, поскольку последние в целом меньше присутствуют на гнёздах. В то же время, маленькие территории становятся наиболее уязвимыми для посещений птенцов-соседей, рассчитывающих украсть еду, оставшуюся на гнезде после кормления. Следовательно, при переходе к самостоятельности таким птенцам выгодна смена пассивного поведенческого типа активным, ведущая к повышению агрессивности.

В отношении изначально активных птенцов – обитателей крупных территорий можно предположить, что высокая агрессивность, проявляемая в относительно раннем возрасте, позволяет им эффективно охранять границы территорий во время продолжительных отсутствий родителей [40], препятствуя образованию «зон территориальной нестабильности», провоцирующих конфликты среди взрослых чаек и повышающих риск травм у птенцов [29]. В старших возрастах такие птенцы могут позволить себе сменить активный поведенческий тип пассивным, с тем чтобы более эффективно использовать альтернативные источники питания, занимаясь клептопаразитизмом на чужих гнёздах [34] или собирая мелких беспозвоночных в обширных и чётко очерченных окрестностях своего гнезда.

Мы видим два возможных механизма представленного здесь эффекта гнездовой плотности на развитие поведенческого типа птенцов чаек. Первый предполагает раннее развитие агрессивного поведения за счет постоянных взаимодействий с птенцами соседей [26], что приводит к большей агрессивности во взрослом состоянии и в итоге – к развитию активного поведенческого типа. Недавно обнаруженная нами положительная связь между агрессивностью птенцов озёрной чайки и активностью реакции на стресс подтверждает это предположение [34]. Однако есть и обратные примеры. Так, у мышат повышение концентрации плазменного тестостерона, аналогичное кратковременному повышению уровня тестостерона у птенцов чайковых птиц, вступающих в агрессивные взаимодействия, приводит к снижению активности у неагрессивной линии и не влияет на активность изначально агрессивных особей [41].

Другой возможный путь влияния гнездовой плотности на формирование поведенческих типов чайчат может быть в том, что постоянные конфликты между взрослыми особями, происходящие на участках повышенной гнездовой плотности [40], оказывают существенное стрессовое воздействие на птенцов, которое и приводит к развитию у них активного поведенческого типа в более позднем возрасте. Действительно, многие исследования показали, что перенесённый в раннем возрасте стресс может способствовать развитию активного поведенческого типа у взрослого животного, или, по крайней мере, усиливать проявление некоторых поведенческих характеристик, свойственных активному поведенческому типу. Так, введение кортикостерона птенцам зебровой амадины способствовало снижению неophobia в более позднем возрасте, при этом, правда,

снижая способность к доминированию [42]. Введение кортикостерона повышало интенсивность выпрашивания у птенцов домового воробья [43] и обыкновенной моевки [44]. Голодание или присутствие конкурентов при выпрашивании у птенцов большой синицы не только повышало интенсивность выпрашивания у птенцов, но и через несколько месяцев приводило к развитию активного поведенческого типа [23].

Представленный нами результат эксперимента с перекрёстным воспитанием продемонстрировал наличие самостоятельного эффекта плотности социального окружения на активность птенцов, вне зависимости от других факторов, связанных с плотностью гнездования. Эффект оказался противоположным влиянию поведения родных родителей и проявился в период обретения относительной независимости от них, в возрасте 2-3 недель. Мы полагаем, что в разнообразной и изменчивой среде гнездовой колонии поэтапное воздействие вначале поведения родителей, а затем соседского окружения, на развитие поведенческого типа птенца, представляет собой механизм, оптимизирующий индивидуальные траектории развития поведенческих типов, повышающий шансы их носителей на выживание.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают искреннюю благодарность всем участникам экспедиционных работ, в т.ч. А.Ю. Зотову, З.В. Часовских, А.В. Снежинскому, руководителю коллектива проф. Ж.И. Резниковой, а также заведующему Карасукским стационаром ИСиЭЖ СО РАН, к.б.н. В.А. Шило. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-04-00072) и Программы ФНИ государственных академий наук на 2021-2025 гг., FWGS-0247-2021-0003.

ACKNOWLEDGMENT

The authors extend great appreciation to all the participants of the field expedition, including A.Yu. Zotov, Z.V. Chasovskikh, A.V. Snezhinsky, also to the head of the research team Prof. J.I. Reznikova, as well as to the head of the Karasuk field base of the ISEA SB RAS, Dr V.A. Shilo. This work was supported by the Russian Fund for Basic Research (No. 20-04-00072) and by the Federal Fundamental Scientific Research Program (FWGS-0247-2021-0003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шилов И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. Москва: Изд-во Московского ун-та, 1977. 262 с.
2. Ильина Т.А., Иванкина Е.В., Керимов А.Б. Черты индивидуальности и особенность кормового поведения тёмных и светлых самцов мухоловки-пеструшки в период выкармливания птенцов // Материалы международной конференции «Птицы-дуплогнезники как модельные объекты в решении проблем популяционной экологии и эволюции», Москва, 22-28 сентября, 2014. С. 125-128.
3. Koolhaas J.M., Korte S.M., de Boer S.F., van der Vegt B.J., van Reenen C.G., Hopster H. et al. Coping styles in animals: current status in behavior and stress physiology //

- Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 1999. V. 23. N 7. P. 925-935.
4. Dall S.R.X., Houston A.I., McNamara J.M., The behavioural ecology of personality: Consistent individual differences from an adaptive perspective // Ecology Letters. 2004. V. 7. P. 734-739.
 5. Sih A., Bell A., Johnson J.C. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview // Trends of Ecology and Evolution. 2004. N 19. P. 372-378.
 6. Sih A., Bell A., Johnson J.C., Ziemba R.E. Behavioural syndromes: an integrative overview // Q. Rev. Biol. 2004. N 79. P. 241-277.
 7. Ilyina T.A., Ivankina E.V. Seasonal variation of singling activity and relative effect of advertising behaviour of males with different plumage colour the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) // Acta Ornithologica. 2001. N 36. P. 85-89.
 8. Réale D., Dingemanse N.J. Animal personality // Encyclopedia of life sciences. 2012. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470015902.a0023570> (дата обращения 07.09.2021)
 9. Ильина Т.А., Иванкина Е.В., Бушуев А.В., Керимов А.Б. Вопросы изучения поведенческих типов в популяционной биологии птиц // Принципы экологии. 2016. Т. 5. N 3. С. 56-56.
 10. Bell A.M. Future directions in behavioral syndromes research // Proceedings of the Royal Society. London Series B. 2007. N 274. P. 755-761.
 11. Drent P.J., Marchetti C. Individuality, exploration and foraging in hand-raised juvenile great tits // Proceedings of the 22nd International Ornithological Congress, Johannesburg, 16-22 August 1998, Durban, 1999. P. 896-914.
 12. Drent P.J., van Oers K., van Noordwijk A.J. Realised heritability of personalities in the great tit (*Parus major*) // Proceedings of the Royal Society of London B. 2003. V. 270. N 1510. P. 45-51. DOI: 10.1098/rspb.2002.2168
 13. Dingemanse N.J., Wolf M. Recent models for adaptive personality differences: a review // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2010. V. 365. P. 3947-3958. DOI: 10.1098/rstb.2010.0221
 14. Cockrem J.F. Individual variation in glucocorticoid stress responses in animals // General and Comparative Endocrinology. 2013. N 181. P. 45-58. DOI: 10.1016/j.ygcen.2012.11.025
 15. Dingemanse N.J., Both C., Drent P.J., van Oers K., van Noordwijk A.J. Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild // Animal Behaviour. 2002. V. 64. N 6. P. 929-938. DOI: 10.1006/anbe.2002.2006
 16. Benus R.F., Henkelmann C. Litter composition influences the development of aggression and behavioural strategy in male *Mus domesticus* // Behaviour. 1998. V. 135. P. 1229-1249.
 17. Mendl M., Paul S.E. Litter composition affects parental care, offspring growth and the development of aggressive behaviour in wild house mice // Behaviour. 1990. V. 116. N 1-2. P. 90-108.
 18. Stern J.M. Offspring-induced nurturance: animal-human parallels // Developmental Psychobiology. 1997. V. 31. N 1. P. 19-37.
 19. Liu D., Tannenbaum B., Caldji C., Francis D., Freedman A., Sharma S. et al. Maternal care, hippocampal glucocorticoid receptor gene expression and hypothalamic-pituitary-adrenal responses to stress // Science. 1997. V. 277. N 5332. P. 1659-1662.
 20. Francis D.D., Diorio J., Liu D., Meaney M.J. Nongenomic transmission across generations in maternal behavior and stress responses in the rat. Science. 1999. V. 286. N 5442. P. 1155-1158. DOI: 10.1126/science.286.5442.1155
 21. Caldji C., Tannenbaum B., Sharma S., Francis D., Plotsky P.M., Meaney M.J. Maternal care during infancy regulates the development of neural systems mediating the expression of behavioral fearfulness in adulthood in the rat // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1998. V. 95. N 9. P. 5335-5340.
 22. Zhang T.Y., Hellstrom I.C., Bagot R.C., Wen X., Diorio J., Meaney M.J. Maternal care and DNA methylation of the glutamic acid decarboxylase I promoter in rat hippocampus // Journal of Neuroscience. 2010. V. 30. P. 13130-13137.
 23. Carere C., Drent P.J., Koolhaas J.M., Groothuis T.G.G. Epigenetic effects on personality traits: early food provisioning and sibling competition // Behavior. 2005. V. 142. N 9-10. P. 1329-1355.
 24. van Oers K., Kohn G.M., Hinde C.A., Naguib M. Parental food provisioning is related to nestling stress response in wild great tit nestlings: implications for the development of personality // Frontiers in Zoology. 2015. V. 12. Suppl. 1. S10. DOI: 10.1186/1742-9994-12-S1-S10
 25. Wilson D.S., Coleman K., Clark A.B., Biederman L. Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): An ecological study of a psychological trait // Journal of Comparative Psychology. 1993. V. 107. N 3. P. 250-260.
 26. Groothuis T. The influence of social experience on the development and fixation of the form of displays in the Black-headed Gull // Animal Behavior. 1992. V. 43. P. 1-14.
 27. Минина М.А., Друзяка А.В. Использование метода «Открытое Поле» для выявления механизма формирования стратегий кормового поведения птенцов озёрной чайки в зависимости от ранней обеспеченности кормом // Современные проблемы науки и образования. 2015. N 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22168> (дата обращения: 04.09.2021)
 28. Hunt G.L., Meloon S.C. Activity patterns of gull chicks in relation to feeding by parents: their potential significance for density-dependent mortality // Auk. 1975. V. 92. P. 523-527.
 29. Fetterolf P.M. Infanticide and non-fatal attacks on chicks by ring-billed gulls // Animal Behavior. 1983. V. 31. P. 1018-1028. DOI: 10.1016/S0003-3472(83)80007-4
 30. Харитонов С.П. Взаимоотношения озерных чаек (*Larus ridibundus*) в локальной группировке в пределах колонии // Зоологический журнал. 1981. Т. 60. N 6. С. 871-877.
 31. Михельсон Х.А., Леиньш Г.Т., Клиппиньш В.А., Лиена В.К. Изучение динамики популяций некоторых уток в Латвии сплошным кольцеванием насиживающих самок и утят // Орнитология. 1963. N 6. С. 280-292.
 32. Kim S.Y., Noguera J.C., Morales J., Velando A. The evolution of multicomponent begging display in gull chicks: sibling competition and genetic variability // Animal Behavior. 2011. V. 82. P. 113-118.
 33. Fucikova E., Drent P.J., Smits N., van Oers K. Handling stress as a measurement of personality in great tit nestlings (*Parus major*) // Ethology. 2009. V. 115. P. 366-374. DOI: 10.1016/S0003-3472(74)80027-8
 34. Минина М.А., Телегина Я.П., Друзяка А.В., Зотов А.Ю. Влияние условий раннего развития на формирование индивидуальных поведенческих характеристик у птенцов озёрной чайки (*Larus ridibundus*) // Материалы

Всероссийской конференции, посвященной 120-летию со дня рождения проф. Г.П. Дементьева, Звенигород, 27 сентября-1 октября, 2018. С. 246-253.

35. Favati A., Zidar J., Thorpe H., Jensen P., Løvlie H. The ontogeny of personality traits in the red junglefowl, *Gallus gallus* // Behavioral Ecology. 2015. V. 27. N 2. P. 484-493. DOI: 10.1093/beheco/arv177

36. Ginsburg H.J., Brand W.G., Taylor R.D. Inhibition of distress vocalizations in the open field as a function of heightened fear or arousal in domestic fowl (*Gallus gallus*) // Animal Behavior. 1974. N 22. P. 745-749. DOI: 10.1016/S0003-3472(74)80027-8

37. Okuliarová M., Škrobánek P., Zeman M. Effect of Increasing Yolk Testosterone Levels on Early Behaviour in Japanese Quail Hatchlings // Acta Veterinaria Brno. 2007. V. 76. P. 325-331. DOI: 10.2754/avb200776030325

38. Виксне Я.А. Озерная чайка – *Larus ridibundus* Linnaeus, 1766 // Птицы СССР. Чайковые. Москва: Наука, 1988. 416 с.

39. Друзяка А.В., Минина М.А., Часовских З.В. Раннее развитие агрессивного поведения и ускоренный рост птенцов озерной чайки (*Larus ridibundus*) в условиях разреженного гнездования // Зоологический журнал. 2015. Т. 94. N 1. С. 1-14.

40. Ros A.F.H. Effects of testosterone on growth, plumage pigmentation, and mortality in Black-headed Gull chicks // Ibis. 1999. V. 141. P. 451-459.

41. de Ruiter A.J.H., Koolhaas J.M., Keijser J.N., van Oortmerssen G.A. Differential testosterone secretory capacity of the testes of aggressive and nonaggressive mice during ontogeny // Aggressive Behavior. 1992. V. 18. N 2. P. 149-157.

42. Spencer K., Verhulst S. Delayed behavioral effects of postnatal exposure to corticosterone in the zebra finch (*Taeniopygia guttata*) // Hormones and Behavior. 2007. V. 51. N 2. P. 273-280.

43. Loiseau C., Fellous S., Haussy C., Chastel O., Sorci G. Condition-dependent effects of corticosterone on a carotenoid-based begging signal in house sparrows // Hormones and Behavior. 2008. V. 53. N 1. P. 266-273. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2007.10.006

44. Kitaysky A.S., Wingfield J.C., Piatt J.F. Corticosterone facilitates begging and affects resource allocation in the black-legged kittiwake // Behavioural Ecology. 2001. V. 12. N 5. P. 619-625.

REFERENCES

- Shilov I.A. *Ekologo-fiziologicheskiye osnovy populyatsionnykh otnosheniy u zhivotnykh* [Ecological and physiological foundations of population relations in animals]. Moscow, Moscow University Publ., 1977, 262 p. (In Russian)
- Ilyina T.A., Ivankina E.V., Kerimov A.B. Cherty individual'nosti i osobennost' kormovogo povedeniya tomnykh i svetlykh samtsov mukholovki-pestrushki v period vykarmlyvaniya ptenstov [Personality traits and peculiarities of foraging behaviour of dark and pale pied flycatcher males at the period of rearing of nestlings]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Ptitsy-duplognozdniki kak model'nyye ob'yekty v reshenii problem populyatsionnoy ekologii i evolyutsii»*, Moskva, 22-28 sentyabrya, 2014 [Proceedings of the international conference "Hollow-nesting birds as model objects in solving problems of population ecology and evolution", Moscow, 22-28 September, 2014]. Moscow, 2014, pp. 125-128. (In Russian)

- Koolhaas J.M., Korte S.M., de Boer S.F., van der Vegt B.J., van Reenen C.G., Hopster H. et al. Coping styles in animals: current status in behavior and stress physiology. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 1999, vol. 23, no. 7, pp. 925-935.
- Dall S.R.X., Houston A.I., McNamara J.M., The behavioural ecology of personality: Consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecology Letters*. 2004, vol. 7, pp. 734-739.
- Sih A., Bell A., Johnson J.C. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends of Ecology and Evolution*. 2004, no. 19, pp. 372-378.
- Sih A., Bell A., Johnson J.C., Ziemba R.E. Behavioural syndromes: an integrative overview. *Q. Rev. Biol.*, 2004, no. 79, pp. 241-277.
- Ilyina T.A., Ivankina E.V. Seasonal variation of singling activity and relative effect of advertising behaviour of males with different plumage colour the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Acta Ornithologica*, 2001, no. 36, pp. 85-89.
- Réale D., Dingemanse N.J. Animal personality. *Encyclopedia of life sciences*, 2012, Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470015902.a0023570> (accessed 07.09.2021)
- Ilyina T.A., Ivankina Ye.V., Bushuyev A.V., Kerimov A.B. Issues of studying behavioral types in population biology of birds. *Printsipy ekologii* [Ecological principles]. 2016, vol. 5, no. 3, pp. 56-56. (In Russian)
- Bell A.M. Future directions in behavioral syndromes research. *Proceedings of the Royal Society. London Series B*. 2007, no. 274, pp. 755-761.
- Drent P.J., Marchetti C. Individuality, exploration and foraging in hand-raised juvenile great tits. *Proceedings of the 22nd international ornithological congress, Johannesburg, 16-22 August 1998, Durban, 1999*, pp. 896-914.
- Drent P.J., van Oers K., van Noordwijk A.J. Realised heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 2003, vol. 270, no. 1510, pp. 45-51. DOI: 10.1098/rspb.2002.2168
- Dingemanse N.J., Wolf M. Recent models for adaptive personality differences: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2010, vol. 365, pp. 3947-3958. DOI: 10.1098/rstb.2010.0221
- Cockrem J.F. Individual variation in glucocorticoid stress responses in animals. *General and Comparative Endocrinology*, 2013, vol. 181, pp. 45-58. DOI: 10.1016/j.ygcen.2012.11.025
- Dingemanse N.J., Both C., Drent P.J., van Oers K., van Noordwijk A.J. Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild. *Animal Behaviour*, 2002, vol. 64, no. 6, pp. 929-938. DOI: 10.1006/anbe.2002.2006
- Benus R.F., Henkelmann C. Litter composition influences the development of aggression and behavioural strategy in male *Mus domesticus*. *Behaviour*, 1998, vol. 135, pp. 1229-1249.
- Mendl M., Paul S.E. Litter composition affects parental care, offspring growth and the development of aggressive behaviour in wild house mice. *Behaviour*. 1990, vol. 116, no. 1-2, pp. 90-108.
- Stern J.M. Offspring-induced nurturance: animal-human parallels. *Developmental Psychobiology*. 1997, vol. 31, no. 1, pp. 19-37.

19. Liu D., Tannenbaum B., Caldji C., Francis D., Freedman A., Sharma S. et al. Maternal care, hippocampal glucocorticoid receptor gene expression and hypothalamic–pituitary–adrenal responses to stress. *Science*, 1997, vol. 277, no. 5332, pp. 1659-1662.
20. Francis D.D., Diorio J., Liu D., Meaney M.J. Nongenomic transmission across generations in maternal behavior and stress responses in the rat. *Science*, 1999, vol. 286, no. 5442, pp. 1155-1158. DOI: 10.1126/science.286.5442.1155
21. Caldji C., Tannenbaum B., Sharma S., Francis D., Plotsky P.M., Meaney M.J. Maternal care during infancy regulates the development of neural systems mediating the expression of behavioral fearfulness in adulthood in the rat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1998, vol. 95, no. 9, pp. 5335-5340.
22. Zhang T.Y., Hellstrom I.C., Bagot R.C., Wen X., Diorio J., Meaney M.J. Maternal care and DNA methylation of the glutamic acid decarboxylase I promoter in rat hippocampus. *Journal of Neuroscience*. 2010, vol. 30, pp. 13130-13137.
23. Carere C., Drent P.J., Koolhaas J.M., Groothuis T.G.G. Epigenetic effects on personality traits: early food provisioning and sibling competition. *Behavior*. 2005, vol. 142, no. 9-10, pp. 1329-1355.
24. van Oers K., Kohn G.M., Hinde C.A., Naguib M. Parental food provisioning is related to nestling stress response in wild great tit nestlings: implications for the development of personality. *Frontiers in Zoology*, 2015, vol. 12, suppl. 1, S10. DOI: 10.1186/1742-9994-12-S1-S10
25. Wilson D.S., Coleman K., Clark A.B., Biederman L. Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): An ecological study of a psychological trait. *Journal of Comparative Psychology*. 1993, vol. 107, no. 3, pp. 250-260.
26. Groothuis T. The influence of social experience on the development and fixation of the form of displays in the Black-headed Gull. *Animal Behavior*. 1992, vol. 43, pp. 1-14.
27. Minina M.A., Druzyaka A.V. [Using the "Open Field" method to identify the mechanism of formation of strategies for feeding behavior of black-headed gull chicks depending on early food supply]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 5. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22168> (accessed: 04.09.2021) (In Russian)
28. Hunt G.L., Meloon S.C. Activity patterns of gull chicks in relation to feeding by parents: their potential significance for density-dependent mortality. *Auk*, 1975, vol. 92, pp. 523-527.
29. Fetterolf P.M. Infanticide and non-fatal attacks on chicks by ring-billed gulls. *Animal Behavior*, 1983, vol. 31, pp. 1018-1028. DOI: 10.1016/S0003-3472(83)80007-4
30. Kharitonov S.P. The relationship of black-headed gulls (*Larus ridibundus*) in a local grouping within the colony. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 1981, vol. 60, no. 6, pp. 871-877. (In Russian)
31. Mikhe'lon Kh.A., Lein'sh G.T., Klimpin'sh V.A., Liyepa V.K. Study of population dynamics of some ducks in Latvia by continuous banding of incubating females and ducklings. *Ornitologiya* [Ornithology]. 1963, no. 6, pp. 280-292. (In Russian)
32. Kim S.Y., Noguera J.C., Morales J., Velando A. The evolution of multicomponent begging display in gull chicks: sibling competition and genetic variability. *Animal Behavior*. 2011, vol. 82, pp. 113-118.
33. Fucikova E., Drent P.J., Smits N., van Oers K. Handling stress as a measurement of personality in great tit nestlings (*Parus major*). *Ethology*, 2009, vol. 115, pp. 366-374. DOI: 10.1016/S0003-3472(74)80027-8
34. Minina M.A., Telegina Ya.R., Druzyaka A.V., Zotov A.Yu. Vliyaniye usloviy rannego razvitiya na formirovaniye individual'nykh povedencheskikh kharakteristik u ptentsov ozornoy chayki (*Larus ridibundus*) [Influence of conditions of early development on the formation of individual behavioral characteristics in the chicks of the black-headed gull (*Larus ridibundus*)]. *Materialy Vserossiyskoy konferentsii, posvyashchonnoy 120-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.P. Dement'yeva, Zvenigorod, 27 sentyabrya-1 oktyabrya, 2018* [Materials of the All-Russian conference dedicated to the 120th anniversary of the birth of Professor G.P. Dementiev, Zvenigorod, September 27-October 1, 2018]. Zvenigorod, 2018, pp. 246-253. (In Russian)
35. Favati A., Zidar J., Thorpe H., Jensen P., Løvlie H. The ontogeny of personality traits in the red junglefowl, *Gallus gallus*. *Behavioral Ecology*, 2015, vol. 27, no. 2, pp. 484-493. DOI: 10.1093/beheco/arv177
36. Ginsburg H.J., Brand W.G., Taylor R.D. Inhibition of distress vocalizations in the open field as a function of heightened fear or arousal in domestic fowl (*Gallus gallus*). *Animal Behavior*, 1974, no. 22, pp. 745-749. DOI: 10.1016/S0003-3472(74)80027-8
37. Okuliarová M., Škrobánek P., Zeman M. Effect of Increasing Yolk Testosterone Levels on Early Behaviour in Japanese Quail Hatchlings. *Acta Veterinaria Brno*, 2007, vol. 76, pp. 325-331. DOI: 10.2754/avb200776030325
38. Viksne Ya.A. [Black-headed gull – *Larus ridibundus* Linnaeus, 1766]. In: *Ptitsy SSSR. Chaykovyye* [Birds of the USSR. Gulls]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 416 p. (In Russian)
39. Druzyaka A.V., Minina M.A., Chasovskikh Z.V. The early development of aggressive behavior and rapid growth of chicks in the Black-headed Gull (*Larus ridibundus*) in conditions of diffused nesting. *Biology Bulletin*, 2015, vol. 42, no. 9, pp. 808-820. DOI: 10.1134/S1062359015090034
40. Ros A.F.H. Effects of testosterone on growth, plumage pigmentation, and mortality in Black-headed Gull chicks. *Ibis*. 1999, vol. 141, pp. 451-459.
41. de Ruiter A.J.H., Koolhaas J.M., Keijser J.N., van Oortmerssen G.A. Differential testosterone secretory capacity of the testes of aggressive and nonaggressive mice during ontogeny. *Aggressive Behavior*. 1992, vol. 18, no. 2, pp. 149-157.
42. Spencer K., Verhulst S. Delayed behavioral effects of postnatal exposure to corticosterone in the zebra finch (*Taeniopygia guttata*). *Hormones and Behavior*. 2007, vol. 51, no. 2, pp. 273-280.
43. Loiseau C., Fellous S., Haussy C., Chastel O., Sorci G. Condition-dependent effects of corticosterone on a carotenoid-based begging signal in house sparrows. *Hormones and Behavior*, 2008, vol. 53, no. 1, pp. 266-273. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2007.10.006
44. Kitaysky A.S., Wingfield J.C., Piatt J.F. Corticosterone facilitates begging and affects resource allocation in the black-legged kittiwake. *Behavioural Ecology*. 2001, vol. 12, no. 5, pp. 619-625.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Мария А. Минина проанализировала данные, выполнила расчеты, написала рукопись. Алексей В. Друзяка собрал фактические данные в поле, отредактировал рукопись. 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

Maria A. Minina analysed all the data, made the calculations and wrote the manuscript. Alexey V. Druzyaka collected data in field edited the draft manuscript. Both authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Мария А. Минина / Maria A. Minina <https://orcid.org/0000-0002-7356-7572>

Алексей В. Друзяка / Alexey V. Druzyaka <https://orcid.org/0000-0002-3597-1283>

Оригинальная статья / Original article
УДК 598.26 (470.63)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-33-46

Распространение и динамика синантропизации вяхири *Columba palumbus* в Ставропольском крае

Любовь В. Маловичко¹, Виктория В. Юферева², Виктор А. Тельпов³, Дмитрий П. Юферев³

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Национальный парк «Кисловодский», Кисловодск, Россия

³Межрайонная территориальная станция юных натуралистов, Кисловодск, Россия

Контактное лицо

Любовь В. Маловичко, доктор биологических наук, профессор, кафедра зоологии РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550 Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 44, корпус 16.
Тел. +74999774113
Email l-malovichko@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1040-2890>

Формат цитирования

Маловичко Л.В., Юферева В.В., Тельпов В.А., Юферев Д.П. Распространение и динамика синантропизации вяхири *Columba palumbus* в Ставропольском крае // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 33-46. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-33-46

Получена 9 июля 2020 г.

Прошла рецензирование 14 ноября 2020 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Установить современное состояние и характер распространения вяхири *Columba palumbus* Linnaeus, 1758 в Ставропольском крае, проанализировать тенденции синантропизации вида.

Материал и методы. Пространственное распределение, биология и экология вяхири исследовались в 2006-2019 гг. по общепринятым в орнитологии методикам с последующей статистической обработкой. Общая протяженность маршрутов учета в различных типах биотопов по всей территории Ставропольского края составила более 3 500 км.

Результаты. По результатам исследований установлено обитание вяхири в 27 территориальных единицах Ставропольского края (муниципальные районы, города краевого значения/городские округа). В степных районах основное число встреч приурочено к искусственным посадкам сельскохозяйственных объектов (лесополосы вдоль полей, бригады, кошары, озеленение линейных объектов – автомобильные и железные дороги). В регионе Кавказские Минеральные Воды вяхири отмечен в зеленых насаждениях городов-курортов. За период исследований найдено 78 гнезд вида.

Заключение. Результаты исследования подтверждают устойчивое расширение ареала вяхири в регионе. Освоение видом антропогенных ландшафтов проходит неравномерно. Широко освоены агроценозы и система озеленения линейных объектов. Темпы синантропизации, в целом, нарастают. Но в населенных пунктах вид, преимущественно, осваивает местообитания близкие к естественным – крупные зеленые массивы, отдаленные от жилой застройки.

Ключевые слова

Ставропольский край, *Columba palumbus*; распространение, биотоп, синантропизация, урбанизация.

The distribution and dynamics of synanthropisation of the common wood pigeon in the Stavropol region

Lyubov' V. Malovichko¹, Viktoriya V. Yufereva², Viktor A. Tel'pov³ and Dmitrii P. Yuferev³

¹K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Kislovodsk National Park, Kislovodsk, Russia

³Interdistrict Territorial Station of Young Naturalists, Kislovodsk, Russia

Principal contact

Lyubov' V. Malovichko, PhD in Biological Sciences, Professor, Department of Zoology, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy; 44/16 Timiryazevskaya St, Moscow 127550.

Tel. +74999774113

Email l-malovichko@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1040-2890>

How to cite this article

Malovichko L.V., Yufereva V.V., Tel'pov V.A., Yuferev D.P. The distribution and dynamics of synanthropisation of the common wood pigeon in the Stavropol region. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 33-46. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-33-46

Received 9 July 2020

Revised 14 November 2020

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. To establish the relevant condition and nature of the distribution of the woodpigeon *Columba palumbus* Linnaeus, 1758 in the Stavropol region and to analyse the synanthropisation trends of the species.

Material and Methods. The spatial distribution, biology and ecology of the wood pigeon were studied in 2006–2019 according to generally accepted methods in ornithology, followed by statistical processing. The total length of routes monitored in various types of biotopes throughout the Stavropol region amounted to more than 3,500 km.

Results. According to the study results, the wood pigeon inhabits 27 territorial units of the Stavropol region (municipal districts, cities of regional significance/urban district). In the steppe regions it is mainly found in artificial planting of agricultural entities (forest belts along fields, brigades, barns, landscaping of linear features - roads and railways). In the region of the Caucasian Mineralnye Vody, the wood pigeon can be observed in the green spaces of resort towns. During the study period, 78 species nests were found.

Conclusion. The results of the study confirm the steady expansion of the range of the wood pigeon in the region. The occupation of anthropogenic landscapes by the species is uneven. It has widely adapted to agrocenoses and linear features in the landscape. The rate of synanthropisation, in general, is increasing. However, in settlements the species predominantly develops habitats close to nature - large green areas, remote from residential buildings.

Key Words

Stavropol region, *Columba palumbus*; distribution, biotope, synanthropization, urbanization.

ВВЕДЕНИЕ

Вяхирь *Columba palumbus* Linnaeus, 1758 – вид с обширным ареалом [1]. Природоохранный статус вида согласно системе категорий МСОП – LC (вызывающий наименьшие опасения) [2].

В Ставропольском крае вяхирь – гнездящийся пролетный и зимующий вид. Анализ литературных данных XIX – начала XX века показывает неоднородную картину численности и характера пребывания вида в Кавказском крае, в целом, и в различных его частях. Так, М.Н. Богданов [3] в обзоре орнитофауны Кавказа указывает, что вяхирь водится на всем пространстве, «всюду довольно обыкновенен» и уверенно предполагает его зимовку в большом количестве. На обитание вяхиря в лиственных лесах всего Кавказского края, его оседлость в восточном Закавказье указывают Г.И. Радде, К.А. Сатунин [4-6]. Аналогичного мнения придерживается и Н.Я. Динник [7], с уточнением, что в Ставропольской губернии вид не зимует. Также автор отмечает, что вяхирь гнездится преимущественно в предгорьях и горах Кавказа, а около Ставрополя летом не особенно многочислен и еще меньше его на равнинах. Но осенью, во время пролета, численность вяхиря многократно возрастает. Позднее вяхиря, как гнездящийся вид лесов ставропольского лесостепья упоминает И.Б. Волчанецкий [8], как зимующий вид Ставропольского края – С.М. Федоров [9].

В современный период активное расселение вида на Ставрополье началось, вероятно, в 1970-1980-х годах и за последующие десятилетия он широко освоил северную и центральную часть края [10; 11]. Но на начальных этапах в гнездовой период встречался фрагментарно. Так, в летнем населении лесов и искусственных насаждений Ставропольской возвышенности в конце 1970-х и 1980-х годов вид отмечен не был [12; 13]. В зимний период встречаемость вида снижалась с севера к югу края и варьировалась от крупных скоплений до единичных особей. В третьей декаде 1990 года в Ипатовском районе в окрестностях сел Золотаревка, Большие и Малые Родники, Добровольное отмечались скопления вяхиря численностью в 5000-7000 особей [14]. На юге края, в предгорных районах, в этот период вид встречался в небольшом количестве [15]. В период с 1990-х по середину 2000-х годов гнездовая численность вяхиря в Ставропольском крае возросла в 3,5 раза (0,9 тыс. пар и 3,2 тыс. пар, соответственно), послегнездовая в 2,3 раза (3,2 тыс. особей и 7,6 тыс. особей, соответственно) [16]. По результатам исследований, проведенных в 2011 и 2012 годах в лесополосах степных районов Ставрополья (Апанасенковский, Ипатовский, Петровский и Арзгирский районы) в гнездовой период, количество вяхиря составило в 2011 г. – 26 пар, в 2012 г. – 28 пар, при средней встречаемости – 0,33 пары на 1 км (27 пар / 89,8 км) и 0,25 пар/га (27 пар / 108,6 га) [17]. Для агроценозов в целом (поля и лесополосы в совокупности – 1 км² агроценоза = 100 га = 97,7 га пашни + 2,3 га лесополос) средняя гнездовая плотность вяхиря составляла 0,58 пар/км² [17]. По состоянию на 2013 год численность гнездящихся вяхирей в Ставропольском крае в целом составляла около 17700-25900 гнездящихся пар [17].

Упоминание о том, что вяхирь изредка гнезвился на юге Ставропольского края, в лесах региона Кавказские Минеральные Воды в 1950-1960 годы

сохранилось в картотеке выдающегося ставропольского зоолога П.А. Резника [18]. В обзоре орнитофауны Центрального Кавказа этого период Р.Л. Беме [19] также отмечает, что вид в небольшом количестве населяет лиственные леса предгорий. Но конкретных данных по региону КМВ автор не приводит. Восстановить картину приуроченности вяхиря к населенным пунктам современной территории региона Кавказских Минеральных Вод (КМВ) сложно. Вследствие небольшого количества соответствующих опубликованных источников того периода, в целом, и очень условного упоминания, названия населенного пункта – не столько как места реальной встречи, сколько как «географической привязки» участка наблюдений к известным точкам. Опубликованных сведений о населении птиц местности современного расположения г. Кисловодска в XIX веке также крайне мало. В связи с этим, особую ценность для понимания путей формирования орнитофауны имеет труд Ф.К. Лоренца [20], посетившего Кавказ в 1883-1885 гг. Для некоторых видов исследователь напрямую указывает факт встречи непосредственно в населенном пункте. Но вяхирь к их числу не относится. В описаниях Ф.К. Лоренц приводит сведения о весенних встречах вида на пути к Бермамыту, на плато Березовского ущелья и истоках р. Юца.

В современный период в городе-курорте Кисловодске вяхирь в черте населенного пункта в гнездовой период впервые был отмечен в первой половине 1990-х, встречаемость медленно возрастала к 2000-м годам. С начала 2000-х годов подтверждены факты гнездования этого вида в черте других городов КМВ – г. Ессентуки (с 2002 г., по состоянию на 2005 г. – 20-30 пар), г. Железноводск, окрестности г. Пятигорска [21]. Сходные процессы отмечены и для сопредельных территорий – Карачаево-Черкессии [22; 23].

Материалы, полученные в результате проведенных исследований, актуализируют информацию о характере распространения вяхиря на территории Ставропольского края и могут служить основой для дальнейшего долговременного мониторинга распределения вида. Современные сведения о встречаемости вида в антропогенных ландшафтах, в том числе населенных пунктах, лимитирующих факторах, позволяют оценить динамику синантропизации и прогнозировать дальнейшие изменения численности вида на территории края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований

Основные исследования проводились в 2006-2019 годах на территории Ставропольского края, также в обзор включены отдельные наблюдения, сделанные в 2002 и 2003 годах. Регион расположен в центральной части Предкавказья и на северных макросклонах Большого Кавказа. Предкавказская равнина занимает более 80% площади Ставрополья и представляет собой южную часть обширной Восточно-Европейской равнины. Южная часть региона пролегает между Ставропольской возвышенностью и Пастбищным хребтом и относится к предгорьям Кавказа. Протяженность региона составляет 285 км с севера на юг и 370 – с запада на восток. На юге край граничит с Республикой Северная Осетия, Кабардино-Балкарской Республикой, Чеченской Республикой, на западе – с Краснодарским краем, на севере – с Ростовской областью и Республикой

Калмыкия, на востоке – с Республикой Дагестан [24]. В рамках исследований учеты проведены на территориях, имеющих природоохранный статус: *Иргаклинский заказник* (Степновский район) – ООПТ регионального значения; *национальный парк «Кисловодский»* (регион КМВ, город-курорт Кисловодск) – ООПТ федерального значения; *регион Кавказские Минеральные Воды* в границах Ставропольского края (населенные пункты и окрестности; лесополосы, лесные участки у подножия и на склонах останцовых магматических гор – г. Лысая, г. Верблюд, г. Бык). Кавказские Минеральные Воды имеют статус особо охраняемого эколого-курортного региона Российской Федерации. Это надрегиональное образование, включающее в Ставропольском крае – города Георгиевск, Минеральные Воды, Железноводск, Пятигорск, Ессентуки, Кисловодск, Лермонтов, а также районы Минераловодский, Георгиевский и Предгорный; в Кабардино-Балкарской Республике – Зольский район; в Карачаево-Черкесской Республике – Малокарачаевский и Прикубанский районы. Территория КМВ составляет около 10% от площади Ставропольского края [25].

В пределах Ставропольского края выделены следующие природные зоны: полупустынная степная со светло-каштановыми почвами (18% территории края), сухая степь с темно-каштановыми и каштановыми почвами (36%), умеренно-засушливая степь с южными и обыкновенными черноземами (40%) и достаточно увлажненная степь с черноземами слабо-выщелоченными, выщелоченными, темно-серыми лесными почвами (6%).

Исследованиями были охвачены все муниципальные районы края, расположенные как в байрачных лесостепных и степных ландшафтах, так и в предгорных районах на юге региона. Приоритетные маршруты учета определялись с учетом экологических особенностей вида и задачи мониторинга состояния вяхиря на ранее обследованных территориях (собственные данные и, опубликованные в разные периоды, данные других исследователей). Для оценки распределения вида, как дендрофильного и приуроченного, преимущественно, к агроценозам, существенным показателями структуры природно-территориального комплекса региона являются площади сельскохозяйственных угодий и лесов. В земельном фонде края более 92,2% (6102,3 тыс. га) относится к землям сельскохозяйственного назначения и 92,6% (5652 тыс. га) из них – сельскохозяйственные угодья: 69,5% – пашня, 29,8% – естественные кормовые угодья (из них: 27,9%, (1580,1 га) – пастбища и 1,8% (102,1 тыс. га) – сенокосы) [25]. По данным портала органов государственной власти Ставропольского края в регионе производится около 8-10% российских объемов зерна, более 4% сахарной свеклы, 5% подсолнечника, в аграрном секторе наиболее высокие показатели отмечаются в растениеводстве и, в первую очередь, в зерновом производстве [26].

Ставрополье относится к малолесным регионам, общая площадь лесов по состоянию на 2018 год – 130,1 тыс. га, из них леса, расположенные на землях городских и сельских поселений, составляют всего 15,6 тыс. га. Площадь естественных лесов составляет 51,1 тыс. га, искусственного происхождения – 41,2 тыс. га [25]. Степное лесоразведение в крае началось в конце XIX в., однако до середины XX столетия эти работы не носили массового характера. Подавляющее

большинство защитных лесонасаждений в крае создано после принятия в 1948 г. так называемого «Сталинского плана преобразования природы». Особенно много лесополос было высажено с конца 1960-х годов, когда отмечались сильные пыльные бури.

Учеты птиц проводились в различных типах биотопов (лесополосах, байрачных и пойменных лесах, садах, сельских и городских поселениях, хозяйственных объектах (бригады, охотхозяйства, кошары) и т.д.) по всей территории Ставропольского края. В регионе Кавказские Минеральные Воды одной из основных площадок исследований был город-курорт Кисловодск и, находящаяся в его административных границах, особо охраняемая природная территория федерального значения – национальный парк «Кисловодский». ООПТ создана в 2016 году на основе одного из самых больших рукотворных парков в мире – Кисловодского курортного лечебного парка. Площадь национального парка – 965,8 га, из них около 662,2 га покрыты лесом. Это одна из наиболее посещаемых ООПТ в заповедной системе России – в 2019 году по данным туроператоров парк посетило почти 1,5 млн человек.

Общая протяженность проведенных учетов составила более 3 500 км. В данный обзор также включены сведения фрагментарных обследований 2002 и 2003 гг. и результаты, полученные при проведении учетов птиц в Ставропольском крае в 2015-2018 гг., в рамках программы создания Атласа гнездящихся птиц Европы. Обследовано 39 квадратов размером 50×50 км. В рамках исследования было проведено два протяженных (более 200 км) автомобильных учета: с. Киевка – г. Ставрополь (214 км; учтено 0,5 ос. / 100 км); г. Ставрополь – с. Дивное – с. Арзгир (300 км; 3,7 ос. / 100 км).

Основной объем исследований был проведен в гнездовой период, учтено – 1323 особи и 78 гнезд. Во вне гнездовой период (сентябрь-февраль) в северной и центральной части края отмечено 139 особей вяхиря: Апанасенковский (76 ос.), Александровский (2 ос.), Арзгирский (26 ос.), Грачевский (8 ос.), Левокумский (1 ос.), Нефтекумский (3 ос.), Новоселицкий (8 ос.), Степновский (3 ос.), Туркменский (8 ос.), Шпаковский (4 ос.).

Маршрутные учеты проводились с применением общепринятых в орнитологии методик полевых исследований [27-31]. Использовались как пешие, так и автомобильные учеты, позволяющие охватить большие расстояния и оценить приуроченность птиц к линейным объектам антропогенных ландшафтов (автомобильные и железные дороги, ЛЭП), выявить факты антропогенной элиминации. При пеших учетах на протяженных лесных участках (лесные насаждения национального парка «Кисловодский», облесенные участки подножия и склонов гор-лакколитов территории КМВ и др.) вяхирей учитывали визуально и/или по голосу на маршрутах длиной не менее 2 км. Размеры учетной полосы определялась условиями конкретного биотопа (агроценозы, урбанизированные ландшафты, включая селитебные зоны, и др.), в том числе шириной типичного местообитания – лесополос и составляли от 12 до 200 м. Лесополосы, при наличии возможности, обследовались на всем своем протяжении, либо охватывали большую их часть. Учеты проводились преимущественно в гнездовой период, в ранние

утренние часы. В ходе учетов регистрировались и наносились на карту жилые гнезда вяхирей. При описании гнездовых построек использовались специальные карточки, в которых фиксировались следующие данные: дата, погодные условия, биотоп, порода и высота дерева, высота расположения гнезда, способ прикрепления гнезда, строительный материал, содержимое гнезда, наличие и близость водных и антропогенных объектов (хозяйственные постройки и линейные объекты (авто и железные дороги, линии электропередач и др.), гнезд других видов, особенности поведения птиц в гнездовой и вне гнездовой периоды, факты элиминации и др. При проведении учетов оценивался также характер биоценологических связей вида (пересечение, перекрытие гнездовых участков с хищными видами птиц, использование гнездовых построек других видов) и поведение в условиях урбанизированных ландшафтов (дистанция вспугивания).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территориальное распределение и численность

За период исследований вяхирь нами был отмечен в 27 территориальных единицах Ставропольского края – 25 муниципальных районах, 2 городах краевого значения (городские округа Невинномысск, Кисловодск) (рис. 1). Вариативность в периодах, продолжительности и объеме проведенных учетов по отдельным муниципальным единицам, позволяет по результатам исследований оценивать, преимущественно, относительные показатели современной численности и общие тенденции в синантропизации и урбанизации *Columba palumbus* в Ставропольском крае.

Вяхирь по территории края распределен неравномерно, включая районы как растениеводческие, так и животноводческие (рис. 1). В целом, рост численности вяхиря в животноводческих районах сдерживает недостаток древесной растительности на аридных пастбищах. В населенных пунктах и прилегающих к ним территориям вид также распределен неравномерно – помимо структуры озеленения (наличия гнездопригодных мест) сказывается степень антропогенной нагрузки и трансформированности биотопа

По результатам исследований современная среднегодовая численность вяхиря в 25 муниципальных районах Ставропольском крае не превышает $2,58 \pm 0,57 \text{ ос./10 га}$ (в расчет принимались максимальные показатели численности в каждом из районов в крайний год проведенных в них учетов), что выше соответствующих показателей более ранних исследований [16; 17]. Современная гнездовая численность вяхиря на обследованной территории, оцененная методом экстраполяции, составляет около 26 300 – 26 500 пар.

Биотопическое распределение

В Ставропольском крае вяхирь населяет различные типы зеленых насаждений. В целом низкая облесенность региона и консервативность вида в выборе мест гнездования лимитирует его распространение и численность. Основным типом местообитаний являются лесополосы (полезащитные, придорожные) и лесопосадки (насаждения не линейной конфигурации различной площади) в агроландшафтах. По результатам исследований в этих типах местообитаний отмечено:

430 особей (32,5%), 19 гнезд (24,36%) и 18 особей (1,36%), 5 гнезд (6,41%), соответственно. На территории действующих и заброшенных плодовых садов было отмечено 7 особей (0,53%) и 2 гнезда (2,56%) вяхиря.

На участках с древостоем естественного происхождения (фрагменты лесов смешанного типа) отмечены 31 особь (2,34%) и 4 гнезда (5,13%). Вследствие особенностей режима природопользования, отличного от других типов местообитаний степных районов края, в отдельную категорию были выделены учеты, проведенные на территории государственного природного заказника «Иргаклинский». ООПТ находится в 2 км юго-восточнее поселка Иргаклы (Степновский район), площадь 1381 га. Заказник создан с целью сохранения и восстановления степного и полупустынного природных комплексов Терско-Кумской низменности. На территории строго ограничены охота, рыболовство, сбор биологических объектов, туризм; запрещено разорение нор, гнездовой; применение сельскохозяйственных палов, использование ядохимикатов и др. За период исследований на территории Иргаклинского заказника отмечено 11 особей (0,83%) и 4 гнезда (5,13%) вяхиря.

В рамках исследований предпринята попытка анализа приуроченности вяхиря в распространении к различным структурным составляющим антропогенных ландшафтов: элементам системы земледелия и животноводства, организации территории, различным типам населенных пунктов. Такие сведения важны для изучения региональных аспектов путей, механизмов и динамики синантропизации вида. Текущий объем выборки не позволяет сделать однозначные выводы, но определяет актуальные направления для дальнейшего проведения учетов.

В период исследований 11,49% (152 особи) птиц было отмечено в агроландшафтах вне древесных насаждений, на полях, пашнях. На участках расположения хозяйственных объектов и в непосредственной близости от них (бригады, зернотоки, кошары и т.д.), в целом, учтено 50 особей (3,78%) и отмечен 1 факт гнездования (2009 г, лесополоса на участке кошары Гаджи в Апанасенковском районе). На линейных объектах и вблизи от них (обочины автомобильных дорог, лесопосадки вдоль железных дорог) отмечено 8 особей (0,60%).

Вблизи водных объектов различного типа во фрагментах байрачных и пойменных лесов естественного и искусственного происхождения, в лесополосах, на берегах отмечено 129 особей вяхиря (9,75%) и найдено 4 гнезда (5,13%) – Апанасенковский район, озеро Соленое, лесополоса (16 июля 2006 г.; 2 птенца); Левокумский район, р. Кума, пойменный лес (июнь 2015 г.; гнездо); Изобильненский район, озеро Птичь, лесополоса (4 июля 2015 г.; насиживающая самка); Ипатовский район, Бурукшунские разливы, пойменный лес (26 мая 2016 г; гнездо).

В населенных пунктах сельского типа (села, поселки, аулы) отмечено 218 особей (16,48%) и найдено 6 гнезд (7,69%). В их ближайших окрестностях учтено 59 особей (5,09%) и 1 гнездо (1,28%; 2019 г., окрестности хутора Поперечный Туркменского района). Другими исследователями ранее также отмечено гнездование вяхиря в окрестностях поселка Прикалаусский Петровского района, у с. Новая Кугальта Труновского района, у села Золотаревка Ипатовского района, у села Янкуль Андроповского района, у села Манычское Апанасенковского района и др. [16; 32].

В населенных пунктах городского типа и на прилегающих к ним территориях учтено 210 особей (15,87%) и отмечено 31 гнездо (39,74%). Большинство этих показателей – результаты наблюдений в городе-курорте Кисловодске – 172 особи, 30 гнезд (38,46%) из которых 25 на территории парка и сопредельных с ним участках. Также за период исследований вяхирь был отмечен в городах: Ипатово (2 особи; Ипатовский район), Изобильный (2 особи; Изобильненский район), Светлоград (24 особи; Петровский район), Буденовск (1 особь; Буденовский район), Благодарный (9 особей; Благодарненский район). В июне 2019 года в 3 км от границы г. Невинномыска в пойменном лесу было найдено 1 сбитое ветром гнездо. В литературе имеются сведения о гнездовании вяхиря в парках г. Ессентуки (регион КМВ), окрестностях г. Пятигорска (регион КМВ), г. Железноводске (регион КМВ), г. Михайловске Шапковского района, г. Ставрополе [16; 33].

Гнездование

За период с 2006 по 2019 гг. на территории Ставропольского края было обнаружено 78 гнезд вяхиря в 16 муниципальных районах Ставропольского края и двух городах краевого подчинения: город-курорт Кисловодск (30 гнезд; 38,46% от общего объема выборки), Предгорный район (8; 10,26%), Апанасенковский (7; 8,97%), Изобильненский (5; 6,41%), Левокумский (4; 5,13%), Степновский (4; 5,13%), Курский (4; 5,13%), Туркменский (3; 3,85%), Шапковский (3; 3,85%), Минераловодский (3; 3,85%), Грачевский (2; 2,56%), Петровский (1; 1,28%), Ипатовский (1; 1,28%), Нефтекумский (1; 1,28%), Александровский (1; 1,28%), город Невинномысск (1; 1,28%).

На основании встреч особей вяхиря в период размножения на гнездопригодных участках, зафиксированных фактов токования, опубликованных ранее сведений других исследователей, предполагаем современное гнездование вида и в тех муниципальных районах края, где фактически находок гнезд за период обследования не было: Арзгирский, Благодарненский, Буденовский, Труновский, Красногвардейский, Новоселецкий, Новоалександровский, Андроповский, Советский, Георгиевский, Кочубеевский районы. В общем количестве отмеченных гнезд высокая доля найденных в городе-курорте Кисловодске (городском круге) связана с большим охватом этой территории маршрутными обследованиями.

Вяхирь – птица лесных биотопов. В зарубежных и отечественных научных публикациях встречаются упоминания о его нетипичном гнездовании, в том числе и на сооружениях в черте населенных пунктов [34]. Но для территории России они редки и пока не могут считаться устойчивой тенденцией в рамках синантропизации и урбанизации популяций этого вида. На обследованной территории такие факты не отмечены и даже при наличии в биотопе жилых зданий, хозяйственных построек, местом гнездования являлись древесные насаждения различных типов. В степных и лесостепных районах северной и центральной части края гнезда располагались на лиственных породах: вяз, акация, клен, тополь, гледичия и др. (рис. 2).

В Кисловодске наблюдался иной характер выбора мест гнездования. В административных границах города в 96,67% (n=29) случаев вяхирь строил гнезда на хвойных видах деревьев (ель, сосна, туя, кипарисовик), даже в тех биотопах, где они не являлись доминирующими в

древостое и нередко были единичными в смешанных насаждениях. Аналогичное предпочтение отмечено в Ленинградской, Саратовской областях, г. Калининграде [35–37]. В тоже время по результатам исследований в Рязанской, Московской и Новгородской областях отмечена противоположная тенденция – чистые сосняки, леса с преобладанием сосны заселялись вяхирям с наиболее низкой плотностью [17]. Предполагаем, что на исследуемой территории одна из возможных причин предпочтения вяхирем для гнездования отдельных хвойных пород связана с особенностями их архитектоники. Например, ель позволяет высоко расположить гнездо при его хорошей маскировке густыми ветвями (рис. 3). При обитании в урбанизированных ландшафтах, лесных участках с высокой рекреационной нагрузкой, повышенным фактором беспокойства это дает определенные преимущества – трудноступность для наземных хищников и человека.

По результатам наблюдений основные типы расположения гнезд вяхиря – в развилке, на отходящих боковых ветвях второго порядка. Средняя высота расположения гнезд (n=62) вяхиря над землей составила $5,23 \pm 0,20$ м, что несколько выше ранее опубликованных показателей по Ставропольскому краю ($4,93 \pm 0,26$ м; [16]). Около половины отмеченных гнезд (40,32%; n=25) были построены в диапазоне 5,8–8 м, остальные располагались ниже: 4,6–5,6 м (27,42%; n=17); 3,3–4,5 м (16,13%, n=10); 1,8–3,2 м (16,13%, n=10). В этой выборке к верхним пределам относилось больше половины гнезд (63,33%, n=19), отмеченных в г. Кисловодске (n=30), где средняя высота расположения гнезда составляла $6,25 \pm 0,18$ м. Средняя высота расположения на разных породах деревьев составляла: ель – $6,5 \pm 0,25$ м (n=15), вяз – $3,62 \pm 0,30$ (n=10), сосна – $6,78 \pm 0,33$ (n=9), акация – $5,17 \pm 0,65$ (n=7), клен – $5,4 \pm 0,41$ (n=5), туя – $5,2 \pm 0,14$ (n=5).

Целенаправленных объемных исследований гнездовой экологии вяхиря не проводилось, но в ходе учетов собраны отдельные, представляющие интерес, сведения. Наиболее ранее появление вяхиря на участках гнездования, отчетливые проявления токования отмечены в третьей декаде марта. На территории национального парка «Кисловодский» спаривание и строительство гнезд отмечается с первой декады апреля. По наблюдениям за процессом строительства 3 гнезд в рекреационной зоне национального парка «Кисловодский», птицы собирали материал, преимущественно, в радиусе не более 50 м от гнездового дерева.

Гнездо вяхиря обычно представляет собой рыхлый, нередко просвечивающийся настил из тонких веточек с плоским лотком, выстланным сухой травой, корешками, могут встречаться перья, пух, шерсть. В ходе исследований отмечены также довольно массивные гнездовые постройки (рис. 3). В большинстве случаев они обустроены на месте прежней полуразвалившейся конструкции гнезд других видов птиц (сороки, вороны, сойки) и белок. На территории национального парка «Кисловодский» отмечен факт многократного использования одной гнездовой постройки разными видами: в апреле 2017 года вяхирь загнездился в спелых сосновых насаждениях на г. Сосновая, использовав остатки почти развалившееся гнезда белки, в мае 2018 года в этой конструкции отмечены факты дневки ушастой совы (рис. 4).



Рисунок 1. Общая численность *Columba palumbus* на обследованной территории Ставропольского края (2006-2019 гг.; ос./10 га)

Примечание: количество птиц приведено в единицах особей / 10 гектар. В интервале количественных показателей первый – обозначает минимальное значение за весь исследуемый период в данном районе, второе – актуальный показатель (кол-во учтенных особей в крайний год исследований в данном районе). * – учеты в данном районе проводились однократно (в течение одного года из всего периода исследований)

Figure 1. The total number of *Columba palumbus* in the surveyed area of the Stavropol region (2006-2019; individuals/10 hectares)

Note: the number of birds is given in units of individuals / 10 hectares. In the range of quantitative indicators, the first indicates the minimum value for the entire study period in a given area, the second indicates the current indicator (number of individuals taken into account in the last year of research in this area). * – surveys in this area were carried out once (during one year of the entire research period)

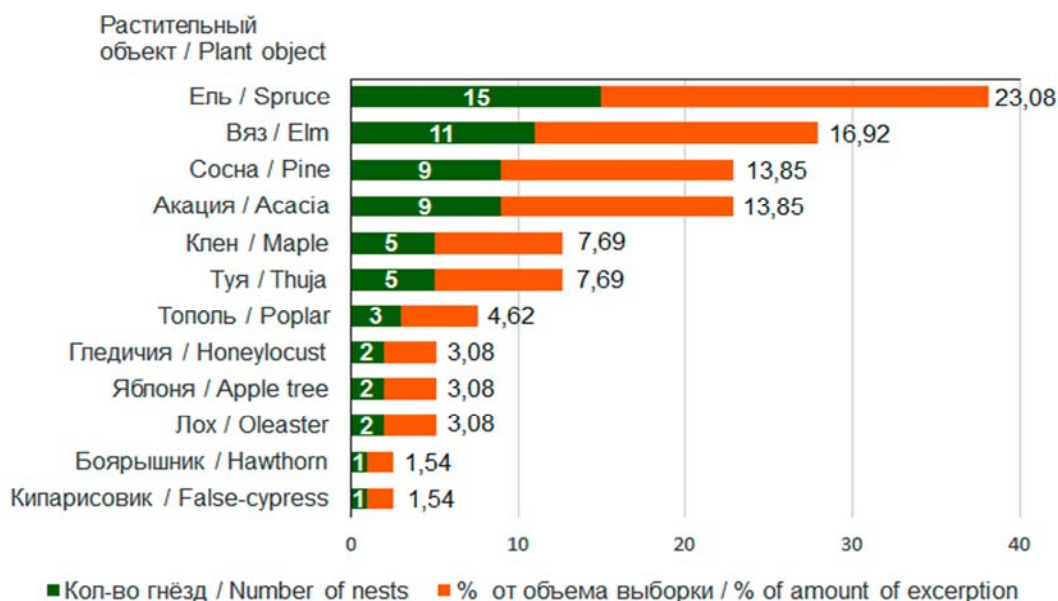


Рисунок 2. Распределение гнёзд (n=65) вяхиря по видам древесных растений в Ставропольском крае (2006-2019 гг.)
Figure 2. Distribution of nests (n=65) of the wood pigeon in species of woody plants in the Stavropol region (2006-2019)

Заселение вяхирем гнёзд белок отмечено в Европе [16].

При обследовании различных типов биотопов отмечены, факты частичного или полного перекрытия гнездовых участков вяхиря с таковыми других видов птиц. Зафиксированы случаи гнездования *Columba palumbus*: в заселенных грачевниках *Corvus frugilegus* (Нефтекумский район, аул Бияш, 6 мая 2007 г.; Туркменский район, село Кучерла, 12 июня 2010 г.); в колонии черногрудого воробья *Passer hispaniolensis* (Левокумский район, село Величаевское – село Турксад, 30 июня 2006 г.); вблизи гнезда чернолобого сорокопуга *Lanius minor* (Изобильненский район, поселок Рыздвянный, 6 мая 2010 года, расстояние 10 м). Также отмечено гнездование вяхиря близи гнезд хищных птиц: могильника *Aquila heliaca* (Шпаковский район, пос. Новый Бешпагир, 17 июня 2012 г., расстояние между гнездами 120 м), обыкновенной пустельги *Falco tinnunculus* (Минераловодский район, г. Верблюд, 11 июня 2014 г., расстояние 3 м; Предгорный район, г. Лысая, 12 июня 2014 г.; расстояние 15 м; Изобильненский район, окрестности п. Солнечнодольск, 24 мая 2017 г., расстояние 5 м); орлана-белохвоста *Haliaeetus albicilla* (Степновский район, Иргаклинский заказник, 12 июня 2019 г., расстояние 45 м), там же были отмечены 2 гнезда чернолобого сорокопуга в 5 и 12 м; вблизи места гнездования канюка обыкновенного *Buteo buteo* (Предгорный район, г. Бык, 11 июня 2014 г., расстояние 25 м). Подобное поведение вида при гнездостроении отмечено в Ставропольском крае и другими исследователями: гнезда вяхиря располагались на участке, заселенном орланом-белохвостом, европейским тювиком *Accipiter brevipes*, кобчиком *Falco vespertinus* [17].

Для гнездования вяхирь нередко использует гнезда (целые или остатки конструкций) других видов птиц. Так, 13 июня 2016 г. в Апанащенковском районе в

3 км от села Киевка было обнаружено гнездо вяхиря с 2 яйцами в гнезде грача. Ранее в крае отмечалось гнездование вяхиря в старых гнездах серой вороны *Corvus cornix* [10]. Аналогичные случаи гнездования вяхиря в старых гнездах врановых (сороки *Pica pica*, серой вороны, грача) отмечены и в других частях ареала [36-39].

В Ставропольском крае за сезон вяхирь делает две кладки, предполагается также возможность третьей в случае гибели предыдущей [16; 40]. По результатам наших исследований наиболее ранние кладки отмечены во второй декаде апреля. Из гнезд, доступных для осмотра их содержимого, в 11 были отмечены кладки, в которых было 1 (27,27%, n=3) либо 2 яйца (72,73%, n=8), в среднем $1,73 \pm 0,15$, что соответствует биологии вида и согласуется с данными предыдущих исследований в Ставропольском крае [16; 32]. Также в ходе учетов было найдено 13 гнезд с птенцами, в 2 из них находилось по 1 птенцу (15,38%), в 11 гнездах по 2 (84,62%), в среднем $1,85 \pm 0,11$.

Элиминация и лимитирующие факторы

По нашим наблюдениям, одними из основных естественных врагов вяхиря на исследуемой территории являются тетеревиатник *Accipiter gentilis* и серая ворона. Так, 23 июня 2015 года в 3 км от села Киевка Апанащенковского района возле гнезда вяхиря с 1 яйцом на пне лежала погибшая самка с повреждениями головы, характерными для нападения тетеревиатника (1 особь этого вида отмечена в 50 м от этого места). Аналогичный случай был отмечен 7 июня 2018 г. в пойменном лесу р. Кума в 23 км от села Величаевское Левокумского района. Усиление пресса тетеревиатника и других хищников в естественных биотопах может стимулировать процесс синантропизации вяхиря, его внедрения в урбанизированные ландшафты [41].



Рисунок 3. Гнездование вяхиря на участке популярной ландшафтной достопримечательности «Царская площадка» (Ставропольский край, Национальный парк «Кисловодский», апрель 2017 г.)

Примечание: 1,3 – гнездо вяхиря на боковых ветвях вековой ели европейской, входящей в состав ландшафтной композиции «Русский хоровод»; 2 – сбор материала для строительства гнезда. Фото В.В. Юферевой

Figure 3. Nesting of the wood pigeon in the popular landscape attraction, Tsarskaya ploshchadka, (Stavropol region, Kislovodsk National Park, April 2017)

Note: 1, 3 – A wood pigeon's nest on the side branches of a centuries-old European spruce, part of the landscape composition "Russkii khorovod"; 2 – collecting material for the construction of the nest. Photo V.V. Yufereva



Рисунок 4. Многократное использование гнездовой постройки (Ставропольский край, Национальный парк «Кисловодский», 2013-2018 гг.)

Примечание: 1 – место расположение гнезда. Построено белкой в 2013 г.; 2 – в апреле 2018 года вяхирь построил гнездо с использованием остатков развалившегося гнезда белки; 3 – в мае 2019 года в гнезде отмечены факты дневки ушастой совы. Фото В.В. Юферевой

Figure 4. Reuse of a nest (Stavropol region, Kislovodsk National Park, 2013-2018)

Note: 1 – location of the nest. Originally built by a squirrel in 2013; 2 – in April 2018, a woodpigeon built a nest using the remains of the crashed squirrel's nest; 3 – in May 2019, the results of a long-eared owl's stay during daylight hours. Photo V.V. Yufereva

В Иргаклинском заказнике 12 июня 2019 г. зафиксирован факт разорения серой вороной гнезда вяхиря с

кладкой (2 яйца). Также ранее, 1 мая 2010 г. серой вороной было разорено гнездо с кладкой (2 яйца) в

старом заброшенном яблонево́м саду в 4 км от поселка Рыздвянный Изобильненского района; 24 мая 2017 г. – гнездо с кладкой (2 яйца) в лесополосе в 11 км от поселка Солнечнодольск того же района. Фрагменты костей и перьев вяхиря были отмечены в мае 2017 г. в погадках филина, собранных в поселке Ясный Туркменского района.

Существенным лимитирующим фактором в период гнездования являются погодные условия. В конце июня-июле 2019 года отмечена гибель птенцов в период значительного повышения скорости ветра, понижения среднесуточной температуры и продолжительных осадков. Гнезда, сбитые ветром, обнаружены в Пиевском лесу Курского района, в пойменном лесу р. Кубани в 3 км от г. Невинномыска и в лесополосе в 6 км от села Бешпагир Грачевского района.

В Ставропольском крае зафиксированы случаи антропогенной элиминации вяхиря на дорогах в результате столкновения с автотранспортом, на ЛЭП [42].

Тенденции синантропизации и урбанизации

Анализируя успешность освоения *Columba palumbus* антропогенных ландшафтов в разных частях ареала, расширение видом количества гнездовых и кормовых биотопов за счет территорий населенных пунктов, ряд авторов предполагает формирование нового урбофильного типа, специфической городской популяции вяхиря [37; 43].

По результатам исследований в Ставропольском крае до 2018 года в степных районах северной и центральной части региона большинство гнездовых участков вяхиря по отношению к населенным пунктам находилось в относительном отдалении (от 1 км и более от жилых построек на окраине) и были зафиксированы только немногие факты гнездования в административной черте поселений на участках с низкой антропогенной нагрузкой. Например, в п. Рыздвянный (Изобильненский район) в заброшенном яблонево́м саду (2010 г.), на кладбище с. Птичье (Изобильненский район; 2018 г.). Анализ опубликованных сведений показывает сходный характер гнездования вида 2000-2010 гг. в урбанизированных ландшафтах различных частей Ставрополья [16; 21; 44]. Но в последние годы процесс освоения видом населенных пунктов, в том числе их селитебных зон и небольших парков, скверов, идет более активно [45]. Так, на исследуемой территории в 2019 году 26 июня было найдено гнездо с 2 птенцами в сквере у здания администрации села Летняя Ставка (Туркменский район); 1 июля – гнездо с 2 слетками в парке станции Курская (Курской район).

В Кисловодске гнезда *Columba palumbus*, преимущественно, располагались по периферии города (промышленная зона, расположенные по окраинам садовые товарищества, лесхоз) и в лесных насаждениях национального парка «Кисловодский» (до 2016 года являвшегося Кисловодским курортным лечебным парком). В 2017-2019 годах на территории национального парка отмечено, не наблюдавшееся ранее, активное освоение вяхирем участков с высокой рекреационной нагрузкой. Так, зафиксировано гнездование вида на популярной ландшафтной достопримечательности парка – «Царская площадка» (рис. 3). В разгар курортного сезона посещаемость этого

участка может достигать 5 000 человек и более в течение светового дня. При этом произошло смещение не только в пассивной толерантности вида к фактору постоянного присутствия человека на участке гнездования, но и в восприятии птицами человека, как фактора опасности, даже при прямом целенаправленном приближении. Наблюдались факты сокращения дистанции вспугивания до 3 м, что существенно, в сравнении со средним значением, зафиксированным ранее в удаленных мало посещаемых (20,7 м) и умеренно посещаемых участках парка (8,3 м). Отмеченные изменения в поведении проходят на фоне общего повышения среднегодовой плотности вида в г. Кисловодске и окрестностях. В сравнении с данными на 2011 год этот показатель увеличился более чем в 5 раз – с 0,5 до 2,6 ос./км². Аналогичные изменения в поведении вида отмечены и в других частях ареала – на территории Национального экспозентра Украины птицы подпускают отдыхающих на расстояние вытянутой руки [43].

Также в апреле 2019 году отмечено гнездование вяхиря на еще одном посещаемом объекте национального парка – площадке семейного отдыха «Солнечная» (на месте, действовавшего в советские годы аэросолярия на горе Сосновая). Интересно отметить, что при наличии вокруг площадки в большом объеме спелых древесных насаждений (смешанных и моновидовых) типичных для гнездования вида, гнездо было построено на одном из деревьев кипарисовика, входящем в состав живой изгороди рекреационного объекта. При этом архитектура дерева ограничила возможности в высоте расположения гнезда, поэтому оно было построено нетипично низко (h=3 м) для популяции вяхиря в национальном парке.

Анализ результатов собственных исследований и опубликованных данных по региону свидетельствует о том, что в целом, популяция вяхиря на территории Ставропольского края находится в начальной фазе синантропизации и в умеренной динамике переходит на вторую стадию – внедрение в урбанизированные ландшафты [46; 47]. В настоящее время вид населяет преимущественно агроландшафты, периферийные участки сельских населенных пунктов, малых (население до 20 тыс. чел.) и средних городов (20-100 тыс. чел.), но отмечаются отдельные факты гнездования в рекреационных и селитебных зонах больших (100-250 тыс. чел.) и крупных городов (250 тыс. – 1 млн. чел.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования подтверждают устойчивую территориальную экспансию и рост численности вяхиря в Ставропольском крае, происходящие, преимущественно за счет освоения агроландшафтов (лесополосы, лесопосадки, населенные пункты сельского типа). С начала XXI века активизировались процессы синантропизации и урбанизации вида в различных частях региона, но, в целом, они пока находятся в начальной фазе, асинхронны и фрагментированы. Отмеченный в отдельных населенных пунктах края тренд успешного гнездования в селитебных и промышленных зонах, участках зеленых зон с высокой рекреационной нагрузкой, снижения дистанции вспугивания, могут свидетельствовать о первом этапе формирования экологически и поведенчески специализированных урбопопуляций

вяхиря. Насколько быстро будет проходить этот процесс, покажет ближайшее десятилетие. Одним из вариантов развития событий, может быть, пример еще одного вида Голубеобразных – кольчатой горлицы *Streptopelia decaocto* на территории Кавказских Минеральных Вод. В настоящее время этот вид, появившийся в регионе в начале 1970-х годов [48], является стабильным обитателем многих населенных пунктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). Москва: ИКЦ Академкнига, 2003. 808 с.
2. BirdLife International. 2018. *Columba palumbus*. Красный список угрожаемых видов МСОП 2018: e.T22690103A131924602. URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22690103A131924602.en> (дата обращения: 27.04.2020)
3. Богданов М.Н. Птицы Кавказа // Труды общества естествоиспытателей при императорском Казанском университете. 1879. Т. VIII. Вып. 4. 187 с.
4. Радде Г.И. Орнитологическая фауна Кавказа. Тифлис: Типография Главноначальствующего гражданской части на Кавказе, 1884. 451 с.
5. Сатунин К.А. Материалы к познанию птиц Кавказского края // Записки Кавказского отдела Императорского Русского Географического общества. 1907. Кн. XXVI. Вып. 3. 144 с.
6. Сатунин К.А. Систематический каталог птиц Кавказского края // Записки Кавказского отдела Императорского русского географического общества. 1911. Кн. XXVIII. Вып. 1. 195 с.
7. Динник Н.Я. Орнитологические наблюдения на Кавказе // Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей. 1886. Т. 17. Вып. 1. С. 260-378.
8. Волчанецкий И.Б. Очерк орнитофауны восточного Предкавказья // Труды научно-исследовательского института биологии и биологического факультета Харьковского государственного университета. 1959. Т. 27. С. 7-38.
9. Федоров С.М. Птицы Ставропольского края // Материалы по изучению Ставропольского края. 1955. Вып. 7. С. 165-195.
10. Хохлов А.Н. Об увеличении гнездовой численности вяхиря на Ставрополье // Материалы Всесоюзного научно-методического совещания зоологов педвузов. 1990. Часть II. С. 242-244.
11. Белик В.П. Птицы искусственных лесов степного Предкавказья: Состав и формирование орнитофауны в засушливых условиях. Кривой Рог, 2009. 216 с.
12. Лиховид А.И. Летнее население птиц лесов Ставропольской возвышенности // Фауна Ставрополя. 1977. Вып. 2. С. 25-27.
13. Лиховид А.И. Летнее население птиц искусственных лесонасаждений Ставропольской возвышенности // Животный мир Предкавказья и сопредельных территорий. Ставрополь, 1988. С. 72-87.
14. Скиба С.Б., Лиховид А.А., Драч В.Е. К зимней орнитофауне Ставропольского края // Материалы научно-практической конференции «Экология, охрана и воспроизводство животных Ставропольского края и сопредельных территорий», Ставрополь, 8-10 октября 1991. С. 55-56.
15. Хохлов А.Н., Тельпов В.А., Битаров В.Н. Зимняя авифауна г. Кисловодска и его окрестностей (Ставропольский край) // Материалы научно-практической конференции «Фауна, население и экология птиц Северного Кавказа», Ставрополь, 23-27 апреля 1991. С. 123-135.
16. Бобенко О.А. Экология вяхиря (*Columba palumbus*) в Ставропольском крае // Вестник ОГУ. 2009. N 2. С. 111-116.
17. Мищенко А.Л., Федосов В.Н., Тильба П.А., Суханова О.В., Межнев А.П. Численность и экология вяхиря (*Columba palumbus*) в разных регионах Европейской России // Вестник охотоведения. 2013. Т. 10. N 2. С. 167-176.
18. Доронин И.В., Костенко А.В. Научная картотека П.А. Резника по изучению наземных позвоночных животных Ставропольского края (к 100-летию со дня рождения ученого) // Русский орнитологический журнал. 2013. Т. 22, Экспресс-выпуск 908. С. 2169-2207.
19. Беме Р.Л. Птицы Центрального Кавказа // Ученые записки Северо-Осетинского гос. пед. ин-та. 1958. Т. XXIII. Вып. I. С. 111-183.
20. Lorenz Th. Beitrag zur Kenntniss der ornithologischen Fauna an der Nordseite des Kaukasus: Non-Passeriformes (оригинал 1887 г.) // Стрепет. 2010. Т. 8. Вып. 1. С. 5-27.
21. Хохлов А.Н., Ильях М.П., Есипенко Л.П., Заболотный Н.Л., Бобенко О.А., Парфенов Е.А., Хохлов Н.А. О гнездовании вяхиря в малых городах Предкавказья // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экологии и природопользования», Ставрополь, ноябрь 2005. Т. 1. 451 с.
22. Караваев А.А., Хубиев А.Б., Казиев У.З. Изменения фауны и населения птиц Карачаево-Черкесской Республики // Известия высших учебных заведений: Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2009. Вып. 2. С. 86-89.
23. Караваев А.А., Казиев У.З., Хубиев А.Б., Хохлов А.Н. Птицы населенных пунктов Карачаево-Черкессии // Труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. 2013. Вып. 54. 248 с.
24. Шальнев В.А. Ландшафты Северного Кавказа: эволюция и современность. Ставрополь: СГУ, 2004. 264 с.
25. Доклад о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2018 году. Ставрополь, 2019. 140 с.
26. Сельское хозяйство // Портал органов государственной власти Ставропольского края. URL: <https://stavregion.ru/stat/economics/agriculture/> (дата обращения: 23.04.2020)
27. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных животных. Москва, 1953. 502 с.
28. Наумов Н.П. Экология животных. Москва: Высшая школа, 1963. 618 с.
29. Равкин Ю.С., Доброхотов Б.П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во вне гнездовое время // Организации и методы учета птиц и вредных грызунов. Москва, 1963. С. 130-136.
30. Равкин Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66-75.
31. Бибби К., Джонс М., Марсден С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учёты

- птиц (перевод с англ.). М.: Союз охраны птиц России, 2000. С. 112-133.
32. Ильях М.П., Хохлов А.Н. Кладки и размеры яиц птиц Центрального Предкавказья. Ставрополь: Ставропольское отделение Союза охраны птиц России, 2006. 220 с.
33. Ильях М.П., Юферева В.В., Хохлов А.Н., Тельпов В.А., Хохлов А.Н. Орнитофауна г. Ставрополя // Материалы научно-практической конференции «Птицы Кавказа: история изучения, жизнь в урбанизированной среде», Кисловодск, 29 апреля – 1 мая 2013 г., С. 117-132.
34. Лыков Е.Л., Астафьев Т.В., Гришанов Г.В. Нетипичное расположение гнезд вяхиря *Columba palumbus* в населенных пунктах Калининградской области // Русский орнитологический журнал. 2012. Т. 21. Экспресс-выпуск 761. С. 1234-1236.
35. Прокофьева И.В. К экологии вяхиря *Columba palumbus* в гнездовой период // Русский орнитологический журнал. 2003. Экспресс-выпуск 242. С. 1245-1249.
36. Якушев Н.Н., Завьялов Е.В., Табачишин В.Г., Мосолова Е.Ю. О биологии вяхиря *Columba palumbus* в условиях Саратовской области // Русский орнитологический журнал. 2004. Т. 13. Экспресс-выпуск 257. С. 313-318.
37. Лыков Е.Л. Биология гнездования вяхиря в условиях города (на примере Калининграда) // Беркут. 2009. N 18. Вып. 1-2. С. 54-68.
38. Будниченко А.С. Птицы искусственных лесонасаждений степного ландшафта и их питание // Птицы искусственных лесонасаждений. Воронеж, 1965. С. 5-285.
39. Комаров Ю.Е. Голубеобразные трансформированных ландшафтов Северной Осетии // Синантропизация животных Северного Кавказа. Ставрополь, 1989. С. 46-49.
40. Бобенко О.А., Хохлов А.Н., Ильях М.П. Сроки и особенности гнездового периода голубеобразных в Ставропольском крае // Кавказский орнитологический вестник. 2011. Вып. 23. С. 9-14.
41. Белик В.П. Хищничество тетеревины и его роль в биоценозах // Материалы к 4 конференции по хищным птицам Северной Евразии «Ястреб-тетеревятник: Место в экосистемах России», Пенза, 1-3 февраля 2003 г. С. 146-168.
42. Шевцов А.С., Ильях М.П., Хохлов А.Н. Антропогенная элиминация наземных позвоночных Центрального Предкавказья. Ставрополь, 2012. 128 с.
43. Редчук П.С., Костюшкин В.А. О синантропизации *Columba palumbus* в Киевской области // Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26. Экспресс-выпуск 1511. С. 4304-4306.
44. Костенко А.В. О структуре населения птиц различных лесных массивов Ставропольских высот // Кавказский орнитологический вестник. 2011. Вып. 23. С. 47-57.
45. Юферева В.В., Тельпов В.А., Герасименко Т.В. Орнитофауна городов юга Европейской части России // Кавказский орнитологический вестник. 2011. Вып. 23. С. 127-160.
46. Tomiałojć L. The urban population of the Woodpigeon *Columba palumbus* Linnaeus, 1758, in Europe – its origin, increase and distribution // Acta zoologica cracoviensia. 1976. Т. 21. N 18. С. 585-632.
47. Астафьева Т.В., Гришанов Г.В., Лыков Е.Л. История формирования и современное состояние городской популяции вяхиря *Columba palumbus* L. в Калининграде // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. Вып. 7. С. 51-58.
48. Тельпов В.А. Кольчатая горлица на Кавминводах // Экологические проблемы Ставропольского края и сопредельных территорий. Ставрополь, 1989. 308 с.

REFERENCES

- Stepanyan L.S. *Konspekt ornitologicheskoi fauny Rossii i sopredel'nykh territorii (v granitsakh SSSR kak istoricheskoi oblasti)* [Abstract of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region)]. Moscow, Akademkniga Publ., 2003, 808 p. (In Russian)
- BirdLife International. 2018. *Columba palumbus*. Available at: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22690103A131924602.en> (accessed: 27.04.2020)
- Bogdanov M.N. [Birds of the Caucasus]. In: *Trudy obshchestva estestvoispytatelei pri imperatorskom Kazanskom universitete* [Proceedings of the Society of Natural Scientists at the Imperial Kazan University]. 1879, vol. VIII, ed. 4, 187 p. (In Russian)
- Radde G.I. *Ornitologicheskaya fauna Kavkaza* [Ornithological fauna of the Caucasus]. Tiflis, Commander-in-Chief of the civil unit in the Caucasus Publ., 1884, 451 p. (In Russian)
- Satunin K.A. [Materials for the knowledge of birds of the Caucasus region]. In: *Zapiski Kavkazskogo otdela Imperatorskogo Russkogo Geograficheskogo obshchestva* [Notes of the Caucasian Department of the Imperial Russian Geographical Society]. 1907, book XXVI, ed. 3, 144 p. (In Russian)
- Satunin K.A. [Systematic catalog of birds of the Caucasus Region]. In: *Zapiski Kavkazskogo otdela Imperatorskogo Russkogo Geograficheskogo obshchestva* [Notes of the Caucasian Department of the Imperial Russian Geographical Society]. 1911, book XXVIII, ed. 1, 195 p. (In Russian)
- Dinnik N.Ya. [Ornithological observations in the Caucasus]. In: *Trudy S.-Peterburgskogo obshchestva estestvoispytatelei* [Proceedings of the St. Petersburg Society of Natural Scientists]. 1886, vol. 17, ed. 1, pp. 260-378. (In Russian)
- Volchanetskii I.B. [An essay on the avifauna of the Eastern Ciscaucasia]. In: *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta biologii i biologicheskogo fakul'teta Khar'kovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Research Institute of Biology and the Faculty of Biology of Kharkiv State University]. 1959, vol. 27, pp. 7-38. (In Russian)
- Fedorov S.M. *Ptitsy Stavropol'skogo kraia* [Birds of the Stavropol region]. In: *Materialy po izucheniyu Stavropol'skogo kraia* [Materials for the study of the Stavropol region]. 1955, ed. 7, pp. 165-195. (In Russian)
- Khokhlov A.N. *Ob uvelichenii gnezdovoi chislennosti vyakhirya na Stavropol'e* [About the increase in the breeding population of woodpigeon in the Stavropol region]. In: *Materialy Vsesoyuznogo nauchno-metodicheskogo soveshchaniya zoologov pedvuzov* [Materials of the All-Union scientific and methodological meeting of zoologists of pedagogical universities]. 1990, part II, pp. 242-244. (In Russian)
- Belik V.P. *Ptitsy iskusstvennykh lesov stepnogo Predkavkaz'ya: Sostav i formirovanie ornitofauny v*

- zasushlivykh usloviyakh* [Birds of artificial forests of the steppe Pre-Caucasus: Composition and formation of avifauna in arid conditions]. Krivoi Rog, 2009, 216 p. (In Russian)
12. Likhovid A.I. [Summer bird population of the forests of the Stavropol Upland]. In: *Fauna Stavropol'ya* [Fauna of the Stavropol region]. 1977, ed. 2, pp. 25-27. (In Russian)
 13. Likhovid A.I. *Letnee naselenie ptits iskusstvennykh lesonasazhdenii Stavropol'skoi vozvysheynosti* [Summer bird population of artificial forest plantations of the Stavropol Upland]. In: *Zhivotnyi mir Predkavkaz'ya i sopredel'nykh territorii* [The animal world of the Pre-Caucasus and adjacent territories]. Stavropol, 1988, pp. 72-87. (In Russian)
 14. Skiba S.B., Likhovid A.A., Drach V.E. K zimnei ornitofaune Stavropol'skogo kraya [To the winter avifauna of the Stavropol region]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekologiya, okhrana i vosproizvodstvo zhivotnykh Stavropol'skogo kraya i sopredel'nykh territorii», Stavropol', 8-10 oktyabrya 1991* [Materials of the scientific and practical conference "Ecology, protection and reproduction of animals of the Stavropol region and adjacent territories", Stavropol, 8-10 October, 1991], Stavropol, 1991, pp. 55-56. (In Russian)
 15. Khokhlov A.N., Tel'pov V.A., Bitarov V.N. Zimnyaya avifauna g. Kislovodsk i ego okrestnostei (Stavropol'skii krai) [Winter avifauna of Kislovodsk and its environs (Stavropol region)]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii «Fauna, naselenie i ekologiya ptits Severnogo Kavkaza», Stavropol', 23-27 aprelya 1991* [Materials of the scientific and practical conference "Fauna, population and ecology of birds of the North Caucasus", Stavropol, 23-27 April, 1991]. Stavropol, 1991, pp. 123-135. (In Russian)
 16. Bobenko O.A. Ecology of cushat (*Columba palumbus*) in Stavropol kray. *Vestnik OGU* [Vestnik of the Orenburg State University]. 2009, no. 2, pp. 111-116. (In Russian)
 17. Mishchenko A.L., Fedosov V.N., Til'ba P.A., Sukhanova O.V., Mezhev A.P. The number and ecology of the woodpigeon (*Columba palumbus*) in different regions of European Russia. *Vestnik okhotovedeniya* [Bulletin of Hunting Studies]. 2013, vol. 10, no. 2, pp. 167-176. (In Russian)
 18. Doronin I.V., Kostenko A.V. Nauchnaya kartoteka P.A. Scientific card file of P. A. Reznik on the study of terrestrial vertebrates of the Stavropol region (to the 100th anniversary of the scientist's birth). *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [Russian Ornithological Journal]. 2013, vol. 22, express ed. 908, pp. 2169-2207. (In Russian)
 19. Beme R.L. [Birds of the Central Caucasus]. In: *Uchenye zapiski Severo-Osetinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta* [Scientific notes of the North Ossetian State Pedagogical Institute]. 1958, vol. XXIII, ed. I., pp. 111-183. (In Russian)
 20. Lorenz Th. [Contribution to knowledge of the ornithological fauna on the north side of the Caucasus: Non-Passeriformes (original 1887)]. In: *Strept* [Strept]. 2010, vol. 8, ed. 1, pp. 5-27. (In Russian)
 21. Khokhlov A.N., Il'yukh M.P., Esipenko L.P., Zabolotnyi N.L., Bobenko O.A., Parfenov E.A., Khokhlov N.A. O gnezdovanii vyakhirya v malykh gorodakh Predkavkaz'ya [About the nesting of woodpigeon in small towns of the Pre-Caucasus]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye voprosy ekologii i prirodnopol'zovaniya» Stavropol', noyabr' 2005* [Collection of materials of the international scientific and practical conference "Topical issues of ecology and nature management", Stavropol, November, 2005]. Stavropol, 2005, vol. 1, 451 p. (In Russian)
 22. Karavaev A.A., Khubiev A.B., Kaziev U.Z. Changes in the fauna and bird population of the Karachay-Cherkess Republic. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii: Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki* [News of higher educational institutions: The North Caucasus region. Natural sciences]. 2009, vol. 2, pp. 86-89. (In Russian)
 23. Karavaev A.A., Kaziev U.Z., Khubiev A.B., Khokhlov A.N. [Birds of localities of Karachay-Cherkessia]. In: *Trudy Teberdinskogo gosudarstvennogo prirodnogo biosfernogo zapovednika* [Proceedings of the Teberdinsky State Natural Biosphere Reserve]. 2013, ed. 54, 248 p. (In Russian)
 24. Shal'nev V.A. *Landshafty Severnogo Kavkaza: evolyutsiya i sovremennost'* [Landscapes of the North Caucasus: evolution and modernity]. Stavropol, SGU Publ., 2004, 264 p. (In Russian)
 25. *Doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy i prirodnopol'zovanii v Stavropol'skom krae v 2018 godu* [Report on the state of the environment and nature management in the Stavropol region in 2018]. Stavropol, 2019, 140 p. (In Russian)
 26. *Sel'skoe khozyaistvo. Portal organov gosudarstvennoi vlasti Stavropol'skogo kraya* [Agricultural industry. Portal of state authorities of the Stavropol region]. Available at: <https://stavregion.ru/stat/economics/agriculture/> (accessed 23.04.2020)
 27. Novikov G.A. *Polevye issledovaniya po ekologii nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh* [Field research on the ecology of terrestrial vertebrates]. Moscow, 1953, 502 p. (In Russian)
 28. Naumov N.P. *Ekologiya zhivotnykh* [Animal ecology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1963, 618 p. (In Russian)
 29. Ravkin Yu.S., Dobrohotov B.P. K metodike ucheta ptits lesnykh landshaftov vo vne gnezdovoe vremya [On the methodology of accounting for birds of forest landscapes in non-breeding time]. In: *Organizatsii i metody ucheta ptits i vrednykh gryzunov* [Organizations and methods of accounting for birds and harmful rodents]. Moscow, 1963, pp. 130-136. (In Russian)
 30. Ravkin Yu.S. *K metodike ucheta ptits lesnykh landshaftov* [On the methodology of accounting for birds of forest landscapes]. In: *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altae* [The nature of foci of tick-borne encephalitis in the Altai]. Novosibirsk, 1967, pp. 66-75. (In Russian)
 31. Bibbi K., Dzheons M., Marsden S. *Metody polevykh ekspeditsionnykh issledovaniy. Issledovaniya i uchety ptits* [Methods of field expedition research. Research and accounting of birds]. Moscow, Russian Bird Conservation Union Publ., 2000, pp. 112-133. (In Russian)
 32. Il'yukh M.P., Khokhlov A.N. *Kladki i razmery yaits ptits Tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [Clutches and egg sizes of birds of the Central Ciscaucasia]. Stavropol, Stavropol Branch of the Russian Bird Conservation Union Publ., 2006, 220 p. (In Russian)
 33. Il'yukh M.P., Yufereva V.V., Khokhlov A.N., Tel'pov V.A., Khokhlov A.N. Ornitofauna g. Stavropol'ya [Avifauna of the city of Stavropol]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ptitsy Kavkaza: istoriya izucheniya, zhizn' v urbanizirovannoi srede», Kislovodsk, 29 aprelya – 1 maya 2013* [Birds of the Caucasus: the history of study, life in an urbanized environment: materials of scientific and practical conference, Kislovodsk, April 29-May 1, 2013]. Kislovodsk, 2013, pp. 117-132. (In Russian)

34. Lykov E.L., Astaf'ev T.V., Grishanov G.V. Atypical location of the nests of the *Columba palumbus* woodpigeon in the settlements of the Kaliningrad region. *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [Russian Ornithological Journal]. 2012, vol. 21, express ed. 761, pp. 1234-1236. (In Russian)
35. Prokof'eva I.V. Towards the ecology of the *Columba palumbus* woodpigeon during the breeding season. *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [Russian Ornithological Journal]. 2003, express ed. 242, pp. 1245-1249. (In Russian)
36. Yakushev N.N., Zav'yalov E.V., Tabachishin V.G., Mosolova E.Yu. About the biology of the *Columba palumbus* woodpigeon in the conditions of the Saratov region. *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [Russian Ornithological Journal]. 2004, vol. 13, express ed. 257, pp. 313-318. (In Russian)
37. Lykov E.L. Biology of woodpigeon nesting in urban conditions (on the example of Kaliningrad). *Berkut* [Berkut]. 2009, no. 18, iss. 1-2, pp. 54-68. (In Russian)
38. Budnichenko A.S. [Birds of artificial forest plantations of the steppe landscape and their nutrition]. In: *Ptitsy iskusstvennykh lesonasazhdenii* [Birds of artificial forest plantations]. Voronezh, 1965, pp. 5-285. (In Russian)
39. Komarov Yu.E. [Pigeon-shaped transformed landscapes of North Ossetia]. In: *Sinanthropizatsiya zhivotnykh Severnogo Kavkaza* [Synanthropization of animals of the North Caucasus]. Stavropol, 1989, pp. 46-49. (In Russian)
40. Bobenko O.A., Khokhlov A.N., Il'yukh M.P. Terms and features of the breeding period of pigeon-like birds in the Stavropol region. *Kavkazskii ornitologicheskii vestnik* [Caucasian Ornithological Bulletin]. Stavropol, 2011, iss. 23, pp. 9-14. (In Russian)
41. Belik V.P. Khishchnichestvo teterevyatnika i ego rol' v biotsenozakh [Predation of grouse and its role in biocenoses]. *Materialy k 4 konferentsii po khishchnym ptitsam Severnoi Evrazii «Yastrebteterevyatnik: Mesto v ekosistemakh Rossii»*, Penza, 1-3 fevralya 2003 [Materials for the 4th conference on birds of prey of Northern Eurasia "Goshawk: A place in the ecosystems of Russia", Penza, 1-3 February, 2003]. Penza, 2003, pp. 146-168. (In Russian)
42. Shevtsov A.S., Il'yukh M.P., Khokhlov A.N. *Antropogennaya eliminatsiya nazemnykh pozvonochnykh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya* [Anthropogenic elimination of terrestrial vertebrates of the Central Ciscaucasia]. Stavropol, 2012, 128 p. (In Russian)
43. Redchuk P.S., Kostyushkin V.A. About the synanthropization of *Columba palumbus* in the Kiev region. *Russkii ornitologicheskii zhurnal* [Russian Ornithological Journal]. 2017, vol. 26, express ed. 1511, pp. 4304-4306. (In Russian)
44. Kostenko A.V. About the structure of the bird population of various forest areas of the Stavropol heights. *Kavkazskii ornitologicheskii vestnik* [Caucasian Ornithological Bulletin]. 2011, iss. 23, pp. 47-57. (In Russian)
45. Yufereva V.V., Tel'pov V.A., Gerasimenko T.V. Avifauna of cities in the south of the European part of Russia. *Kavkazskii ornitologicheskii vestnik* [Caucasian Ornithological Bulletin]. 2011, iss. 23, pp. 127-160. (In Russian)
46. Tomiałojć L. The urban population of the woodpigeon *Columba palumbus* Linnaeus, 1758, in Europe – its origin, increase and distribution. *Acta zoologica cracoviensia*. 1976, vol. 21, no. 18, pp. 585-632.
47. Astaf'eva T.V., Grishanov G.V., Lykov E.L. The history of the formation and the current state of the urban population of the *Columba palumbus* L. woodpigeon in Kaliningrad. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta* [Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant]. 2011, vol. 7, pp. 51-58. (In Russian)
48. Tel'pov V.A. [Ringed turtle dove on Kavminvody]. In: *Ekologicheskie problemy Stavropol'skogo kraia i sopredel'nykh territorii* [Environmental problems of the Stavropol region and adjacent territories]. Stavropol, 1989, 308 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Любовь В. Маловичко, Виктория В. Юферева, Виктор А. Тельпов, Дмитрий П. Юферев написали рукопись и в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Lyubov' V. Malovichko, Viktoriya V. Yufereva, Viktor A. Tel'pov and Dmitrii P. Yuferev wrote the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Любовь В. Маловичко / Lyubov' V. Malovichko <https://orcid.org/0000-0003-1040-2890>
 Виктория В. Юферева / Viktoriya V. Yufereva <https://orcid.org/0000-0002-8415-7093>
 Виктор А. Тельпов / Viktor A. Tel'pov <https://orcid.org/0000-0001-7460-8308>
 Дмитрий П. Юферев / Dmitrii P. Yuferev <https://orcid.org/0000-0002-2404-1339>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.3:575.23
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-47-58

Генетические и фенотипические характеристики в оценках популяционной дифференциации прыткой ящерицы

Иван Г. Блохин, Валерий И. Глазко

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Контактное лицо

Иван Г. Блохин, магистр, кафедра зоологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550 Россия, г. Москва, Тимирязевская улица, 44.
Тел. +79779756570
Email blokhin.ivan96@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0548-6201>

Формат цитирования

Блохин И.Г., Глазко В.И. Генетические и фенотипические характеристики в оценках популяционной дифференциации прыткой ящерицы // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 47-58. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-47-58

Получена 23 сентября 2020 г.
Прошла рецензирование 14 января 2021 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Сравнение двух методов оценки полиморфизма популяций восточной прыткой ящерицы (*Lacerta agilis exiguа*) – генетического и морфологического в двух экологически отличающихся локалитетах.

Материал и методы. Для этого использовали метод полилокусного генотипирования участков геномной ДНК, фланкированных инвертированными повторами микросателлитов и фрагментов длинных концевых повторов эндогенных ретровирусов, а также оценки ряда фенотипических характеристик. Материалом послужили ящерицы, отловленные в двух локалитетах – в Новониколаевском районе Волгоградской области и в окрестностях горы Стрижамент Ставропольского края, всего 55 взрослых особей.

Результаты. Из двух способов оценки состояния популяционно-генетической структуры прыткой ящерицы наиболее информативным для выявления межпопуляционных и половых отличий оказался сравнительный анализ спектров, полученных с использованием микросателлитных последовательностей и участков эндогенных ретровирусов. Этот метод позволил выявить наиболее полиморфные ДНК маркеры, позволяющие получать наиболее информативные по количеству локусов и полиморфизму спектры, необходимые для описания генетических структур и их динамики у восточной прыткой ящерицы с высоким разрешением.

Заключение. Выполненные исследования позволили выявить наиболее информативные показатели для описания популяционных структур и их динамики у восточной прыткой ящерицы. Впервые получены данные, свидетельствующие о том, что наибольший вклад в межпопуляционную дифференциацию в разных локалитетах отлова вносит изменчивость самцов по сравнению с самками.

Ключевые слова

Прыткая ящерица, популяционные отличия, полилокусное генотипирование, ДНК маркеры, морфометрия, фоллидоз.

Genetic and phenotypic characteristics in assessments of population differentiation of the eastern sand lizard (*Lacerta agilis exigua*)

Ivan G. Blokhin and Valery I. Glazko

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Principal contact

Ivan G. Blokhin, Master, Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 44 Timiryazevskaya, Moscow, Russia 127550. Tel. +79779756570

Email blokhin.ivan96@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0548-6201>

How to cite this article

Blokhin I.G., Glazko V.I. Genetic and phenotypic characteristics in assessments of population differentiation of the eastern sand lizard (*Lacerta agilis exigua*). *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 47-58. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-47-58

Received 23 September 2020

Revised 14 January 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. Comparison of two methods (genetic and morphological) for assessing the polymorphism of populations of the eastern sand lizard (*Lacerta agilis exigua*) in two ecologically different localities.

Material and Methods. For this, we used the method of polylocus genotyping of genomic DNA regions flanked by inverted repeats of microsatellites and fragments of long terminal repeats of endogenous retroviruses, as well as the assessment of a number of phenotypic characteristics. The material was lizards (a total of 55 adults) caught in two localities: in the Novonikolaevsky District of the Volgograd Region and in the vicinity of the Strizhament mountain, Stavropol Territory.

Results. Of the two methods for assessing the state of the population genetic structure of the eastern lizard, the most informative for identifying interpopulation and sex differences was a comparative analysis of the spectra obtained using microsatellite sequences and sites of endogenous retroviruses. This method made it possible to identify the most polymorphic DNA markers, which make it possible to obtain the most informative spectra in terms of the number of loci and polymorphism necessary for describing the genetic structures and their dynamics in the eastern sand lizard with high resolution.

Conclusion. The studies carried out allowed us to identify the most informative indicators for describing population structures and their dynamics in the eastern sand lizard. For the first time, data were obtained indicating that the greatest contribution to interpopulation differentiation in different localities of capture is made by the variability of males compared to females.

Key Words

Sand lizard, population differences, polylocus genotyping, DNA markers, morphometry, pholidosis.

ВВЕДЕНИЕ

Подбор объективных характеристик для оценок популяционных структур и их динамики является одной из традиционных проблем в мониторинге биоразнообразия и выявления причин его изменчивости. В этой связи важной задачей является сопоставление внутри- и межпопуляционной изменчивости по разным характеристикам, как традиционно фенотипическим, так и генотипическим. Особое значение такой подход имеет для видов, которые можно рассматривать как биоиндикаторные для выявления действия неблагоприятных экологических факторов. Несмотря на очевидный интерес к прыткой ящерице (*Lacerta agilis*) в связи с её широким ареалом и высокой плотностью популяций, делающими её удобным модельным объектом, до сих пор недостаточно исследованными остаются подвидовые, популяционно-генетические особенности её разнообразия. Наиболее подробно эти вопросы рассматривались в исследованиях Гречко В.В. и соавторов по ряду молекулярно-генетических маркеров ядерных геномов и митохондриальной ДНК [1]. В этих работах отмечается, что оценки популяционно-генетических дифференциаций существенно отличались в зависимости от используемых для генотипирования геномных элементов.

Помимо этого, прыткая ящерица является биоиндикаторным видом, с помощью которого возможно выявление антропогенного давления и загрязнений разного происхождения [2; 3].

Прыткая ящерица является важным объектом исследований еще и в связи с особенностями своей репродукции. Так, подвиды вида прыткой ящерицы могут отличаться по размерам между самцами и самками: например, для подвида *Lacerta agilis agilis* характерно преобладание по размерам самок относительно самцов, для подвида *Lacerta agilis exigua* таких отличий не обнаруживается, что может объясняться экологическими особенностями условий воспроизводства [4].

У разных таксонов половой диморфизм может проявляться не только по размерам тела, но и по другим фенотипическим характеристикам, тесно связанным с особенностями полового поведения [5], на которые могут оказывать влияния условия воспроизводства животных [6]. Оказалось, также, что у разных видов, в том числе и у ящериц, может наблюдаться половой диморфизм по чувствительности к различным неблагоприятным экзогенным факторам. Так, например, обнаружено, что уровень повреждений ДНК в эритроцитах скальных ящериц *Darevskia raddei*, статистически достоверно выше у самок по сравнению с самцами в регионах с повышенной загрязненностью тяжелыми металлами [7], а у прытких ящериц половой диморфизм по геномной нестабильности, оцениваемый по микроядерному тесту, уменьшается от центра ареала к его краям [8].

Имеется множество методов, позволяющих оценивать изменчивость животных, как на уровне традиционных фенотипических признаков, так и по генетическим и геномным характеристикам. К одним из последних относится метод оценки полиморфизма фрагментов геномной ДНК, фланкированных инвертированными повторами микросателлитов (Inter-Simple Sequence Repeat - ISSR), с использованием

полимеразной цепной реакции (ПЦР, или PCR) [9]. ISSR-PCR маркеры позволяют получать множественные спектры продуктов амплификации различных участков геномной ДНК (ампликоны). Каждый ампликон рассматривается как отдельный локус, отсутствие фрагмента ДНК в спектре ампликонов принимается как гомозигота по рецессивному аллелю, присутствие – как доминантный фенотип. Такие спектры позволяют сравнивать полиморфизм геномов по разным участкам и оценивать своеобразие генофондов групп животных, их гетерозиготность и генетические взаимоотношения с другими группами. Составление представлений о популяционно-генетической структуре групп животных с учётом не только их оценок по фенотипическим и физиологическим показателям, но и полилокусным генотипам, а также значений генетического сходства, может способствовать объективности и точности оценок своеобразие их генофондов, наблюдений их динамики, влияния на них различных биотических и абиотических факторов окружающей среды, что может существенно увеличить эффективность работы и контроля природных популяций.

Учитывая тот факт, что большинство геномов позвоночных на половину представлено диспергированными повторами, дополнительным инструментом к полилокусному генотипированию является получение полилокусных спектров продуктов амплификации с использованием в качестве геномных «якорей» в ПЦР инвертированных повторов участков эндогенных ретровирусов (IRAP – Inter-Retrotransposon Amplified Polymorphism) [10; 11]. Такое геномное сканирование может варьировать от использования пары сотен маркеров до истинного геномного сканирования путем полного секвенирования геномов.

Традиционно популяционно – генетические особенности и филогенетические отношения внутри вида прыткая ящерица оцениваются с использованием митохондриальной ДНК и комплекса фенотипических характеристик, однако по литературным данным все фенотипические характеристики прыткой ящерицы имеют высокий уровень полиморфизма, а также межпопуляционной и клинальной изменчивости [12-14], а построение филогенетических связей на основании лишь митохондриального генома несет в себе проблему материнского типа наследования данного вида ДНК, что полностью исключает из выборки самцов. Поэтому для установления филогенетической связи на популяционном уровне удобней всего и достоверней использование ядерной ДНК, включая в выборку оба пола.

В этой связи нами выполнен сравнительный анализ популяционно-генетической дифференциации групп прыткой ящерицы Волгоградской области и Ставропольского края по высокополиморфным геномным элементам (микросателлиты, длинные концевые повторы эндогенных ретровирусов) и фенотипическим характеристикам (47 признаков).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в 2018-2020 гг. на базе Центра нанобиотехнологий РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Ящериц отлавливали в двух локалитетах – в Новониколаевском районе (50°58'00" с. ш. 42°22'00" в. д.) Волгоградской области (26 самок, 15 самцов) и в окрестностях горы Стрижамент (44°48'33" с. ш. 42°02'01"

в. д.) Ставропольского края (7 самок, 7 самцов), всего 55 особей. Оба локалитета находятся в зоне умеренно-континентального климата, но экологические ниши, занимаемые изучаемым видом, имеют различия по ряду характеристик (высота над уровнем моря: Новониколаевский район – 100 метров, Ставропольская возвышенность – 600 метров. Почва Новониколаевского района представлена, в основном, чернозёмами, а Ставропольской возвышенности – лесными, бурыми и чёрными почвами с ракушечниками и песком).

Вопросы численности особей и локусов, генотипирование которых может отражать генетическую структуру популяций, остается дискуссионным. На основании экспериментальных исследований принято считать, что генотипирование случайно выбранных 30-ти представителей и 13 локусов в общем случае достаточно, чтобы выявлять межпопуляционные отличия [15]. Такой подход был обусловлен двумя задачами соответствующих исследований: отличить редкие аллельные варианты, встречающиеся с частотой не менее 1% или 5% (в зависимости от количества исследуемых особей) от всех аллелей в популяции от мутаций, встречающихся с меньшей частотой, а также нивелировать отличия между полиморфизмом разных локусов. Нередко в природных условиях количество отловленных животных может не достигать указанных значений, что может компенсироваться увеличением количества локусов, включенных в анализ [16; 17]. Зоологи и эволюционист Н. Воронцов, с учетом трудностей отлова животных в естественных условиях, полагал, что любое количество добытых животных позволяют получать представления об особенностях генетической структуры популяции в конкретном местообитании [18].

У пойманных ящериц прижизненно купировали хвосты, мышцы которых и служили источником геномной ДНК. В качестве маркеров оценивали полиморфизм фрагментов геномной ДНК, фланкированных инвертированными повторами микросателлитов (Inter Simple Sequence Repeat – ISSR-PCR маркеры), а также участками длинных концевых повторов (Long Terminal Repeat – LTR) эндогенных ретровирусов (Inter Retrotransposon Amplified Polymorphism – IRAP-PCR маркеры).

Геномную ДНК выделяли из биообразцов мышц хвоста стандартным набором ДНК Экстран II («Синтол»). Полимеразная цепная реакция (PCR) проводилась на амплификаторе «Терцик» со следующими параметрами: первичная денатурация ($t = 94\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 мин), денатурация ($t = 94\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 сек), отжиг ($t = 58\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 сек), элонгация ($t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 мин) – 40 циклов, финальная элонгация ($t = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10 мин).

В качестве праймеров были использованы тринуклеотидные микросателлиты $(\text{ACC})_6\text{T}$, $(\text{TGC})_6\text{C}$, $(\text{GAG})_6\text{C}$ и участки длинных концевых повторов эндогенных ретровирусов LTR-SIRE1 (5' – GCAGTTATGCAAGTGGGATCAGCA – 3') и Sabrina 111 (5' – AAACAAGAACTGACACTTGGCACT – 3'). Элементы семейства эндогенного ретровируса Sabrina впервые описаны у ячменя [19], LTR-SIRE1 – у сои [20]. Из недостатков маркеров можно выделить доминантный тип наследования, из преимуществ – высокий полиморфизм.

Продукты амплификации разделяли в 1,5% агарозном геле в ТАЕ-буфере. Визуализация производилась при помощи УФ трансллюминатора.

Размеры фрагментов ДНК определяли при помощи маркера молекулярных масс 100 bp+1.5 Kb+3 Kb (12 фрагментов от 100 до 3000 bp) M27 (СибЭнзим, Россия). Математическая обработка полученных результатов выполнялась с помощью программы MSExcel и TFGPA. Для каждого спектра продуктов амплификации, полученного с соответствующим праймером, строилась матрица, отображающая присутствие, либо отсутствие конкретного продукта амплификации (ампликона), каждый из которых рассматривался как локус. В случае отсутствия фрагмента ДНК соответствующей длины такой генотип оценивали, как гомозиготу по рецессивному аллелю. В качестве популяционно-генетических характеристик оценивали долю полиморфных локусов (% полиморфных фрагментов ДНК по отношению к общему количеству ампликонов, выявленных в спектре каждого праймера) и полиморфное информационное содержание спектра – Polymorphic Information Content (PIC). Расчет PIC выполнялся по формуле для диаллельных локусов, для которых $\text{PIC} = 2f(1-f)$, где f – частота одного из двух аллелей. Поскольку ISSR-PCR маркеры имеют доминантный характер проявления при присутствии в спектре продукта амплификации, рассчитывали ожидаемую гетерозиготность, исходя из подсчета частоты встречаемости гомозигот по условно рецессивному аллелю (отсутствие фрагмента ДНК соответствующей длины). Статистическая обработка полученных данных проводилась по стандартной методике [21]. Расчет генетических дистанций и построение дендрограмм проводилось с помощью программы TFGPA. Дендрограммы строились с использованием не менее 1000 итераций с выведением в конечный результат наиболее часто воспроизводимого результата.

У 30-ти особей выполнен анализ показателей считывания (24 признака), морфометрии (12 характеристик) и 11 индексов (относительные признаки на основе морфометрических показателей) по стандартным методикам. Результаты оценивали с использованием критерия Манна-Уитни на наличие статистически достоверных различий при помощи приложения Exel и SPSS.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Суммарно с использованием двух групп праймеров (ISSR-PCR и IRAP-PCR) у прытких ящериц было выделено 70 фрагментов ДНК (локусов). Выполнен сравнительный анализ полиморфизма геномных фрагментов ДНК разной длины, фланкированных инвертированными повторами каждого из праймеров. В результате получены следующие данные, представленные в табл. 1.

В общем, наибольшее количество амплифицируемых фрагментов (ампликонов) и наиболее высокие показатели полиморфизма (в среднем на спектр ампликонов одного праймера) обнаруживается по IRAP-PCR маркерам по сравнению с ISSR-PCR маркерами (табл. 1). Пониженный полиморфизм по сравнению со всеми остальными выявлен в спектрах ампликонов праймера $(\text{GAG})_6\text{C}$, первичная последовательность которого представлена пурин/пиримидиновым треком, предрасположенным к формированию вторичных структур ДНК (триплексы, G4 квадруплексы). Можно ожидать, что такой относительный консерватизм может быть обусловлен

повышенной предрасположенностью таких последовательностей к формированию сложных вторичных структур ДНК, в частности, к ДНК:РНК триплексам,

вовлекаемым в регуляцию генной экспрессии [22], G4 квадруплексам, наличие которых типично в участках промоторов [23].

Таблица 1. Сравнительные показатели PIC (полиморфный информационный контент) и ДПЛ (доли полиморфных локусов) у исследованных групп животных по ISSR-PCR и IRAP-PCR маркерам

Table 1. Comparative indices of PIC (polymorphic information content) and PPL (proportion of polymorphic loci) in the groups of animals studied by ISSR-PCR and IRAP-PCR markers

Праймер Primer	PIC	Количество фрагментов ДНК Number of DNA fragments			ДПЛ (%) PPL (%)
		Всего Total	Консервативные Conservative	Полиморфные Polymorphic	
Sabrina	0,30±0,05	19	0	19	100
LTR-SIRE1	0,34±0,05	16	0	16	100
(ACC) ₆ T	0,28±0,04	16	5	11	69
(TGC) ₆ C	0,24±0,04	8	1	7	88
(GAG) ₆ C	0,17±0,02	11	7	4	36

Следует отметить, что поиск участков гомологии к последовательностям LTR Sabrina 111, LTR SIRE 1, (ACC)₆T, (GAG)₆C и (TGC)₆C использованных в качестве праймеров (см. Материалы и методы) в геноме *Lacerta agilis* с применением алгоритмов программы BLAST позволил выявить большое количество таких участков разной длины в ряде подвидов *Lacerta agilis*, в том числе и *Lacerta agilis exiguа*, в последовательностях нуклеотидов, представленных в ГенБанке.

На основании частот встречаемости фрагментов геномной ДНК, фланкированных участками

микросателлитов (ISSR-PCR маркеры) и LTR эндогенных ретровирусов рассчитаны генетические расстояния [24], отражающие популяционно-генетические взаимоотношения между группами ящериц, отловленных в Волгоградской области и Ставропольском крае.

Построенные на основании частот встречаемости в спектрах ампликонов фрагментов ДНК разной длины генетические дистанции с учетом половой принадлежности свидетельствуют о том, что оценки генетической дифференциации между ними варьируют в зависимости от праймера.

Таблица 2. Генетические дистанции между самками и самцами

Table 2. Genetic distances between females and males

Группы / Groups	Праймеры / Primers					
Самки/самцы / Females/males	Sabrina	SIRE 1	(GAG) ₆ C	(TGC) ₆ C	(ACC) ₆ T	Все / All
Ставропольская возвышенность Stavropol upland	0,0376	0,0892	0,1441	0,0450	0,0641	0,1340
Новониколаевский район Novonikolaevsky District	0,0081	0,0148	0,0110	0,0343	0,0016	0,0184
Самцы/самцы / Males/Females	0,0754	0,1994	0,0543	0,2075	0,1886	0,1864
Самки/самки / Females/Females	0,0303	0,0585	0,0669	0,1006	0,1530	0,0856
Все особи / All samples	0,0237	0,0861	0,0282	0,1109	0,1573	0,0844

Из расчёта генетических дистанций между самцами и самками прыткой ящерицы одного локалитета, можно сделать заключение, что по всем праймерам генетические дистанции между самками и самцами больше у животных Ставропольской возвышенности. При этом генетические дистанции между самками и самцами Новониколаевского района во всех случаях были меньше этих значений (табл. 2).

Следует отметить, что генетические расстояния между всеми особями двух популяций в разных местообитаниях всегда меньше дистанций между самцами в разных популяциях, но иногда превышают их между самками (табл. 2).

Кроме того, дистанции между самцами и самками Ставропольской возвышенности превышают расстояния между всеми особями, кроме дистанций, построенных по встречаемости фрагментов ДНК, фланкированных праймерами (TGC)₆C и (ACC)₆T (табл. 2).

При этом генетические дистанции между самцами двух локалитетов почти во всех случаях значительно превышают дистанции между самками (табл. 2). Исключение составляют генетические

дистанции, рассчитанные по частотам встречаемости фрагментов ДНК, фланкированных праймерами (GAG)₆C и (ACC)₆T, которые между самками оказались относительно близкими к расстояниям между самцами.

Исходя из полученных данных, необходимо обратить внимание на очень высокий уровень полиморфизма LTR праймеров (фрагментов длинных концевых повторов эндогенных ретровирусов) в спектрах ДНК прыткой ящерицы, не наблюдающийся, например, у млекопитающих [25]. Среди праймеров микросателлитов уровень полиморфизма был не так высок, среди них по количеству консервативных локусов выделяется праймер (GAG)₆C, по спектрам ампликонов которого наблюдаются и значительно меньшие значения генетических дистанций между всеми группами ящериц.

Относительно меньшие значения генетических дистанций между самками по ряду праймеров, полученные нами, совпадают с литературными источниками, свидетельствующими о том, что у целого ряда видов млекопитающих и рептилий геномы самцов характеризуются повышенной геномной нестабильностью по сравнению с самками [26]. Рядом

исследователей получены данные о более высоком уровне смертности самцов по сравнению с самками у прыткой ящерицы после вылупления, что также может вносить вклад в их дифференциацию [27]. Повышенная нестабильность генома у самцов была выявлена у прыткой ящерицы при помощи микроядерного теста. При этом половой диморфизм по геномной нестабильности, оцениваемый по микроядерному тесту, увеличивается от центра ареала к его краям, в результате чего уменьшаются половые различия между ящерицами. По литературным данным половой диморфизм становится более выраженным в неблагоприятных условиях среды на границе ареала, где требуется более высокая эволюционная

пластичность популяции [28; 29]. Нами получены похожие данные, показывающие, что у животных Ставропольской возвышенности, половой диморфизм выражен сильнее, чем у ящериц Новониколаевского района, что может свидетельствовать о том, что половая дифференциация по генетической структуре может быть разной в зависимости от местообитания группы животных.

Морфометрия

Между всеми особями Волгоградской и Ставропольской групп выявлено 11 достоверно различных морфометрических признаков и 4 индекса (табл. 3).

Таблица 3. Показатели морфометрии

Table 3. Indicators of morphometry

Признак (мм) Feature	$M \pm m$ min - max		Уровень Р P-level
	Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	
L (длина тела) L (body length)	$89,50 \pm 2,31$ 74,60 – 98,40	$79,75 \pm 1,56$ 70,50 – 91,40	**
Pil (длина от кончика морды до заднего края теменных щитков) Pil (length from tip of muzzle to posterior edge of parietal scutes)	$19,22 \pm 0,42$ 17,00 – 21,90	$16,38 \pm 0,61$ 10,50 – 19,00	**
L.c (длина головы) L.c (head length)	$18,45 \pm 0,42$ 16,50 – 21,30	$15,68 \pm 0,58$ 10,00 – 19,20	**
Lt.c.max (ширина головы) Lt.c.max (head width)	$12,87 \pm 0,44$ 11,20 – 15,90	$10,17 \pm 0,40$ 8,40 – 13,40	**
Lt.c.oc (ширина головы на уровне центров глаз) Lt.c.oc (width of the head at the level of the centres of the eyes)	$7,50 \pm 0,15$ 7,00 – 8,90	$6,61 \pm 0,18$ 5,50 – 8,20	**
Alt.c (высота головы) Alt.c (head height)	$10,32 \pm 0,29$ 9,50 – 11,80	$8,21 \pm 0,38$ 6,70 – 11,10	**
L.an (длина анального щитка) L.an (anal plate length)	$6,75 \pm 0,17$ 5,60 – 7,50	$5,27 \pm 0,29$ 2,90 – 7,20	**
L.a (длина передней конечности) L.a (forelimb length)	$29,06 \pm 0,60$ 25,10 – 32,20	$24,91 \pm 0,50$ 21,90 – 28,40	**
L.p (длина задней конечности) L.p (hind limb length)	$43,40 \pm 1,35$ 36,00 – 54,10	$36,20 \pm 0,71$ 31,80 – 40,30	**
L.pes (длина ступни) L.pes (foot length)	$18,81 \pm 0,65$ 16,00 – 23,60	$16,14 \pm 0,33$ 14,70 – 18,60	**
L.cru (длина голени) L.cru (shin length)	$10,98 \pm 0,35$ 9,00 – 12,70	$10,43 \pm 0,55$ 8,30 – 16,70	**
L.c / Lt.c.max	$1,44 \pm 0,02$ 1,31 – 1,54	$1,60 \pm 0,04$ 1,06 – 1,74	**
L.c / Alt.c	$1,79 \pm 0,03$ 1,67 – 1,98	$1,92 \pm 0,05$ 1,54 – 2,18	*
L.p / L.cru	$3,99 \pm 0,15$ 3,17 – 5,06	$3,56 \pm 0,15$ 2,11 – 4,53	*

Здесь и далее: * – различия статистически значимы при $P \leq 0,01$; ** – различия статистически значимы при $P \leq 0,05$

Here and further below: * – the differences are statistically significant at $P \leq 0.01$; ** – differences are statistically significant at $P \leq 0.05$

Между самками Волгоградской и Ставропольской групп выявлено 9 достоверных различия по признакам морфометрии, 2 – по индексам (табл. 4), между сам-

цами двух локалитетов – 10 достоверных различий по признакам морфометрии и 1 – по индексам (табл. 4-5).

Таблица 4. Морфометрические показатели самок двух локалитетов

Table 4. Morphometric parameters of females in two localities

Table 1. Morphometric parameters of females of two species			
		$\frac{M \pm m}{\text{min} - \text{max}}$	
Самки Female	Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Уровень P P-level
L	$80,20 \pm 2,84$ 70,05 – 91,4	$92,40 \pm 2,56$ 83,00 – 98,40	**
Pil.	$18,64 \pm 0,27$ 17,70 – 19,40	$16,16 \pm 0,44$ 15,20 – 18,10	**
L.c.	$17,82 \pm 0,21$ 17,20 – 18,50	$15,50 \pm 0,40$ 14,40 – 16,90	**
Lt.c.max	$9,51 \pm 0,28$ 8,40 – 10,70	$12,17 \pm 0,35$ 11,20 – 13,40	**
Lt.c.oc	$7,33 \pm 0,13$ 7,10 – 8,00	$6,36 \pm 0,23$ 5,50 – 7,00	**
Alt.c	$10,08 \pm 0,35$ 8,90 – 11,60	$7,66 \pm 0,32$ 6,70 – 8,80	**
L.an	$6,70 \pm 0,26$ 5,60 – 7,40	$5,00 \pm 0,50$ 2,90 – 6,80	**
L.a.	$29,07 \pm 0,92$ 25,10 – 32,20	$24,26 \pm 0,95$ 21,90 – 28,40	**
L.p.	$42,10 \pm 1,09$ 38,70 – 47,20	$35,93 \pm 0,82$ 33,80 – 39,60	**
L.c/L.t.c.max	$1,43 \pm 0,03$ 1,37 – 1,54	$1,63 \pm 0,03$ 1,52 – 1,74	**
L.c./Alt.c	$1,78 \pm 0,54$ 1,58 – 1,96	$2,03 \pm 0,43$ 1,92 – 2,18	**

Таблица 5. Морфометрические показатели самцов двух локалитетов

Table 5. Morphometric parameters of males in two localities

	Самцы Male	Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Уровень P P-level
Pil.		$19,90 \pm 0,84$ 17,00 – 21,90	$16,58 \pm 1,15$ 10,50 – 20,30	*
L.c.		$19,16 \pm 0,85$ 16,50 – 21,30	$15,85 \pm 1,10$ 10,00 – 19,20	**
Lt.c.max		$13,68 \pm 0,79$ 11,50 – 15,90	$10,74 \pm 0,67$ 8,50 – 13,40	**
Lt.c.oc		$7,70 \pm 0,30$ 7,00 – 8,90	$6,83 \pm 0,27$ 6,00 – 8,20	*
Alt.c		$10,60 \pm 0,52$ 9,60 – 11,80	$8,70 \pm 0,64$ 6,50 – 11,10	*
L.an.		$6,62 \pm 0,25$ 6,10 – 7,50	$5,51 \pm 0,36$ 3,20 – 7,20	**
Lt.an.		$2,95 \pm 0,37$ 1,50 – 3,90	$2,26 \pm 0,12$ 1,90 – 2,90	*

L.a.	$29,55 \pm 0,77$ 27,60 – 32,20	$25,48 \pm 0,46$ 23,70 – 27,20	**
L.p.	$44,98 \pm 2,77$ 36,00 – 54,10	$36,44 \pm 1,23$ 31,80 – 40,30	**
L.pes.	$20,13 \pm 1,12$ 16,30 – 23,60	$15,90 \pm 0,41$ 15,00 – 18,30	**
L.p./L.cru.	$4,04 \pm 0,28$ 3,56 – 5,06	$3,51 \pm 0,12$ 3,00 – 4,07	*

В целом, исходя из данных таблиц 4 и 5, можно заключить, что ящерицы Ставропольской возвышенности по всем показателям превосходили ящериц Новониколаевского района (кроме индексов), что может объясняться тем, что Новониколаевский район находится севернее Ставропольской возвышенности.

При сравнении особей Ставропольской группы, самок и самцов, обнаружены достоверные различия по двум признакам – (L.t.c.max., L.pes.) и двум индексам (L/L.c., L/L.p.). В результате сравнения самок и самцов из Волгограда достоверных различия выявлены по трём индексам – L.c/Lt.c.max., L.c/Alt.c., L.an/Lt.an (табл. 6).

Таблица 6. Морфометрические показатели самцов и самок

Table 6. Morphometric parameters of males and females

Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Самки Female	Самцы Male	Уровень P P-level
L.t.c.max	$9,51 \pm 0,28$ 8,40 – 10,70	$13,68 \pm 0,79$ 11,50 – 15,90	*
L.pes.	$17,67 \pm 0,52$ 16,00 – 19,60	$20,13 \pm 1,12$ 16,30 – 23,60	*
L/L.c.	$5,18 \pm 0,09$ 4,83 – 5,41	$4,53 \pm 0,29$ 3,89 – 5,70	*
L/L.p.	$2,19 \pm 0,53$ 2,05 – 2,37	$1,94 \pm 0,12$ 1,60 – 2,38	*
Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Самки Female	Самцы Male	Уровень P P-level
L.c./Lt.c.max.	$1,63 \pm 0,03$ 1,52 – 1,74	$1,48 \pm 0,07$ 1,06 – 1,65	*
L.c./Alt.c.	$2,03 \pm 0,43$ 1,92 – 2,18	$1,83 \pm 0,07$ 1,54 – 2,14	*
L.an./Lt.an.	$1,50 \pm 0,33$ 0,50 – 2,72	$2,46 \pm 0,18$ 1,76 – 3,00	*

Анализируя данные таблицы 6, можно прийти к выводу, что половой диморфизм по признакам морфометрии больше выражен у ящериц Ставропольской возвышенности, что совпадает с результатами расчёта генетических расстояний, рассчитанным по полиморфизму разных геномных фрагментов (около 50-ти локусов), между этими группами по всем спектрам продуктов амплификации.

Фолидоз (щиткование)

Между особями Волгоградской и Ставропольской групп выявлено 1 достоверное различие по параметру фолидоза – P.fem (sin) (количество бедренных пор на левом бедре), между самцами Ставрополя и Волгограда значимое различие обнаружено по параметрам Supcil. (sin) (чешуи по краю верхнего века, слева) и P.fem., между самками Ставрополя и Волгограда значимые различия обнаружены по признаку Sub. (sin) (количество нижнегубных щитков слева) (табл. 7).

При сравнении особей Ставропольской популяции (самок и самцов) были обнаружены

достоверные отличия по одному параметру фолидоза – Supcil. (sin) (чешуи по краю верхнего века, слева) (рис. 1), при сравнении ящериц Новониколаевского района – ни по одному (табл. 8).

Показатели фолидоза подтверждают данные расчёта генетических дистанций, рассчитанных по полиморфизму разных геномных фрагментов, между этими группами: между самцами по 4-м спектрам продуктов амплификации, фланкированными инвертированными повторами участков эндогенных ретровирусов и микросателлитов из 5-ти исследованных, генетические расстояния были существенно больше, чем между самками.

Помимо этого, генетические дистанции между самками и самцами Ставропольской возвышенности по всем спектрам продуктов амплификации превышали те же значения у ящериц Новониколаевского района. Таким образом, в совокупности между всеми ящерицами Новониколаевского района и Ставропольской возвышенности было обнаружено 16 достоверных отличий по фенотипическим признакам

(11 признаков морфометрии, 4 индекса и 1 показатель щиткования), при этом между самками двух локалитетов их оказалось 12 (9 признаков

морфометрии, 2 индекса и 1 – фолидоза), а между самцами – 13 (10 признаков морфометрии, 1 индекс, 2 признака фолидоза).

Таблица 7. Показатели фолидоза прыткой ящерицы

Table 7. Indicators of pholidosis of an eastern sand lizard

Все особи All individuals	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Уровень P P-level
P.fem (sin)	$14,29 \pm 0,33$ 12,00–17,00	$15,36 \pm 0,32$ 14,00–17,00	*
Самцы Male	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Ставропольская возвышенность Stavropol upland	Уровень P P-level
Supcil (sin)	$5,13 \pm 0,13$ 5,00–6,00	$9,00 \pm 1,74$ 5,00–14,00	*
P. fem (sin)	$14,00 \pm 0,45$ 12,00–16,00	$14,60 \pm 0,22$ 15,00–16,00	*
Самки Female	Новониколаевский район Novonikolaevsky District	Ставропольская возвышенность Stavropol upland	Уровень P P-level
Sub. (sin)	$6,57 \pm 0,22$ 6,00–7,00	$5,71 \pm 0,30$ 4,00–6,00	*

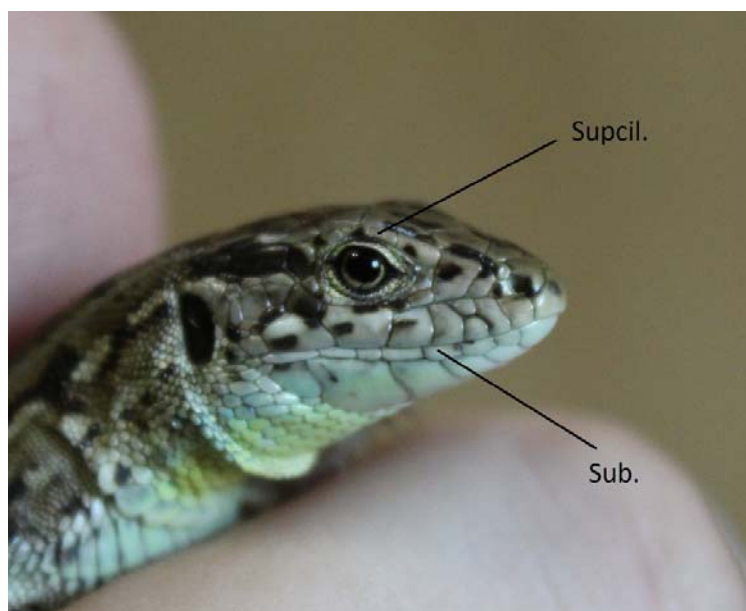


Рисунок 1. Голова прыткой ящерицы (вид сбоку)

Figure 1. The head of an eastern sand lizard (side view)

Таблица 8. Показатели фолидоза самок и самцов

Table 8. Indicators of pholidosis in females and males

Ставропольская возвышенность Stavropol Upland	Самки Female	Самцы Male	Уровень P P-level
Supcil. (sin)	$6,00 \pm 0,94$ 4,00–11,00	$9,00 \pm 1,74$ 5,00–14,00	*

В целом, статистически достоверные отличия между самцами и самками двух локалитетов по фенотипическим признакам выражены существенно меньше, чем по генетическим расстояниям, рассчитанным по полиморфизму разных геномных фрагментов (около 50-ти локусов), между этими группами: между самцами по 4-м спектрам продуктов амплификации, фланкированными инвертированными повторами участков эндогенных ретровирусов и микросателлитов из 5-ти исследованных, генетические

расстояния были существенно больше, чем между самками.

Традиционно морфометрические признаки и показатели фолидоза используют для выявления половых отличий у прытких ящериц и других чешуйчатых. Так, половой диморфизм наблюдается по 3 признакам морфометрии и 3 индексам: L (длина туловища, L.cd (длина хвоста), L.cap (длина головы), L.cd/L, L.cap/L, Lt.an/L.an (отношение ширины анального щитка к его длине) [30-32].

Половой диморфизм выявлен также по следующим признакам фolidоза: Vent (кол-во рядов брюшных чешуй), Sq. (количество рядов спинных чешуй), P.fm. (кол-во бедренных пор) [30-32].

Помимо этого, имеется ряд публикаций, в которых по упомянутым ранее фенотипическим характеристикам половой диморфизм не удавалось обнаружить [30-32].

В нашем исследовании половой диморфизм был обнаружен по одному из 47-ми (см. Материал и методы) изучаемых фенотипических характеристик (Supcil.), по которому обычно он не обнаруживается. Стоит отметить, что достоверные отличия по данному признаку были обнаружены между самками и самцами Ставропольской возвышенности.

Эти данные подтверждают высокую изменчивость фенотипических характеристик изучаемых животных и необходимость дополнения исследований путем использования менее зависимых от влияния окружающей среды индивидуальных признаков, таких, как ДНК маркеры, для более точной характеристики популяций и контроля их динамики.

Обращает на себя внимание то, что нами был обнаружен половой диморфизм по признаку фolidоза у ящериц Ставропольской возвышенности, при этом достоверные различия по фенотипическим признакам между самцами двух локалитетов и между самками не совпали со значениями генетических дистанций, хотя 4 праймера из 5 суммарно по 50 локусам выявляют наличие половой дифференциации.

Полученные нами данные могут свидетельствовать о том, что выраженность полового диморфизма у целого ряда видов может отличаться в зависимости от локалитета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов нашего исследования, можно заключить, что из двух способов оценки состояния популяционно-генетической структуры прыткой ящерицы (использование ДНК – маркеров и фенотипических признаков) наиболее информативным для выявления межпопуляционных и половых отличий оказался сравнительный анализ спектров, полученных с использованием микросателлитных последовательностей и участков эндогенных ретровирусов. Этот метод позволил выявить наиболее полиморфные ДНК маркеры, позволяющие получать наиболее информативные по количеству локусов и полиморфизму спектры, необходимые для описания генетических структур и их динамики у восточной прыткой ящерицы с высоким разрешением. Комплексный анализ полиморфизма разных геномных элементов позволил обнаружить, что каждый из них вносит свой индивидуальный вклад в формирование популяционно – генетических отличий восточной прыткой ящерицы по полу и локалитету отлова. Это позволяет предлагать наиболее «чувствительный» метод контроля динамики популяционной структуры в связи с такими характеристиками, как половая дифференциация и влияние факторов окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гречко В.В. Федорова Л.В., Рябинин Д.М., Рябинина Н.Л., Чобану Д.Г., Косушкин С.А., Даревский И.С. Молекулярные маркеры ядерной ДНК в исследовании

видообразования и систематики на примере ящериц комплекса «*L. agilis*» (Sauria: Lacertidae) // Молекулярная биология. 2006. Т. 40. N 1. С. 61-73.

2. Hopkins W.A., Roe J.H., Snodgrass J.W., Jackson B.P., Kling D.E., Rowe C.L., Congdon J.D. Nondestructive indices of trace element exposure in squamate reptiles // Environ Pollut. 2001. V. 115. Iss. 1. P. 1-7. DOI: 10.1016/s0269-7491(01)00098-7

3. Филатова Л.Н. Структурно функциональная характеристика семенников прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) и озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в зоне влияния предприятия черной металлургии // Вестник ОГУ. 2011. N 16 (135). С. 225-226.

4. Roitberg E.S., Eplanova G.V., Kotenko T.I., Amat F., Carretero M.A., Kuranova V.N., Bulakhova N.A., Zinenko O.I., Yakovlev V.A. Geographic variation of life history traits in the sand lizard, *Lacerta agilis*: testing Darwin's fecundity advantage hypothesis // Journal of Evolutionary Biology. 2015. V. 28. Iss. 3. P. 613-29. DOI: 10.1111/jeb.12594

5. Fernández-Montraveta C., Marugán-Lobón J. Geometric morphometrics reveals sex-differential shape allometry in a spider // Peer J. 2017. V. 5. e3617. DOI: 10.7717/peerj.3617

6. Olsson M., Schwartz T.S., Wapstra E., Shine R. How accurately do behavioural observations predict reproductive success in free ranging lizards? // Biol Lett. 2019. V. 15. Iss. 2. Article: 20190030. DOI: 10.1098/rsbl.2019.0030

7. Симонян А.Э. Анализ повреждений ДНК у ящериц *Darevskia raddei*, обитающих в зонах с различным уровнем загрязнения почв, методом ДНК – комет // Биологический журнал Армении. 2015. Т. 4 (67). С. 65-67.

8. Дробот Г.П., Ремизова О.С. Использование гематологических показателей *lacerta agilis* l. для оценки антропогенно нарушенных территорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. N 1(8). С. 1887-1889.

9. Zietkiewicz E. Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification // Genomics. 1994. V. 20. P. 176-183.

10. Календарь Р.В., Глазко В.И. Типы молекулярно генетических маркеров и их применение // Физиология и биохимия культурных растений. 2002. Т. 34. N 4. С. 279-295.

11. Kalendar R., Schulman A.H. Transposon-based tagging: IRAP, REMAP, and iPBS // Methods Mol Biol. 2014. V. 1115. P. 233-255. DOI: 10.1007/978-1-62703-767-9_12

12. Кукушкин О.В., Ермаков О.А., Иванов А.Ю., Доронин И.В., Свириденко Е.Ю., Симонов Е.П., Горелов Р.А., Храмова М.А., Блохин И.Г. Филогеография прыткой ящерицы в Крыму по результатам анализа гена цитохрома b: древний рефугиум на полуострове, поздняя экспансия с севера и первые свидетельства гибридизации подвидов *Lacerta agilis tauridica* и *L. a. exigua* (Lacertidae: Sauria) // Труды Зоологического института РАН. 2020. Т. 324. N 1. С. 56-99. DOI: 10.31610/trudyzin/2020.324.1.56

13. Свириденко Е.Ю., Кукушкин О.В. К морфологической характеристике прыткой ящерицы (*Lacerta agilis tauridica* Suchow, 1927) юго-западной части Крымского полуострова // Материалы юбилейной научно-практической конференции «Изучение и сохранение природных экосистем заповедников лесостепной зоны», Курск : Центрально Черноземный заповедник. 2005. С. 348-352.

14. Епланова Г.В. Анализ окраски прыткой ящерицы из двух популяций самарской области // Известия

Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. N 5-2. С. 264-274.

15. Левонтин Р.Ч. Генетические основы эволюции. Москва: Мир, 1978. 352 с.

16. Nevo E. Genetic variation in natural populations: patterns and theory // *Theoretical Population Biology*. 1987. V. 13. N 1. P. 121-177.

17. Глазко В.И. Генетика изоферментов сельскохозяйственных животных. Москва: ВИНТИ, 1988. 212 с.

18. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М: КМК, 2004. 432 с.

19. Shirasu K.A., Schulman A.H., Lahaye T., Schulze-Lefert P. Contiguous 66-kb barley DNA sequence provides evidence for reversible genome expansion // *Genome Research*. 2000. V. 10. Iss. 7. P. 908-915. DOI: 10.1101/gr.10.7.908

20. Glazko V.I., Elkina M.A., Glazko T.T. Genomic Scanning Using the Retrotransposon Fragments as «Anchors», in *Animals and Plants // Biogeosystem Technique*. 2015. V. 6. Iss. 4. P. 363-373. DOI: 10.13187/bgt.2015.6.363

21. Плохинский Н.А. Биометрия. М: МГУ, 1970. 367 с.

22. Antonov I., Medvedeva Y.A. Purine-rich low complexity regions are potential RNA binding hubs in the human genome // *F1000Research*. 2018. V. 7. Iss. 76. DOI: 10.12688/f1000research.13522.2

23. Zybailev B.L., Sherpa M.D., Glazko G.V., Raney K.D., Glazko V.I. G4-quadruplexes and genome instability // *Mol Biol*. 2013. V. 47. P. 197-204. DOI: 10.1134/S0026893313020180

24. Nei M. Genetic distance between populations // *American Naturalist*. 1972. V. 106. P. 283-292.

25. Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Блохина Т.В., Есин А.Г., Глазко Т.Т. Геномный «портрет» некоторых видов псовых, полученный с помощью ISSR PCR и IRAP PCR маркеров // *Кролиководство и звероводство*. 2020. N 1. С. 28-39. DOI: 10.24411/0023-4885-2020-00004

26. Fischer K.E., Riddle N.C. Sex Differences in Aging: Genomic Instability // *The Journals of Gerontology: Series A*. 2018. V. 73. Iss. 2. P. 166-174. DOI: 10.1093/gerona/glx105

27. Геодакян В.А. Онтогенетическое правило полового диморфизма // *ДАН СССР*. 1983. Iss. 2. С. 477-481.

28. Булахова Н.А., Куранова В.Н., Савельев С.В. Некоторые демографические характеристики популяций прыткой (*Lacerta agilis* L., 1758) и живородящей (*Zootoca vivipara* Jacq., 1787) ящериц Юго-востока Западной Сибири // *Сибирская зоологическая конференция, посвященная 60-летию Института систематики и экологии животных СО РАН*. Новосибирск, 2004. С. 232-237.

29. Завьялов Е.В., Табачишин В.Г., Шляхтин Г.В. Морфологическая характеристика и особенности биологии двуполосой прыткой ящерицы (*Lacerta agilis exiguus*) на севере Нижнего Поволжья // *Современная герпетология*. 2000. Вып. 1. С. 6-14.

30. Симонов Е.П. Морфологическая характеристика и некоторые аспекты экологии прыткой ящерицы *Lacerta agilis* на территории Пензенской области // *Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии*. 2007. Вып. 10. С. 141-147.

31. Симонов Е.П. Анализ полового диморфизма в популяциях прыткой ящерицы (*Lacerta agilis*) из разных природных зон юга Западной Сибири // *Современная герпетология*. 2008. Т. 8. Вып. 1. С. 39-49.

32. Орлова В.Ф., Тэрбай К. Семейство Настоящие ящерицы – *Lacertidae* Cope. М.: Т-во науч. издан. КМК, 1997. С. 133-266.

REFERENCES

1. Grechko V.V., Fedorova L.V., Ryabinin D.M., Ryabinina N.L., Kosushkin S.A., Ciobanu D.G., Darevsky I.S. The use of nuclear dna molecular markers for studying speciation and systematics as exemplified by the "Lacerta agilis complex" (Sauria: Lacertidae). *Molekulyarnaya biologiya* [Molecular biology]. 2006, vol. 40, no. 1, pp. 61-73. (In Russian)
2. Hopkins W.A., Roe J.H., Snodgrass J.W., Jackson B.P., Kling D.E., Rowe C.L., Congdon J.D. Nondestructive indices of trace element exposure in squamate reptiles. *Environ Pollut.*, 2001, vol. 115, iss. 1, pp. 1-7. DOI: 10.1016/S0269-7491(01)00098-7
3. Filatova L.N. Structural-functional characteristic seed plant of the nimble lizard and lake frog in the zone of influence of the enterprises of ferrous meta. *Vestnik OGU* [Vestnik of the Orenburg State University]. 2011, no. 16 (135), pp. 225-226. (In Russian)
4. Roitberg E.S., Eplanova G.V., Kotenko T.I., Amat F., Carretero M.A., Kuranova V.N., Bulakhova N.A., Zinenko O.I., Yakovlev V.A. Geographic variation of life history traits in the sand lizard, *Lacerta agilis*: testing Darwin's fecundity advantage hypothesis. *Journal of Evolutionary Biology*, 2015, vol. 28, iss. 3, pp. 613-29. DOI: 10.1111/jeb.12594
5. Fernández-Montraveta C., Marugán-Lobón J. Geometric morphometrics reveals sex-differential shape allometry in a spider. *Peer J*, 2017, vol. 5, e3617. DOI: 10.7717/peerj.3617
6. Olsson M., Schwartz T.S., Wapstra E., Shine R. How accurately do behavioural observations predict reproductive success in free ranging lizards? *Biol Lett*, 2019, vol. 15, iss. 2, article: 20190030. DOI: 10.1098/rsbl.2019.0030
7. Simonyan A.E. Analysis of DNA damage in lizards *Darevskia raddei* living in zones with different levels of soil contamination by DNA comet method. *Biologicheskii zhurnal Armenii* [Biological Journal of Armenia]. 2015, vol. 4 (67), pp. 65-67. (In Russian)
8. Drobot G.P., Remizova O.S. Using hematological parameters *lacerta agilis* l. for assessing anthropogenically disturbed territories. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012, vol. 14, no. 1(8), pp. 1887-1889. (In Russian)
9. Zietkiewicz E. Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. 1994, vol. 20, pp. 176-183.
10. Kalendar' R.V., Glazko V.I. Types of molecular genetic markers and their uses. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenii* [Physiology and biochemistry of cultivated plants]. 2002, vol. 34, no. 4, pp. 279-295. (In Russian)
11. Kalendar R., Schulman A.H. Transposon-based tagging: IRAP, REMAP, and iPBS. *Methods Mol Biol*, 2014, vol. 1115, pp. 233-255. DOI: 10.1007/978-1-62703-767-9_12
12. Kukushkin O.V., Ermakov O.A., Ivanov A.Yu., Doronin I.V., Sviridenko E.Yu., Simonov E.P., Gorelov R.A., Khramova M.A., Blokhin I.G. Cytochrome b mitochondrial gene analysis-based phylogeography of a sand lizard in the Crimea: ancient refugium at the peninsula, late expansion from the north, and first evidence of *Lacerta agilis tauridica* and *L. a. exigua* (Lacertidae: Sauria) hybridization. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*, 2020, vol. 324, no. 1, pp. 56-99. (In Russian) DOI: 10.31610/trudyzin/2020.324.1.56
13. Sviridenko E.Yu., Kukushkin O.V. K morfologicheskoi kharakteristike prytkoi yashcheritsy (*Lacerta agilis tauridica* Suchow, 1927) yugo-zapadnoi chasti Krymskogo poluostrova [To the morphological characteristics of the fast lizard (*Lacerta agilis tauridica* Suchow, 1927) in the southwestern part of the Crimean peninsula]. *Materialy yubileinoi*

- nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Izucheniye i sokhraneniye prirodnikh ekosistem zapovednikov lesostepnoi zony»*, Kursk, 2005 [Materials of the jubilee scientific practical conference study and preservation of natural ecosystems of reserves of the forest-steppe zone, Kursk, Central Chernozem Reserve, 2005]. Kursk, 2005, pp. 348-352. (In Russian)
14. Eplanova G.V. Colour pattern analysis of sand lizard from two populations in the Samara Region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, vol. 18, no. 5-2, pp. 264-274. (In Russian)
15. Levontin R.Ch. *Geneticheskie osnovy evolyutsii* [Genetic basis of evolution]. Moscow, Mir Publ., 1978, 352 p. (In Russian)
16. Nevo E. Genetic variation in natural populations: patterns and theory. *Theoretical Population Biology*. 1987, vol. 13, no. 1, pp. 121-177.
17. Glazko V.I. *Genetika izofermentov sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* [Genetics of isoenzymes of farm animals]. Moscow, VINITI Publ., 1988, 212 p. (In Russian)
18. Vorontsov N.N. *Razvitiye evolyutsionnykh idei v biologii* [Development of the evolutionary idea in biology]. Moscow, KMK Publ., 2004, 432 p. (In Russian)
19. Shirasu K.A., Schulman A.H., Lahaye T., Schulze-Lefert P. Contiguous 66-kb barley DNA sequence provides evidence for reversible genome expansion. *Genome Research*, 2000, vol. 10, iss. 7, pp. 908-915. DOI: 10.1101/gr.10.7.908
20. Glazko V.I., Elkina M.A., Glazko T.T. Genomic Scanning Using the Retrotransposon Fragments as «Anchors», in *Animals and Plants. Biogeosystem Technique*, 2015, vol. 6, iss. 4, pp. 363-373. DOI: 10.13187/bgt.2015.6.363
21. Plokhinskii N.A. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, MSU Publ., 1970, 367 p. (In Russian)
22. Antonov I., Medvedeva Y.A. Purine-rich low complexity regions are potential RNA binding hubs in the human genome. *F1000Research*, 2018, vol. 7, iss. 76. DOI: 10.12688/f1000research.13522.2
23. Zybailov B.L., Sherpa M.D., Glazko G.V., Raney K.D., Glazko V.I. G4-quadruplexes and genome instability. *Mol Biol*, 2013, vol. 47, pp. 197-204. DOI: 10.1134/S0026893313020180
24. Nei M. Genetic distance between populations. *American Naturalist*. 1972, vol. 106, pp. 283-292.

33. Glazko V.I., Kosovsky G.Yu., Blokhina T.V., Esin A.G., Glazko T.T. Genomic "portrait" of some canine species obtained using ISSR-PCR and IRAP-PCR markers. *Rabbit and fur farming*, 2020, no. 1, pp. 28-39. (In Russian) DOI: 10.24411/0023-4885-2020-00004
25. Fischer K.E., Riddle N.C. Sex Differences in Aging: Genomic Instability. *The Journals of Gerontology: Series A*, 2018, vol. 73, iss. 2, pp. 166-174. DOI: 10.1093/gerona/glx105
26. Geodakyan V.A. [Ontogenetic rule of sexual dimorphism]. In: *Doklady Akademii nauk SSSR* [Doklady Akademii Nauk USSR]. 1983, iss. 2, pp. 477-481. (In Russian)
27. Bulakhova N.A., Kuranova V.N., Savel'ev S.V. Nekotorye demograficheskie kharakteristiki populyatsii prytokoi (*Lacerta agilis* L., 1758) i zhivorodyashchei (*Zootoca vivipara* Jacq, 1787) yashcherits Yugo vostoka Zapadnoi Sibiri [Some demographic characteristics of populations of fast lizards (*Lacerta agilis* L., 1758) and viviparous (*Zootoca vivipara* Jacq, 1787) lizards of the southeast of Western Siberia]. *Sibirskaya zoologicheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 60-letiyu Instituta sistematiki i ekologii zhivotnykh SO RAN, Novosibirsk, 2004* [Siberian Zoological Conference dedicated to the 60th anniversary of the Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS, Novosibirsk, 2004]. Novosibirsk, 2004, pp. 232-237. (In Russian)
28. Zavyalov E.V., Tabachishin V.G., Shlyakhtin G.V. Morphological characters and peculiarities of sand lizards (*Lacerta agilis exigua*) biology in the north of the Lower Volga Area. *Sovremennaya gerpetologiya* [Current Studies in Herpetology]. 2000, vol. 1, pp. 6-14. (In Russian)
29. Simonov E.P. [Morphological characteristics and some aspects of ecology of the fast lizard *Lacerta agilis* in the Penza region]. In: *Aktual'nye problemy gerpetologii i toksinologii* [Actual problems of herpetology and toxinology]. 2007, iss. 10, pp. 141-147. (In Russian)
30. Simonov E.P. Sexual dimorphism analysis of *Lacerta agilis* populations in different native zones of West Siberia. *Sovremennaya gerpetologiya* [Current Studies in Herpetology]. 2008, vol. 8, iss. 1, pp. 39-49. (In Russian)
31. Orlova V.F., Terbish K. *Semeistvo Nastoyashchie yashcheritsy – Lacertidae Cope* [Family True lizards – Lacertidae Cope]. Moscow, KMK Publ., 1997, pp. 133-266. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Иван Г. Блохин собрал материал, провёл генотипирование и снятие параметров морфометрии и фоллидоза. Валерий И. Глазко и Иван Г. Блохин 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

Ivan G. Blokhin collected the material, carried out genotyping and recorded the parameters of morphometry and pholidosis. Valery I. Glazko and Ivan G. Blokhin 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

Иван Г. Блохин / Ivan G. Blokhin <https://orcid.org/0000-0002-0548-6201>
Валерий И. Глазко / Valery I. Glazko <https://orcid.org/0000-0002-8566-8717>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.583
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-59-67

Исследование экологии зимнего планктона озера Байкал с использованием комплексных инструментальных методов

Елена Ю. Наумова¹, Таисия П. Ржепка², Михаил М. Макаров¹, Алексей С. Ольшуков^{3,4},
Константин М. Кучер¹, Мадина З. Магомедова⁵, Елена С. Троицкая^{1,2}

¹Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский Государственный университет, Иркутск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

⁴Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

⁵Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Елена Ю. Наумова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ихтиологии, ФГБУН Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук; 664009 Россия, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278.
Тел. +79025783898
Email elena.baikalensis@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5829-9138>

Формат цитирования

Наумова Е.Ю., Ржепка Т.П., Макаров М.М., Ольшуков А.С., Кучер К.М., Магомедова М.З., Троицкая Е.С. Исследование экологии зимнего планктона озера Байкал с использованием комплексных инструментальных методов // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 59-67.
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-59-67

Получена 9 февраля 2021 г.
Прошла рецензирование 31 марта 2021 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Непрерывные наблюдения за изменением в экосистемах необходимо вести в связи с глобальными изменениями климата, которые влияют на состояние водных объектов. Дистанционные методы наблюдения имеют множество преимуществ в качестве перспективного метода мониторинга биоценозов крупных водоемов. Мы провели комплексное исследование с сопоставлением результатов, полученных с помощью новейших приборов и методов для расширения их дальнейшего применения при непрерывном мониторинге водных объектов.

Материал и методы. При полевых исследованиях использованы кроме классических методов изучения экологии зоопланктона – сети Джеди и STD зонда, также, гидроакустические датчики, погружную голографическую камеру, термодатчики высокого разрешения. Температуру воды, хлорофилл, фотосинтетически активную радиацию и другие параметры измеряли зондом AAQ-Rinko. Мы приводим данные одной вертикали до глубины 100 м.

Результаты. Основными компонентами мезозоопланктона в подледный период являются разные возрастные стадии эндемичного рачка *Epischura baikalensis* Sars, 1900 и несколько видов коловраток. В статье обсуждаются обнаруживаемые различными приборами неоднородности среды и распределения планктона.

Заключение. Полученные с помощью комплекса приборов экспериментальные результаты показывают, что распределение зоопланктона очень сильно зависит от физических параметров среды. Применение дистанционных методов получения данных – важный шаг к автоматизации базового мониторинга экосистемы озера Байкал и других водоемов. Полученные полевые данные позволяют в дальнейшем усовершенствовать алгоритм распознавания образов в программном обеспечении голографической установки именно для условий Байкала. Результаты вертикального распределения и миграций зоопланктона в связи с параметрами среды предполагается обрабатывать с использованием методов математического моделирования.

Ключевые слова

Мониторинг, зоопланктон, погружная голографическая камера, Байкал, температура, хлорофилл.

Investigation of the ecology of winter plankton of Lake Baikal using complex instrumental methods

Elena Yu. Naumova¹, Taisiya P. Rzhepkina², Mikhail M. Makarov¹, Alexey S. Olshukov^{3,4},
Konstantin M. Kucher¹, Madina Z. Magomedova⁵ and Elena S. Troitskaya^{1,2}

¹Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

⁴V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

⁵Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Elena Yu. Naumova, PhD, Department of Ichthyology, Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 3 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk, Russia 364033.

Tel. +79025783898

Email elena.baikalensis@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5829-9138>

How to cite this article

Naumova E.Yu., Rzhepkina T.P., Makarov M.M., Olshukov A.S., Kucher K.M., Magomedova M.Z., Troitskaya E.S. Investigation of the ecology of winter plankton of Lake Baikal using complex instrumental methods. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 59-67. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-59-67

Received 9 February 2021

Revised 31 March 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. The continuous monitoring of changes in ecosystems must be carried out in connection with global climate changes that affect the state of water bodies. Remote sensing methods have many advantages as a promising method for monitoring biocenoses in large water bodies. We carried out a comprehensive study comparing the results obtained using the latest instruments and methods to expand their further application to the continuous monitoring of water bodies.

Material and Methods. The field research was undertaken using hydroacoustic sensors, submersible holographic camera and high-resolution thermal sensors in addition to the classical methods of studying the zooplankton ecology – the Juday net and CTD probe. Water temperature, chlorophyll, photosynthetically active radiation and other parameters were measured with an AAQ-Rinko probe. We provided data for one vertical up to a depth of 100 m.

Results. The main components of mesozooplankton during the ice period are different age stages of the endemic crustacean *Epischura baikalensis* Sars 1900 and several rotifer species. The article discusses the heterogeneity of the environment and the distribution of plankton detected by various instruments.

Conclusion. The experimental results obtained with the help of a set of devices show that the distribution of zooplankton is very strongly dependent on the physical parameters of the environment. The use of remote sensing methods is an important step towards the automation of basic monitoring of the ecosystem of Lake Baikal and other water bodies. The obtained field data will make it possible to further improve the pattern recognition algorithm in the software of the holographic installation for the specific conditions of Lake Baikal. The results of the vertical distribution and migrations of zooplankton in connection with environmental parameters are assumed to be processed using mathematical modeling methods.

Key Words

Monitoring, zooplankton, submersible holographic camera, Baikal, temperature, chlorophyll.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что глобальные изменения климата влияют на состояние водных объектов, в т.ч. Байкала [1; 2]. В связи с этим, получение данных о состоянии экосистемы озера в объеме, достаточном для целей математического моделирования и прогнозирования поведения экосистемы озера в условиях глобального изменения климата и антропогенного освоения прибрежной территории является важной задачей. Дистанционные методы наблюдения имеют множество преимуществ для мониторинга биоценозов крупных водоемов. Анализ результатов ведется практически в реальном времени, что намного быстрее, чем обработка традиционных гидробиологических сборов. Результаты менее зависимы от случайных факторов, увеличение количества обрабатываемых данных делает значительно более достоверной их статистическую обработку. За рубежом непрерывно внедряются приборы на основе новейших технических разработок с использованием систем компьютерного обучения («искусственный интеллект») для обработки данных. Отечественная гидробиология отстает в этом направлении, несмотря на очевидную эффективность этих методов для целей экологического мониторинга [3-5]. Цифровая голография является многообещающим методом для исследования поведения планктона в естественных условиях [6-9]. В конце прошлого века велись разработки применения акустических и голографических методов для изучения зоопланктона озера Байкал [10; 11], но потом эти работы прервались. С целью оценки эффективности применения имеющихся и находящихся на стадии разработки приборов для установления непрерывного автоматизированного мониторинга зоопланктона озера Байкал были проведены комплексные наблюдения с использованием классических, голографического и гидроакустического методов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работы проводились 14 марта 2019 года в южной котловине озера Байкал в 3,5 км от мыса Ивановский. Наблюдения проводились каждые 4 часа на протяжении суток. Пробы мезозоопланктона отбирали закрывающейся сетью Джели с размером ячеек 88 мкм (открытый диаметр 37,5 см) по горизонтам 0-10, 10-25, 25-50, 50-100 м, фиксировали в 4% формалине, концентрировали седиментацией и затем подсчитывали под световым микроскопом [12]. Гидроакустическая съемка проводилась модернизированным эхолотом FCV-1100. Конфигурация эхолота была следующей: частота сигнала – 28 кГц, частота следования импульсов – 5 Гц, длительность импульса – 0,3 мс. Ширина луча однолучевого гидроакустического преобразователя 3 дБ составляла 12°. Температуру воды, хлорофилл (хл “а”), фотосинтетически активную радиацию (ФАР) и другие параметры измеряли зондом AAQ-Rinko [13]. Кроме того, для измерения температуры воды использовались логгеры (RBR-Companu, Канада) TR-1000 (разрешение 0,002°C, точность 0,05°C) и TR-1060 (разрешение 0,0001°C, точность 0,002°C). Полигон состоял из четырех точек, в которых измерения проводились на глубинах 45, 50 и 55 м. Дискретность измерений 5 минут. Еще один логгер RBRduet (разрешение 0.00005°C, точность 0.002°C, дискретность 5 отсчетов в секунду) был прикреплен к сети Джели. Одновременно

использовалась погружная голографическая камера [14]. В статье приводятся результаты анализа данных одной вертикали, выполненной в 13.00 ч 14 марта 2019. Во время проведения измерений было облачно (10 бл), дымка, без ветра. Ночью выпал снег (высота свежеснежавшего снега 2 см) и его высота на льду (толщина 83 см) составила максимально 7 см (пятнистое покрытие льда снегом).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Профиль температуры воды во время проведения работ, в целом, был обычен для периода весеннего подледного прогрева (рис. 1.1). Подо льдом температура воды составляла 0,2°C. В слое 4-5 м выделяется скачок температуры до 0,5°C, связанный с суточными колебаниями температуры. Глубже (до глубины 25 м) температура практически не менялась и составляла около 0,5°C в слое эпилимниона. С 25 м начинается сезонный слой скачка температуры (термоклин), в котором температура воды заметно повышалась и составила на 3,2°C на 100 м.

Количество хл“а” (рис. 1.2) плавно возрастало от 0,52 г/л в подледном слое до максимального 1,6 г/л на глубине 10 м. Потом его количество снижалось и следующий пик наблюдался на глубине 23-25 м (до 1,0 г/л). Еще один пик наблюдался на глубине 31-32 м (0,81 г/л). Глубже 50 м количество хлорофилла было 0,22-0,32 г/л.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) во время наших наблюдений (рис. 1.3) практически не проникала глубже 30 метров. По нашим наблюдениям, при наблюдаемой толщине льда и покрытой снегом поверхности льда освещение в воде падает до критических для фотосинтеза значений уже на глубине 10 метров.

Основными компонентами мезозоопланктона в подледный период являются разные возрастные стадии эндемичного рачка *Epischura baikalensis* Sars 1900 и несколько видов коловраток [15]. В наблюдаемый период в поверхностном слое 0-10 м численность всего зоопланктона была 459 экз./м³ (рис. 2). Глубже на горизонте 10-25 метров количество зоопланктона снижается до 218 экз./м³, на горизонте 25-50 метров – 98 экз./м³ и глубже 50 м возрастает до 169 экз./м³. Наибольший вклад в численность зоопланктона вносили науплиусы *E. baikalensis* (0-10 м – 413 экз./м³, а в слое глубже 50 м поднимается до 164 экз./м³). По результатам сетных сборов у поверхности находилось около 40 процентов всех коловраток от общего количества в слое 0-100 м и почти четверть всех науплиусов.

По изображениям, полученным с помощью эхолота (рис. 3) хорошо видно, как и на какой глубине работала планктонная сеть и погружаемая аппаратура, а также, что регистрируемые скопления зоопланктона находились в поверхностном 5-метровом слое. Благодаря акустическим данным мы знаем, что когда сетью Джели облавливался 10-метровый слой, основная масса зоопланктона была сосредоточена выше. Так что концентрация зоопланктона в расчете на горизонт 0-5 м была как минимум в 2 раза выше, то есть приблизительно 1000 экз./м³. Полученные данные позволяют определить, что регистрируемый слой – это сигнал от мезозоопланктона с такой концентрацией. При концентрации ниже сигнал уже не наблюдается.

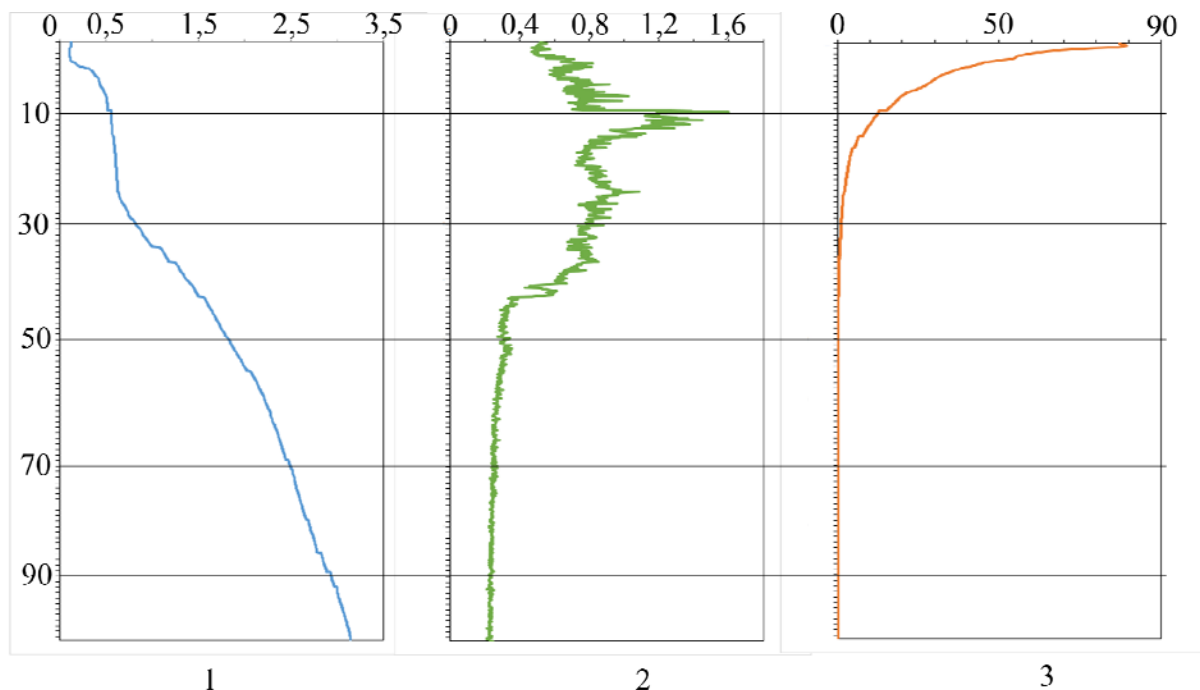


Рисунок 1. Изменение температуры, °C (1), концентрации хлорофилла "а", г/л (2) и фотосинтетически активной радиации (ФАР), мкмоль/м²с (3), по глубине 14 марта 2019 в 13.00, м. Ивановский. Здесь и далее по вертикали – глубина (м)

Figure 1. Change in temperature, °C (1), concentration of chlorophyll "a", g/l (2) and photosynthetically active radiation (PAR), μmol/m² s (3), at depths on 14 March 2019 at 13.00 hrs at Cape Ivanovsky. In this figure and further below the vertical scale – depth (m)

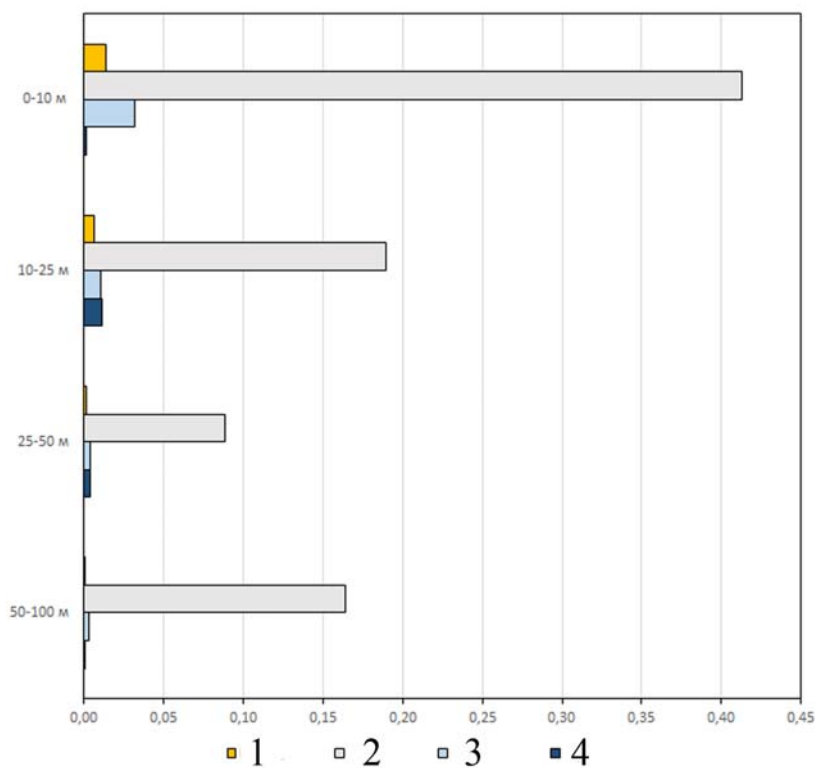


Рисунок 2. Распределение концентраций групп зоопланктона тыс. экз./м³ по глубине 14 марта 2019 в 13.00, м. Ивановский. 1 – общая концентрация коловраток, 2 – науплиальные стадии *Epischura baikalensis*, 3 – копепоиды *E. baikalensis*, 4 – взрослые рачки *E. baikalensis*

Figure 2. Distribution of concentrations of zooplankton groups, thousand ind./m³, along the depth on 14 March 2019 at 13.00 hrs at Cape Ivanovsky. 1 – rotifers, 2 – naupliar stages *Epischura baikalensis*, 3 – copepodites of *E. baikalensis*, 4 – adult *E. baikalensis*

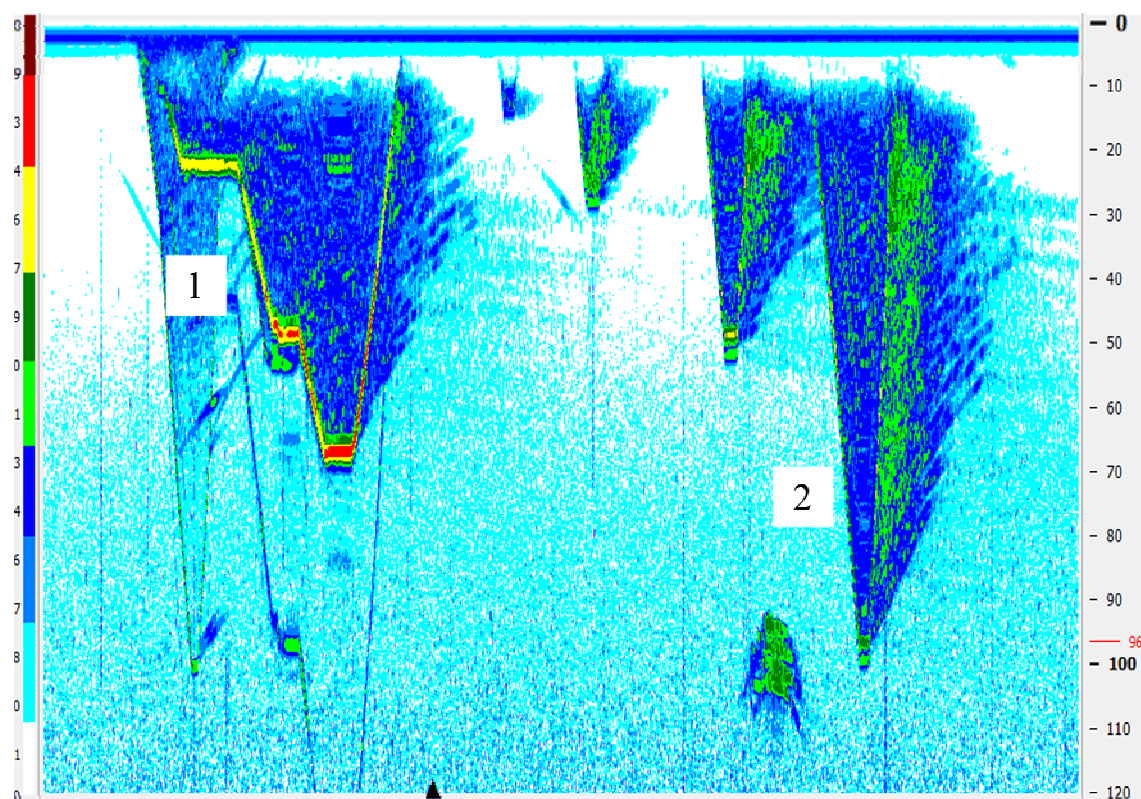


Рисунок 3. Эхограмма, полученная 14 марта 2019 в 13.00, м. Ивановский. 1 – сигнал от погружаемой голографической установки, 2 – четыре горизонта погружения сети Джеди
Figure 3. Echogram received on 14 March 2019 at 13.00 hrs at Cape Ivanovsky. 1 – signal from a submersible holographic installation, 2 – four immersion horizons of Jedi net

Данные, полученные голографической камерой, обсчитывались полуавтоматически по сфокусированным изображениям (рис. 4). В поверхностном 5-метровом слое отмечался пик до 15 тыс. частиц/м³ на глубине 5 м, совпадая с пиком максимума акустической плотности и максимума мезозoopланктона в слое 0-10 м. Повышение количества частиц на глубине 10 м

вероятно отражает наличие на этой глубине колониальных диатомовых водорослей. Максимальные значения количества частиц (20 тыс. частиц/м³) получены на глубине 23 м. Количество частиц плавно уменьшалось к глубине 50 м до 7 тыс. частиц/м³ и опять повышалось до 15 тыс. частиц/м³ к 70 метрам.

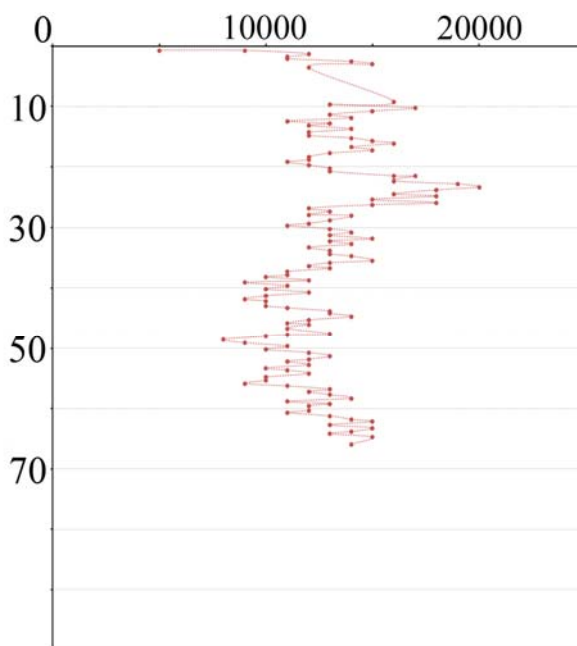


Рисунок 4. Изменение количества частиц (в м³) с глубиной, полученное с помощью погружной голографической камеры 14 марта 2019 в 13.00, м. Ивановский
Figure 4. Change in the number of particles (in m³) with depth obtained using a submersible holographic camera on 14 March 2019 at 13.00 hrs at Cape Ivanovsky

Чтобы проверить гипотезу влияния на вертикальное распределение мезозoopланктона плотности воды, на профиле её вертикального распределения были

выделены точки перелома (рис. 5). Всего выделено шесть таких точек на глубинах 2, 5, 25, 30, 39 и 58 м.

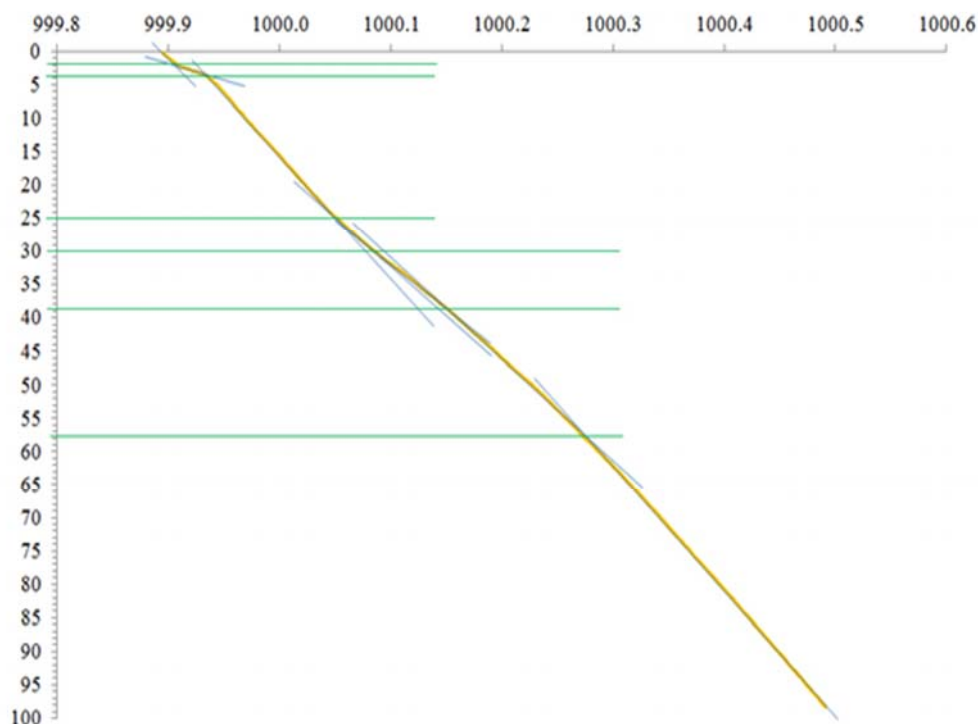


Рисунок 5. Вертикальное распределение плотности воды (оранжевая кривая, kg/m^3), точки её перелома (отмечены пересечением голубых линий). Зелёные линии проведены для определения глубины залегания точки перелома
Figure 5. Vertical distribution of water density (orange curve, kg/m^3), its breakpoints (marked by the intersection of blue lines). Green lines are drawn to determine the depth of the inflection point

По результатам комплексного анализа видно (табл. 1), что максимум фотосинтезирующих организмов наблюдался над термоклином и отражен в данных голографической камеры на глубине 23 м. При этом

максимум мезозoopланктона также был зарегистрирован и в акустических, и в голографических данных на глубине около трех метров.

Таблица 1. Выделенные разными методами горизонты изменений параметров среды или характеристик планктона
Table 1. Horizons of changes in environmental parameters or plankton characteristics identified by different methods

Методы / Methods	Параметры / Parameters	Горизонты, м / Horizons, m
Гидрофизический Hydrophysical	Плотность воды / Density of water	2, 5, 25, 30, 39, 58
	Температура воды / Water temperature	5, 25
Гидроакустический Hydroacoustic	Акустическая плотность / Acoustic density	5
Биологический Biological	Хлорофилл «а» / Chlorophyll "a"	5, 10, 25
	ФАР / PAR	0-10, 0-30
	Концентрация зоопланктона Zooplankton concentration	1-10
Голографический Holographic	Число частиц / Particle Count	5, 23, 45, 58, 62-66

Чётко выделяется по всем параметрам горизонт 5 м – нижняя граница суточного перемешивания за счёт свободной температурной конвекции; и 23-25(30) м – горизонт/слой, с которого начинается сезонный

термоклин. Если сопоставлять с вертикальным распределением зоопланктона, то коловратки предпочитают жить в эпилимнионе, где достаточно света, есть суточное и сезонное перемешивание воды в

марте. В слое термоклина их меньше. Похожее распределение у копепоидов *Epischura baikalensis*. Представителей науплиальных стадий *E. baikalensis* больше в верхней части эпилимниона – предположительно в узком слое 3-5 м, где происходит суточное перемешивание. Высокая концентрация науплиусов и в нижней части термоклина (50-100 м) совпадает с повышением численности взрослых особей *E. baikalensis*. Возможно, именно эти группы зоопланктона зарегистрированы голографическим методом (пики глубже 50 м, рис. 4). Взрослые рачки *E. baikalensis*, судя по результатам, обитают в слое перехода от эпилимниона к термоклину (23-25(30) м). Это может быть связано с оседанием диатомовых водорослей в слое наибольших вертикальных градиентов температуры и плотности воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные с помощью комплекса приборов экспериментальные результаты подтверждают то, что распределение мезозоопланктона очень сильно зависит от гидрофизических параметров среды (температура и плотность воды, освещённость, динамические процессы). Результаты акустического и голографического методов также совпадают с результатами анализа классическими методами. Однако, для подтверждения гипотезы о соотношении вертикального распределения различных стадий и видов зоопланктона с пиками вертикального распределения частиц, определяемыми с помощью голографической камеры, требуется ручная верификация данных.

Применение дистанционных методов получения данных – важный шаг к автоматизации базового мониторинга экосистемы озера Байкал и других водоемов. Полученные полевые данные позволят в дальнейшем усовершенствовать алгоритм распознавания образов в программном обеспечении голографической установки именно для условий Байкала. Результаты вертикального распределения и миграций зоопланктона в связи с параметрами среды предполагается обрабатывать с использованием методов математического моделирования.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке Проекта РФФИ 19-07-00322 А. Работа выполнена при частичной поддержке проектов МИНОБРНАУКИ России 0279-2021-0004, 0279-2021-0005, 0279-2019-0003. Благодарим коллег из коллаборации «Baikal-GVD» Н.М. Буднева, И.А. Белолептикова и др. за организацию транспорта, проживания, техническое обеспечение и всемерную помощь во время проведения экспедиционных работ.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by RFBR project 19-07-00322 А. This work was carried out with partial support of Ministry of Education and Science of Russia projects 0279-2021-0004, 0279-2021-0005, 0279-2019-0003. We would like to thank our colleagues from the Baikal-GVD collaboration, N.M. Budnev, I.A. Belolaptikov and others for the organization of transport, accommodation, technical support and all-round assistance during expeditionary work.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Izmet'eva L.R., Moore M.V., Hampton S.E., Ferverda C.J., Gray D.K., Woo K.H., Pislegina H.V., Krashchuk L.S., Shimaraeva S.V., Sylov E.A. Lake-wide physical and biological trends associated with warming in Lake Baikal // Journal of Great Lakes Research. 2016. V. 42. Iss. 1. P. 6-17. DOI: 10.1016/j.jglr.2015.11.006
2. Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu. Spring zooplankton of pelagial of the Baikal Lake // Hydrobiological Journal. 2018. V. 54. Iss. 1. P. 33-39. DOI: 10.1615/Hydrobiol.v54.i1.30
3. Jude D.J., Rudstam L.G., Holda T.J., Watkins J.M., Euclide P.T., Balcer M.D. Trends in *Mysis diluviana* abundance in the Great Lakes, 2006-2016 // Journal of Great Lakes Research. 2018. V. 44. Iss. 4. P. 590-599. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.04.006
4. Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu., Makarov M.M. Recent quantitative values of *Macrohectopus branickii* (Dyb.) (amphipoda) from Lake Baikal // Journal of Great Lakes Research. 2020. V. 46. Iss. 1. P. 48-52. DOI: 10.1016/j.jglr.2019.10.002
5. Dyomin V.V., Davydova A.Y., Morgalev Y.N., Olshukov A.S., Polovcev I.G., Morgaleva T.G., Morgalev S.Y. Planktonic response to light as a pollution indicator // Journal of Great Lakes Research. 2020. V. 46. Iss. 1. P. 41-47. DOI: 10.1016/j.jglr.2019.10.012
6. Rotermond L.M., Samson J., Kreuzer J. A submersible holographic microscope for 4-D *in-situ* studies of micro-organisms in the ocean with intensity and quantitative phase imaging // Journal of Marine Science: Research and Development. 2016. V. 6. Iss. 1. Article: 181. DOI: 10.4172/2155-9910.1000181
7. Davies E.J., Nepstad R. *In situ* characterisation of complex suspended particulates surrounding an active submarine tailings placement site in a Norwegian fjord // Regional Studies in Marine Science. 2017. V. 16. P. 198-207. DOI: 10.1016/j.rsma.2017.09.008
8. Guo B., Yu J., Liu H., Yuan G., Xu W., Hou R., et al. Miniaturized digital inline holographic camera for in-situ plankton detection // Advanced Sensor Systems and Applications VIII. eds T. Liu, and S. Jiang, Beijing: SPIE, 2018. 32 p. DOI: 10.1117/12.2500788
9. Lombard F., Boss E., Waite A.M., Vogt M., Uitz J., Stemmann L., Sosik H.M., Schulz J., Romagnan J.-B., Picheral M., Pearlman J., Ohman M.D., Niehoff B., Möller K.O., Miloslavich P., Lara-Lpez A., Kudela R., Lopes R.M., Kiko R., Karp-Boss L., Jaffe J.S., Iversen M.H., Irisson J.-O., Fennel K., Hauss H., Guidi L., Gorsky G., Giering S.L.C., Gaube P., Gallager S., Dubelaar G., Cowen R.K., Carlotti F., Briseño-Avena C., Berline L., Benoit-Bird K., Bax N., Batten S., Ayata S.D., Artigas L.F., Appeltans W. Globally consistent quantitative observations of planktonic ecosystems // Frontiers in Marine Science. 2019. V. 6. 196 p. DOI: 10.3389/fmars.2019.00196
10. Мельник Н.Г. Исследования пространственно-временной организации пелагиали озера Байкал // Материалы конференции «Чтения памяти проф. М.М. Кожова. Проблемы экологии», Иркутск, 1-3 ноября, 2000. С. 64-66.
11. Rudstam L.G., Melnik N.G., Timoshkin O.A., Hansson S., Pushkin S.V., Nemov V. Daily dynamics of an aggregation of *Macrohectopus branickii* (Dyb.) (Amphipoda, Gammaridae) in Barguzin Bay, Lake Baikal, Russia // Journal of Great Lakes Research. 1992. V. 18. P. 286-297.
12. Тимошкин О.А., Мазепова Г.Ф., Мельник Н.Г. и др. Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала (с

краткими очерками по их экологии). Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1995. 693 с.

13. Makarov M.M., Kucher K.M., Naumova E.Yu. Vertical distribution of zooplankton after rapid change in temperature and chlorophyll concentration // *Limnology and Freshwater Biology*. 2019. N 1. P. 177-180. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-1-177

14. Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Morgalev S.Yu., Kirillov N.S., Olshukov A.S., Polovtsev I.G., Davydov S.A. Monitoring of Plankton Spatial and Temporal Characteristics with the Use of a Submersible Digital Holographic Camera // *Frontiers in Marine Science*. 2020. V. 7. Article: 653. DOI: 10.3389/fmars.2020.00653

15. Tereza E.P., Naumova E.Yu., Belykh O.I., Logacheva N.F., Pomazkova G.I., Dzyuba Y.V., Melnik N.G. Vertical distribution and feeding activity of *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda) nauplii in response to two predators in Lake Baikal in winter // *Fundamental and Applied Limnology*. 2007. V. 169(3). P. 211-216. DOI: 10.1127/1863-9135/2007/0169-0211

REFERENCES

1. Izmet's'eva L.R., Moore M.V., Hampton S.E., Ferverda C.J., Gray D.K., Woo K.H., Pislegina H.V., Krashchuk L.S., Shimaraeva S.V., Sylov E.A. Lake-wide physical and biological trends associated with warming in Lake Baikal. *Journal of Great Lakes Research*, 2016, vol. 42, iss. 1, pp. 6-17. DOI: 10.1016/j.jglr.2015.11.006

2. Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu. Spring zooplankton of pelagial of the Baikal Lake. *Hydrobiological Journal*, 2018, vol. 54, iss. 1, pp. 33-39. DOI: 10.1615/Hydrobiol.v54.i1.30

3. Jude D.J., Rudstam L.G., Holda T.J., Watkins J.M., Euclide P.T., Balcer M.D. Trends in *Mysis diluviana* abundance in the Great Lakes, 2006-2016. *Journal of Great Lakes Research*, 2018, vol. 44, iss. 4, pp. 590-599. DOI: 10.1016/j.jglr.2018.04.006

4. Naumova E.Yu., Zaidykov I.Yu., Makarov M.M. Recent quantitative values of *Macrohectopus branickii* (Dyb.) (amphipoda) from Lake Baikal. *Journal of Great Lakes Research*, 2020, vol. 46, iss. 1, pp. 48-52. DOI: 10.1016/j.jglr.2019.10.002

5. Dyomin V.V., Davydova A.Y., Morgalev Y.N., Olshukov A.S., Polovtsev I.G., Morgaleva T.G., Morgalev S.Y. Planktonic response to light as a pollution indicator. *Journal of Great Lakes Research*, 2020, vol. 46, iss. 1, pp. 41-47. DOI: 10.1016/j.jglr.2019.10.012

6. Rotermund L.M., Samson J., Kreuzer J. A submersible holographic microscope for 4-D in-situ studies of micro-organisms in the ocean with intensity and quantitative phase imaging. *Journal of Marine Science: Research and Development*, 2016, vol. 6, iss. 1, article: 181. DOI: 10.4172/2155-9910.1000181

7. Davies E.J., Nepstad R. *In situ* characterisation of complex suspended particulates surrounding an active submarine tailings placement site in a Norwegian fjord.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Елена Ю. Наумова, Елена С. Троицкая, Михаил М. Макаров, Алексей С. Ольшук и Константин М. Кучер провели полевой сбор материала и первичную обработку данных. Таисия П. Ржепка провела камеральную обработку проб зоопланктона. Елена Ю. Наумова, Елена С. Троицкая, Михаил М. Макаров и Мадина З. Магомедова проанализировали данные, написали рукопись. Все авторы в равной степени несут

Regional Studies in Marine Science, 2017, vol.16, pp.198-207. DOI: 10.1016/j.rsma.2017.09.008

8. Guo B., Yu J., Liu H., Yuan G., Xu W., Hou R., et al. Miniaturized digital inline holographic camera for in-situ plankton detection. *Advanced Sensor Systems and Applications VIII*, eds T. Liu, and S. Jiang, Beijing: SPIE, 2018, p. 32. DOI: 10.1117/12.2500788

9. Lombard F., Boss E., Waite A.M., Vogt M., Uitz J., Stemmann L., Sosik H.M., Schulz J., Romagnan J.-B., Picheral M., Pearlman J., Ohman M.D., Niehoff B., Möller K.O., Miloslavich P., Lara-Lpez A., Kudela R., Lopes R.M., Kiko R., Karp-Boss L., Jaffe J.S., Iversen M.H., Irisson J.-O., Fennel K., Hauss H., Guidi L., Gorsky G., Giering S.L.C., Gaube P., Gallager S., Dubelaar G., Cowen R.K., Carlotti F., Briseño-Avena C., Berline L., Benoit-Bird K., Bax N., Batten S., Ayata S.D., Artigas L.F., Appeltans W. Globally consistent quantitative observations of planktonic ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 2019, Vol. 6, p. 196. DOI: 10.3389/fmars.2019.00196

10. Melnik N.G. Issledovaniya prostranstvenno-vremennoy organizatsii pelagiala ozera Baykal [Studies of the spatio-temporal organization of the pelagic zone of Lake Baikal]. *Materialy konferentsii «Chteniya pamyati prof. M.M. Kozhova. Problemy ekologii», Irkutsk, 1-3 noyabrya, 2000* [Proceedings of the conference "Readings in memory of prof. M.M. Kozhova. Ecological problems", Irkutsk, 1-3 November 2000]. Irkutsk, 2000, pp. 64-66. (In Russian)

11. Rudstam L.G., Melnik N.G., Timoshkin O.A., Hansson S., Pushkin S.V., Nemov V. Daily dynamics of an aggregation of *Macrohectopus branickii* (Dyb.) (Amphipoda, Gammaridae) in Barguzin Bay, Lake Baikal, Russia. *Journal of Great Lakes Research*. 1992, vol. 18, pp. 286-297.

12. Timoshkin O.A., Mazepova G.F., Melnik N.G. et al. *Atlas i opredelitel' pelagobiontov Baykala (s kratkimi ocherkami po ikh ekologii)* [Atlas and Keys to Baikal pelagobionts (with brief essays on their ecology)]. Novosibirsk, Nauka, Siberian RAS Publ., 1995, 693 p. (In Russian)

13. Makarov M.M., Kucher K.M., Naumova E.Yu. Vertical distribution of zooplankton after rapid change in temperature and chlorophyll concentration. *Limnology and Freshwater Biology*, 2019, no. 1, pp. 177-180. DOI: 10.31951/2658-3518-2019-A-1-177

14. Dyomin V.V., Davydova A.Yu., Morgalev S. Yu., Kirillov N.S., Olshukov A.S., Polovtsev I. G., Davydov S.A. Monitoring of Plankton Spatial and Temporal Characteristics with the Use of a Submersible Digital Holographic Camera. *Frontiers in Marine Science*, 2020, vol. 7, article 653. DOI: 10.3389/fmars.2020.00653

15. Tereza E.P., Naumova E.Yu., Belykh O.I., Logacheva N.F., Pomazkova G.I., Dzyuba Y.V., Melnik N.G. Vertical distribution and feeding activity of *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda) nauplii in response to two predators in Lake Baikal in winter. *Fundamental and Applied Limnology*, 2007, vol. 169(3), pp. 211-216. DOI: 10.1127/1863-9135/2007/0169-0211

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elena Yu. Naumova, Elena S. Troitskaya, Mikhail M. Makarov, Alexey S. Olshukov and Konstantin M. Kucher conducted field data collection and primary data processing. Taisiya P. Rzhepka carried out in-house processing of zooplankton samples. Elena Yu. Naumova, Elena S. Troitskaya, Mikhail M. Makarov and Madina Z. Magomedova analysed the data and wrote the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism and self-

ответственность при обнаружении плагиата,
самоплагиата или других неэтических проблем.

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

Елена Ю. Наумова / Elena Yu. Naumova <https://orcid.org/0000-0001-5829-9138>

Таисия П. Ржепка / Taisiya P. Rzhepka <https://orcid.org/0000-0002-2151-5789>

Михаил М. Макаров / Mikhail M. Makarov <https://orcid.org/0000-0002-1758-4458>

Алексей С. Ольшук / Alexey S. Olshukov <https://orcid.org/0000-0003-1886-7174>

Константин М. Кучер / Konstantin M. Kucher <https://orcid.org/0000-0002-5978-0107>

Мадина З. Магомедова / Madina Z. Magomedova <https://orcid.org/0000-0001-8425-1664>

Елена С. Троицкая / Elena S. Troitskaya <https://orcid.org/0000-0002-6575-0465>

Original article / Оригинальная статья
УДК 582.284 (470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-68-80

Diversity and ecology of poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) of the Gunib Plateau, Dagestan

Sergey V. Volobuev¹, Yuliya Yu. Ivanushenko² and Aziz B. Ismailov³

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Sergey V. Volobuev, Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Systematics and Geography of Fungi, Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences; 2 Professora Popova St, Saint Petersburg, Russia 197376.
Tel. +78123725469
Email sergvolobuev@binran.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1217-5548>

How to cite this article

Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B. Diversity and ecology of poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) of the Gunib Plateau, Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 68-80. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-68-80

Received 25 January 2021

Revised 11 March 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. Polypores are an integral part of forest ecosystems, but to date there is no sufficient information on diversity and ecology of this group of basidiomycetes in many mountain areas. The aim of this study is to reveal species composition and characterize substrate preferences of poroid fungi of the Gunib Plateau (the Republic of Dagestan, Northeast Caucasus, Russia).

Material and Methods. All fungal specimens were collected by the authors during field surveys in 2018–2020, which were carried out within pine, birch, hornbeam, alder, aspen, and mixed forests as well as juniper woodlands. The identification of fungi was performed predominantly by a light microscopy techniques, but also by an analysis of the ITS1-5.8S-ITS2 nrDNA to verify specimens from *Postia caesia*-species complex.

Results. A total of 73 species of poroid fungi from 43 genera and 7 orders of the class *Agaricomycetes* (*Basidiomycota*) have been identified in the territory of the Gunib Plateau within the Upper Gunib Nature Park. Among them, there are 29 new species for the Republic of Dagestan, of which 11 species are cited for the Caucasus for the first time. An annotated species list with detailed information on substrata, habitats, localities, and links to herbarium specimens (LE) is provided.

Conclusion. The revealed species richness of polypores has expanded the current knowledge on the mycobiota of the Gunib Plateau and its links with plant communities. The range of leading genera (*Antrodia* s. l., *Ceriporia*, *Gloeophyllum*, *Phellinus* s. l., *Postia*, *Trametes* s. l.) is characteristic of the boreal zone and determined by the predominance of *Pinus kochiana* forests in the surveyed area.

Key Words

Auriporia aurulenta, biodiversity, mountain habitats, Northeast Caucasus, polypores, wood-inhabiting fungi.

Разнообразие и экология пороидных грибов (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) на территории плато Гуниб, Дагестан

Сергей В. Волобуев¹, Юлия Ю. Иванушенко², Азиз Б. Исмаилов³

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Сергей В. Волобуев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории систематики и географии грибов, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; 197376 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2.

Тел. +78123725469

Email sergvolobuev@binran.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1217-5548>

Формат цитирования

Волобуев С.В., Иванушенко Ю.Ю., Исмаилов А.Б. Разнообразие и экология пороидных грибов (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) на территории плато Гуниб, Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 68-80. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-68-80

Получена 25 января 2021 г.

Прошла рецензирование 11 марта 2021 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Трутовые грибы являются неотъемлемой частью лесных экосистем, но на сегодняшний день для многих горных территорий отсутствует информация о разнообразии и экологии этой группы базидиомицетов. Цель исследования – инвентаризация видового разнообразия и выявление субстратных предпочтений пороидных грибов на территории плато Гуниб (Дагестан, Северо-Восточный Кавказ).

Материал и методы. Образцы грибов были собраны авторами в ходе полевых исследований в 2018-2020 гг., которые проводились маршрутным методом в сосновых, березовых, грабовых, ольховых, осиновых и смешанных лесах, а также можжевельниковых криволесьях. Идентификация грибов проводилась преимущественно методами световой микроскопии, а также на основе анализа ITS1-5.8S-ITS2 области яДНК для проверки образцов из *Postia caesia*-комплекса.

Результаты. Всего на территории плато Гуниб в природном парке «Верхний Гуниб» идентифицировано 73 вида пороидных грибов из 43 родов и 7 порядков класса *Agaricomycetes* (*Basidiomycota*). Среди них 29 новых видов для Республики Дагестан, из которых 11 видов впервые указаны для Кавказа. Приведен аннотированный список видов с подробной информацией о субстратах, местообитаниях, местонахождениях и номерах гербарных образцов (LE).

Заключение. Выявленное видовое разнообразие пороидных грибов расширило современные знания о микробиоте плато Гуниб и ее связях с растительными сообществами. Спектр ведущих родов (*Antrodia* s. l., *Ceriporia*, *Gloeophyllum*, *Phellinus* s. l., *Postia*, *Trametes* s. l.) характерен для бореальной зоны и определяется преобладанием на обследованной территории сосновых лесов из *Pinus kochiana*.

Ключевые слова

Auriporia aurulenta, биоразнообразие, горные экосистемы, Северо-Восточный Кавказ, трутовики, деревообитающие грибы.

INTRODUCTION

Poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) are an important non-taxonomic group of wood-inhabiting macrobasidiomycetes; their common morphological character is the poroid hymenophore. They play a significant role in biomass recycling in forest ecosystems [1], while forming ecological niches for other organisms. Many species of poroid fungi are causative agents of stem and root rot. Among species of poroid fungi are pathogens of living trees [2; 3], as well as mycorrhizal species, which form basidiomata on dead wood (e.g. among *Sistotrema*; [4; 5]). Several species are bioindicators of forest areas with a high conservation value, and a considerable number of species possess bioactive compounds with diverse biotechnological and pharmaceutical applications [1; 6].

The article summarizes the data on the species diversity and ecological characteristics of poroid fungi obtained by the authors [7-10] and supplemented with information about new finds on the territory of the Gunib Plateau (Dagestan).

The Gunib Plateau occupies the northwestern part of Intramountain Dagestan, located in the northeast of the Greater Caucasus. Plateau height ranges from 1400 to 2351 m above sea level and the total area is about 14.7 km² [11].

The plateau is particularly affected by a continental climate [11]. The annual rainfall is 680 mm with a June-July maximum. The average annual air temperature is +6.7°C. The coldest month is January with an average monthly

temperature of -5.2°C while the average temperature of the warmest month of August is +16.5°C. The period of temperatures above zero lasts on average for 270 days [10]. Relative humidity is 65%.

The plateau is drained by the shallow river Gunibka, which receives mainly rain water [11].

In the flora of vascular plants of the Gunib plateau, there are 657 species. The general vegetation cover of the plateau consists of forest, meadow, mountain-steppe, and mountain-xerophytic communities with significant participation of petrophytes [12]. The forests of the Gunib Plateau are formed by *Pinus kochiana*, *Betula litwinowii*, *B. pendula* and *B. raddeana*, with an admixture of *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Sorbus torminalis*, *Tilia cordata* and other trees [10].

The aim of the study was to reveal species composition and characterize substrate preferences of poroid fungi (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) of the Gunib Plateau (the Republic of Dagestan, Northeast Caucasus).

MATERIAL AND METHODS

Specimens of wood-inhabiting fungi were collected in accordance with the standard techniques [13; 14] in September-October of 2018–2020 and May of 2019 on the territory of the Gunib Plateau during a route survey of forest ecosystems. The list of studied localities with geographical coordinates and altitudes is presented in Table 1.

Table 1. Geographical coordinates and altitudes of studied localities in the Gunib Plateau

Таблица 1. Географические координаты и высоты над уровнем моря обследованных локалитетов на плато Гуниб

Locality number	Latitude	Longitude	Altitude
#1	42.40075° N	46.91889° E	1720 m
#2	42.403707° N	46.911382° E	1798 m
#3	42.403593° N	46.911264° E	1810 m
#4	42.409523° N	46.908526° E	1854 m
#5	42.409617° N	46.906868° E	1881 m
#6	42.409278° N	46.904450° E	1924 m
#7	42.409078° N	46.901189° E	1959 m
#8	42.407591° N	46.903117° E	1920 m
#9	42.404557° N	46.906402° E	1874 m
#10	42.403639° N	46.921271° E	1704 m
#11	42.404152° N	46.921312° E	1692 m
#12	42.404383° N	46.914534° E	1716 m
#13	42.403555° N	46.912575° E	1815 m
#14	42.410924° N	46.908791° E	1808 m
#15	42.409787° N	46.907016° E	1876 m
#16	42.410041° N	46.905304° E	1925 m
#17	42.412403° N	46.910023° E	1716 m
#18	42.411631° N	46.914462° E	1701 m
#19	42.405913° N	46.920473° E	1603 m
#20	42.396452° N	46.925452° E	1630 m
#21	42.394918° N	46.925022° E	1685 m
#22	42.394227° N	46.924735° E	1724 m
#23	42.395467° N	46.922518° E	1717 m
#24	42.397379° N	46.922712° E	1679 m
#25	42.396977° N	46.922749° E	1663 m
#26	42.395996° N	46.921136° E	1718 m
#27	42.395962° N	46.919903° E	1759 m
#28	42.393162° N	46.929143° E	1701 m
#29	42.392732° N	46.931507° E	1685 m
#30	42.392758° N	46.935123° E	1573 m
#31	42.391788° N	46.936204° E	1617 m
#32	42.390799° N	46.936711° E	1632 m
#33	42.39073° N	46.938541° E	1567 m
#34	42.404084° N	46.911848° E	1812 m
#35	42.40274° N	46.921363° E	1654 m
#36	42.405848° N	46.904889° E	1895 m

Identification of the collected material was performed using a LOMO Mikmed-6 microscope (magnifications 600× and 1500× with oil immersion lens), a standard set of chemicals (5% KOH, Melzer reagent, 0.1% cotton blue), and modern monographs on polypores [15; 16]. The specimens studied were deposited into the Mycological Herbarium of the Komarov Botanical Institute of RAS (LE), Saint Petersburg.

The analysis of the ITS1-5.8S-ITS2 nrDNA was applied to verify specimens from *Postia caesia*-species complex [17]. DNA was amplified directly from dried specimens with a Phire Plant Direct PCR Master Mix Kit (Thermo Fisher Scientific, Lithuania). Amplification of the ITS region was done using a primer pair ITS1F/ITS4B [18;

19]. PCR products were purified with a Fermentas Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, Lithuania) and sequenced on an ABI Prism 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems). Raw data were edited and assembled in MEGA 6 [20]. A BLAST analysis was carried out at the NCBI website [21].

Newly generated sequences (OK356489, OK356490) were deposited in GenBank. Additionally, 29 ITS sequences were retrieved from GenBank [22] (Table 2). Sequences were aligned with a MAFFT version 7 web tool [23; 24] using the E-INS-1 option. Maximum Likelihood (ML) analysis was performed in a IQ-TREE Web Server [25] with 1000 ultrafast bootstrap replicates.

Table 2. Sequences used in this study

Таблица 2. Нуклеотидные последовательности, использованные в данном исследовании

Species	GenBank accessions	Specimen voucher	Origin (country)
<i>Antrodia pulvinascens</i>	JQ700286	Pennanen 1532 (H)	Finland
<i>Postia alni</i>	MG137026	Vampola 12.10.1995 (H 7019137), isotype	Slovakia
<i>Postia alni</i>	MG137028	Larsson 18.09.2014 (O F-248173)	Norway
<i>Postia alni</i>	OK356489	Volobuev 29.09.2019 (LE F-334625)	Russia
<i>Postia auricoma</i>	MG137040	Niemelä 8310 (H 6014002), holotype	Finland
<i>Postia auricoma</i>	MG137042	Spirin 4586 (H)	Russia
<i>Postia bubalina</i>	MW182172	Cui 16976	China
<i>Postia bubalina</i>	MW182173	Cui 16985	China
<i>Postia caesia</i>	MG137045	Schuster 51 (LY BR-6776), neotype	Germany
<i>Postia caesia</i>	MG137047	Miettinen 14133 (H)	United Kingdom
<i>Postia caesiosimulans</i>	MG137054	Miettinen 16976,1 (H 7008645), epitype	USA
<i>Postia caesiosimulans</i>	MG137056	Miettinen 17075 (H)	USA
<i>Postia cyanescens</i>	MG137067	Miettinen 13602 (H 6014001), holotype	Finland
<i>Postia cyanescens</i>	MG137071	Miettinen 15919,2 (H)	Spain
<i>Postia glauca</i>	MG137078	Spirin 5317 (H 7008648), holotype	Russia
<i>Postia glauca</i>	MG137079	Miettinen 10567 (H)	China
<i>Postia luteocaesia</i>	MG137091	Rivoire 2605 (LY)	France
<i>Postia magna</i>	KC595944	Miettinen 10634 (H 7008643), holotype	China
<i>Postia magna</i>	MW182180	Cui 16983	China
<i>Postia mediterraneocaesia</i>	KX900886	LY BR 4274	France
<i>Postia populi</i>	MG137092	Miettinen 17043 (H 7008644), holotype	USA
<i>Postia populi</i>	MG137097	Niemelä 8379 (H 6007874)	Finland
<i>Postia simulans</i>	MG137103	Niemelä 8846 (H 6034704), epitype	Finland
<i>Postia simulans</i>	MG137110	Miettinen 20422 (H)	Finland
<i>Postia simulans</i>	MG137112	Spirin 4386 (H)	Russia
<i>Postia subviridis</i>	MG137120	Spirin 8774a (H)	USA
<i>Postia tenuis</i>	KX900885	Cui 10788	China
<i>Postia tenuis</i>	KX900884	Dai 12974	China
<i>Postia yanae</i>	MG137121	Kotiranta 27454 (H 7034942), holotype	Russia
<i>Postia yanae</i>	MG137122	Kotiranta 27606 (H)	Russia
<i>Postia yanae</i>	OK356490	Volobuev 06.10.2018 (LE F-334630)	Russia

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of the 3-year long field survey in forests of the Gunib Plateau, 73 species of poroid fungi from 43 genera and 7 orders (*Agaricomycetes*, *Basidiomycota*) have been registered. Among them, there are 29 new species for the Republic of Dagestan, of which 11 species are cited for the Caucasus for the first time. Species new to the Caucasus are *Antrodia minuta*, *Antrodiella ichnusana*, *Cartilosoma ramentaceum*, *Ceriporia torpida*, *Kneiffiella abdita*, *Postia alni*, *P. lateritia*, *P. leucomallella*, *P. yanae*, *Sistotrema alboluteum*, *S. muscicola*.

New locations of *Auriporia aurulenta* were noted, a rare species protected in the Republic of Dagestan [26], as well as a number of Eurasian rare taxa (*Ceriporia torpida*, *Kneiffiella abdita*, *Sistotrema alboluteum*).

The Gunib record of *Postia yanae* is extremely remarkable, since the species has previously been known only from Eastern Siberia [17]. The identification based on microscopic features is confirmed by 99% similarity of the ITS nrDNA sequences and a phylogenetic analysis (Fig. 1). Our find of the species has common ecological characters with the Siberian collections being a coniferous-dwelling fungus in mountain forest ecosystems.

Based on results of the ML analysis of ITS nrDNA, the following combination in the genus *Postia* is introduced:

Postia bubalina (B.K. Cui & Shun Liu) Ivanushenko & Volobuev comb. nova (MB841410).

Basionym: *Cyanosporus bubalinus* B.K. Cui & Shun Liu, *Frontiers in Microbiology* 12 (no. 631166): 5 (2021)

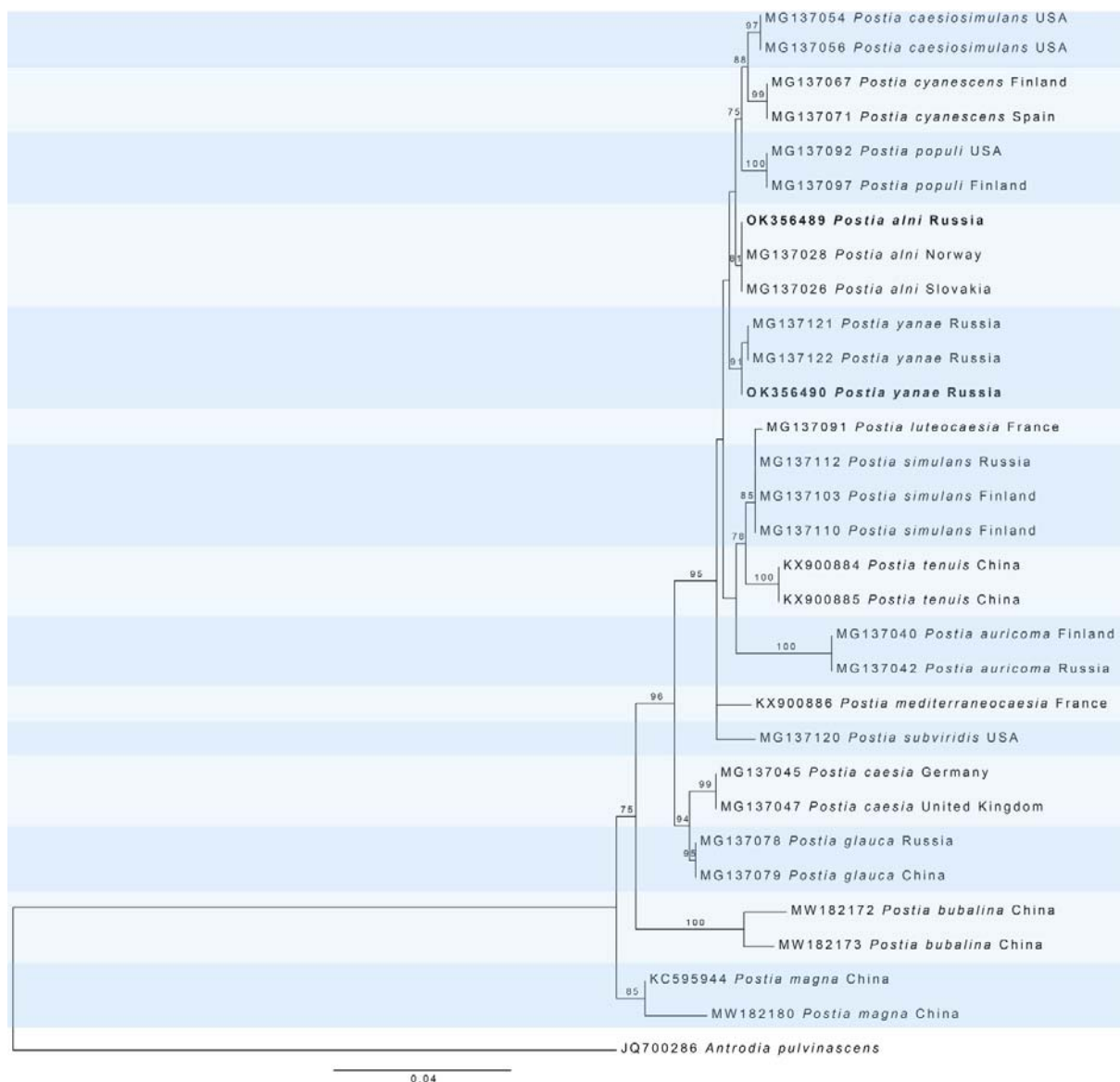


Figure 1. The Maximum Likelihood tree illustrating the phylogeny of *Postia* species, based on ITS sequence dataset. Ultrafast bootstrap values (%) not less than 75 are shown above the branches. Sequence accession numbers (GenBank) are indicated before species names. The sequences obtained in this study are written in bold.

Рисунок 1. Дерево, построенное методом максимального правдоподобия и иллюстрирующее филогению видов *Postia*, на основе ITS-последовательностей. Значения ultrafast bootstrap (не менее 75%) показаны над ветвями. Номера последовательностей (в базе данных GenBank) отобранных таксонов указаны перед видовыми названиями. Жирным шрифтом выделены названия нуклеотидных последовательностей, полученных в данном исследовании.

The highest species richness was registered within the genera *Antrodia* s. l. (with *Amyloporia* and *Cartilosoma*) (5 species), *Ceriporia* (5 species), *Gloeophyllum* (4 species), *Phellinus* s. l. (with *Fomitiporia*, *Fuscoporia*, *Phellinopsis*) (8 species), *Postia* (7 species), *Trametes* s. l. (with *Lenzites* and *Pycnoporus*) (8 species). This spectrum of leading genera is characteristic of the boreal zone and is determined by the predominance of pine forests with *Pinus kochiana* in the surveyed area.

Most of fungal species were found on wood of *Betula* spp., including *Betula litwinowii*, *B. pendula* and *B. raddeana* (34 species), and *Pinus kochiana* (26 species). *Irpex lacteus* recorded on six tree species had the widest host range (*Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Populus*). Eleven species of xylotrophic fungi were associated with living trees, including three species exhibiting facultative phytopathogenic activity (*Fomes fomentarius*, *Fomitopsis betulina*, *Phellinopsis conchata*).

The list of species is provided below with data on localities, occupied substrata, types of habitat and herbarium numbers of specimens examined. The nomenclature of fungal taxa follows the Index Fungorum (2021) [27]. The species new to the Republic of Dagestan are marked with “!” and new to the Caucasus – with “!!”.

Annotated list of species

AGARICALES

! *Porothelium fimbriatum* (Pers.) Fr. - #5, #1: on fallen trunks of *Betula* spp. and on fallen branches of *Pinus kochiana* in herb-rich birch forests (LE F-334622).

CANTHARELLALES

!! *Sistotrema alboluteum* (Bourdot & Galzin) Bondartsev & Singer – #16: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-rich pine-dominated forest (LE F-334636). The species has a scattered distribution in Europe [16], growing on very

rotten wood and plant remnants mainly in moist broadleaf and mixed deciduous-coniferous forests. The Gunib find of *S. alboluteum* seems to be corresponding to a suitable humidity and low anthropogenic pressure in the forests of the Plateau.

!! *Sistotrema muscicola* (Pers.) S. Lundell - #5: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-rich birch forest (LE F-334637).

GLOEOPHYLLALES

! *Gloeophyllum abietinum* (Bull.) P. Karst. - #8: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334599).

Gloeophyllum protractum (Fr.) Imazeki - #8: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334598).

Gloeophyllum sepiarium (Wulfen) P. Karst. - #32: on fallen branches of *Pinus kochiana* in green-moss pine-dominated forest (LE F-334601).

Gloeophyllum trabeum (Pers.) Murrill - #35: on timber wood of *Pinus kochiana* (LE F-334600).

HYMENOGASTRALES

! *Fomitiporia punctata* (P. Karst.) Murrill - #11, #23: on living trees of *Salix caprea* in herb-rich pine-dominated forest with birch and herb-rich birch forest with pine (LE F-334615).

Fuscoporia contigua (Pers.) G. Cunn. - #28: on fallen branches of *Carpinus betulus* in herb-rich aspen forest with hornbeam (LE F-334611).

Fuscoporia ferruginosa (Schrad.) Murrill - #2, #5: on fallen trunk and branches of *Betula* sp. in herb-rich birch forests (LE F-334616).

Inonotus obliquus (Fr.) Pilát - #2: on living tree of *Betula* sp. in herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334604).

!! *Kneiffiella abdita* Riebesehl & Langer - #16, #19: on fallen trunks of *Pinus kochiana* in herb-rich pine-dominated forest and herb-fern birch forest with alder (LE F-334605). This species is known from a few countries in Europe, otherwise known in East Asia and North America [15], but extremely rare everywhere. In Russia, *K. abdita* has only been registered in seven regions, namely in Komi Republic and Leningrad Region, being included in the regional Red Data Books [28; 29], as well as in Oryol Region [30; 31], Rostov Region [32], Tver Region [33], Sverdlovsk Region [34], and Novosibirsk Region [35].

Oxyporus corticola (Fr.) Ryvarden - #28: on fallen trunk of *Populus tremula* in herb-rich aspen forest with hornbeam (LE F-334609).

Phellinopsis conchata (Pers.) Y.C. Dai - #7, #1: on fallen trunk of *Betula* sp. and on living tree of *Salix caprea* in herb-green-moss pine-dominated forest and herb-rich birch forest (LE F-334610).

! *Phellinus laevigatus* (P. Karst.) Bourdot & Galzin - #9: on dead standing tree of *Betula* sp. in herb-green-moss birch forest with pine (LE F-334612).

! *Phellinus lundellii* Niemelä - #8: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334613).

Phellinus nigricans (Fr.) P. Karst. - #2: on living tree of *Betula* sp. in herb-rich birch forest (LE F-334614).

Phellinus tremulae (Bondartsev) Bondartsev & P.N. Borisov - #24: on living tree of *Populus tremula* in herb-rich aspen forest (Fig. 2).



Figure 2. Basidiocarp of *Phellinus tremulae* (not documented by voucher). Photo S.V. Volobuev
Рисунок 2. Базидиома *Phellinus tremulae* (образец не собран). Фото С.В. Волобуева

! *Phylloporia ribis* (Schumacher) Ryvarden - #33: on living stem of *Euonymus verrucosus* in herb-fern aspen forest with pine (LE F-334617).

! *Sidera lenis* (P. Karst.) Miettinen - #6, #16: on fallen trunks of *Pinus kochiana* in herb-rich pine-dominated forest and herb-green-moss pine-dominated forest (LE F-334634).

Sidera vulgaris (Fr.) Miettinen - #4: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-rich pine-dominated forest (LE F-334635).

Trichaptum fuscoviolaceum (Ehrenb.) Ryvarden - #9: on fallen branches of *Pinus kochiana* in herb-rich birch forest with pine (LE F-334646).

Xylodon flaviporus (Berk. & M.A. Curtis ex Cooke) Riebesehl & Langer - #3, #4, #5: on fallen trunk and branches of *Betula* spp. in herb-rich birch forests (LE F-334632).

Xylodon raduloides Riebesehl & Langer - #3, #28: on fallen trunk of *Betula* sp. and on dry attached branches of *Carpinus betulus* in herb-rich birch forest and herb-rich aspen forest with hornbeam (LE F-334633).

POLYPORALES

Amyloporia sinuosa (Fr.) Rajchenb., Gorjón & Pildain – #5, #6, #7, #8, #15, #95, #23, #27, #30: on fallen trunks of *Pinus kochiana* and *Betula* spp. in herb-green-moss pine-dominated forests, herb-green-moss pine-dominated forests with birch, herb-rich pine-dominated forest, herb-rich pine-dominated forest with birch and hornbeam and herb-rich birch forest (LE F-334581, LE F-334582, LE F-334583).

! *Amyloporia xantha* (Fr.) Bondartsev & Singer – #14: on fallen branches of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334584).

!! *Antrodia minuta* Spirin – #28: on fallen trunk and branches of *Populus tremula* in herb-rich aspen forest with hornbeam (LE F-334577, LE F-334578).

! *Antrodia serialis* (Fr.) Donk – #34: on fallen branches of *Pinus kochiana* in herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334580).

!! *Antrodiella ichnusana* Bernicchia, Renvall & Arras – #18: on dry attached branches of *Alnus incana* in herb-fern birch forest with alder (LE F-334585).

! *Aurantiporus fissilis* (Berk. & M.A.Curtis) H.Jahn ex Ryvarden – #153: on living tree of *Betula* sp. in herb-rich birch forest (LE F-334586).

Auriporia aurulenta A. David, Tortiĉ & Jelić – #8, #23, #26: on fallen trunks of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest (LE F-334587, LE F-334589) (Fig. 3).



Figure 3. Basidiocarp of *Auriporia aurulenta* (LE F-334589). Photo Yu.Yu. Ivanushenko

Рисунок 3. Базидиома *Auriporia aurulenta* (LE F-334589). Фото Ю.Ю. Иванушенко

Bjerkandera adusta (Willd.) P. Karst. – #12, #31: on stump of *Betula* sp. and on dead standing tree of *Populus tremula* in herb-fern birch forest and herb-green-moss aspen forest (LE F-334588).

!! *Cartilosoma ramentaceum* (Berk. & Broome) Teixeira – #9: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-rich birch forest with pine (LE F-334579).

! *Ceriporia aurantiocarnescens* (Henn.) M. Pieri & B. Rivoire – #12: on stump of *Betula* sp. in herb-fern birch forest (LE F-334590). The species was previously known for the Caucasus only from Georgia [36].

Ceriporia bresadolae (Bourdot & Galzin) Donk – #6, #25, #32: on fallen trunks and branches of *Pinus kochiana* in green-moss pine-dominated forest, herb-green-moss pine-dominated forest, herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334590).

! *Ceriporia purpurea* (Fr.) Donk – #11: on dry attached branch of *Salix caprea* in herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334591).

!! *Ceriporia torpida* Spirin & Miettinen – #17: on fallen branches of *Alnus incana* in floodplain alder forest (LE F-334592). The first Russian finds of this species were registered in the European part of Russia as a result of xylotrophic pathogenic fungi inventory studies in orchards [37]. Our record of *C. torpida* on the Gunib Plateau is the first collection in the Caucasus and has been proved by

both a microscopic study and an analysis of the ITS nrDNA sequence (unpublished data).

Ceriporia viridans (Berk. & Broome) Donk – #13, #23: on fallen trunks of *Betula* spp. in herb-rich birch forest and herb-rich birch forests with pine (LE F-334593).

Cerrena unicolor (Bull.) Murrill – #5: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-rich birch forest (LE F-334594).

Daedaleopsis confragosa (Bolton) J. Schröt. – #1: on living tree of *Salix caprea* in herb-rich birch forest (LE F-334596).

Daedaleopsis tricolor (Bull.) Bondartsev & Singer – #2: on fallen trunk of *Salix caprea* in herb-rich birch forest (LE F-334595).

! *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Domański – #36: on dry standing tree of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest (LE F-334648).

Fomes fomentarius (L.) Fr. – #12, #14, #17, #19: on dry standing trees and fallen trunks of *Alnus incana* and *Betula* sp., on living tree of *Salix caprea* in herb-rich birch forests, herb-rich pine-dominated forest with birch and floodplain alder forest with birch and hornbeam.

Fomitopsis betulina (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai – #17: on dry standing trees, fallen trunks and branches of *Betula* spp., on living tree of *Betula raddeana* in herb-rich pine-dominated forest, herb-rich pine-dominated forest with birch, herb-fern birch forest, floodplain alder forest.



Figure 4. Basidiocarps of *Fomitopsis betulina* (not documented by voucher). Photo S.V. Volobuev
Рисунок 4. Базидиомы *Fomitopsis betulina* (образец не собран). Фото С.В. Волобуева

Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst. – #18: on fallen trunks of *Alnus incana*, *Betula* sp., *Carpinus betulus* in herb-rich pine-dominated forest with birch and floodplain alder forest with birch and hornbeam.

Funalia trogii (Berk.) Bondartsev & Singer – #24, #28: on fallen trunk and branches of *Populus tremula* in herb-rich aspen forest and herb-rich aspen forest with hornbeam (LE F-334640).

Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. – #2, #34: on stump of *Betula* sp. and on dead standing tree of *Salix caprea* in herb-rich birch forest and herb-rich birch forest with pine (LE F-334597).

Irpex lacteus (Fr.) Fr. – #2, #6, #8, #9, #17, #20, #22, #24: on stump of *Betula* sp., on fallen trunks and branches of *Alnus incana*, *Betula* spp., *Carpinus betulus*, *Pinus kochiana*, *Populus tremula*, on dry attached branches of *Juniperus oblonga* in floodplain alder forest, herb-rich aspen forest, herb-rich birch forest with hornbeam, herb-rich birch forest with pine, herb-green-moss pine-dominated forest, herb-rich pine-dominated forest with birch (LE 314757).

Lentinus arcularius (Batsch) Zmitr. – #1, #9, #11: on fallen trunk and branches of *Betula* sp. and on fallen trunk of *Salix caprea* in herb-rich birch forest, herb-rich birch forest with pine and herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334618).

Lentinus brumalis (Pers.) Zmitr. – #5, #8, #9: on fallen trunk and branches of *Betula* sp. in herb-rich birch forest, herb-green-moss pine-dominated forest with birch and herb-rich birch forest with pine (LE F-334620).

Lenzites betulina (L.) Fr. – #9: on fallen trunk of *Salix caprea* in herb-green-moss birch forest with pine (LE F-334606).

Lenzites warnieri Durieu & Mont. – #9: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-rich birch forest with pine (LE F-334607).

Meruliopsis taxicola (Pers.) Bondartsev – #7, #10: on fallen trunk, fallen and dry attached branches of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forests and herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334602).

Picipes badius (Pers.) Zmitr. & Kovalenko – #10: at the base of living tree of *Betula* sp. in herb-rich pine-dominated forest with birch (LE F-334619) (Fig. 5).



Figure 5. Basidiocarps of *Picipes badius* (LE F-334619). Photo S.V. Volobuev
Рисунок 5. Базидиомы *Picipes badius* (LE F-334619). Фото С.В. Волобуева

! *Polyporus leptcephalus* (Jacq.) Fr. – #9: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-green-moss birch forest with pine (LE F-334621).

!! *Postia alni* Niemelä & Vampola – #21, #28: on fallen branches of *Populus tremula* and *Tilia cordata* in herb-rich aspen forest with hornbeam and herb-rich birch forest with hornbeam (LE F-334624, LE F-334625).

Postia caesia (Schrad.) P. Karst. – #6: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest (LE F-334608).

! *Postia hibernica* (Berk. & Broome) Jülich – #9: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-green-moss birch forest with pine (LE F-334626). The species was previously known for the Caucasus only from Iran [38; 39].

Postia lactea (Fr.) P. Karst. – #1: on fallen branches of *Juniperus oblonga* in herb-rich birch forest (LE 314760).

!! *Postia lateritia* Renvall – #6, #26: on fallen trunks of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forests (LE F-334627).

!! *Postia leucomallella* (Murrill) Jülich – #8, #31: on fallen trunks and branches of *Pinus kochiana* in herb-green-

moss pine-dominated forest and herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334628).

!! *Postia yanae* Miettinen & Kotir. – #8: on fallen trunk of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334630). Based on a megablast search of NCBI GenBank nucleotide database [21; 22], the ITS sequence had highest similarity to *Postia yanae* (voucher Heikki Kotiranta 27879 (H 7036282), GenBank MG137125; Identities = 730/732 (99 %), no gaps), *P. yanae* (voucher Heikki Kotiranta 27606 (H), GenBank MG137122; Identities = 729/731 (99 %), no gaps) and *P. yanae* (voucher Heikki Kotiranta 27677 (H), GenBank MG137123; Identities = 728/730 (99 %), no gaps).

! *Pycnoporus cinnabarinus* (Jacq.) P. Karst. – #5, #9, #26: on fallen trunks and branches of *Betula* spp. in herb-rich birch forest, herb-rich birch forest with pine and herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334631) (Fig. 6).

Skeletocutis amorpha (Fr.) Kotl. & Pouzar – #8, #23, #25: on fallen trunks of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest and herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334638) (Fig. 7).



Figure 6. Basidiocarp of *Pycnoporus cinnabarinus* (LE F-334631). Photo Yu.Yu. Ivanushenko
Рисунок 6. Базидиома *Рупнопорус cinnabarinus* (LE F-334631). Фото Ю.Ю. Иванушенко



Figure 7. Basidiocarps of *Skeletocutis amorpha* (LE F-334638). Photo S.V. Volobuev
Рисунок 7. Базидиомы *Skeletocutis amorpha* (LE F-334638). Фото С.В. Волобуева

Trametes hirsuta (Wulfen) Lloyd - #9: on fallen trunk of *Betula* sp. in herb-rich birch forest with pine (LE F-334641).

Trametes ljubarskyi Pilát - #9: on timber wood of *Pinus kochiana* (LE F-334639).

Trametes ochracea (Pers.) Gilb. & Ryvarden - #2: on dry fallen trunk of *Betula* sp. in herb-rich birch forest with pine (LE F-334642).

Trametes pubescens (Schumacher.) Pilát - #2, #5: on dead standing tree and fallen trunk of *Betula* sp. in herb-

rich birch forest and herb-rich birch forest with pine (LE F-334643).

Trametes versicolor (L.) Lloyd - #9, #12: on fallen trunks of *Betula* sp. in herb-rich birch forest with pine and herb-fern birch forest (LE F-334644).

! *Tyromyces kmetii* (Bres.) Bondartsev & Singer - #5, #8, #23: on fallen trunks and branches of *Betula* spp. in herb-rich birch forest, herb-rich birch forest with pine and herb-green-moss pine-dominated forest (LE F-334647) (Fig. 8).



Figure 8. Basidiocarps of *Tyromyces kmetii* (LE F-334647). Photo S.V. Volobuev

Рисунок 8. Базидиомы *Tyromyces kmetii* (LE F-334647). Фото С.В. Волобуева

RUSSULALES

Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. - #15, #25, #26, #29: on fallen trunks of *Pinus kochiana* and *Betula* sp., on stump of *Pinus kochiana*, on dead standing tree of *Juniperus oblonga*

in herb-green-moss pine-dominated forest, herb-green-moss pine-dominated forest with birch and herb-rich hornbeam forest with pine and birch (LE 314755, LE F-334603) (Fig. 9).



Figure 9. Basidiocarps of *Heterobasidion annosum* (LE F-334603). Photo Yu.Yu. Ivanushenko

Рисунок 9. Базидиомы *Heterobasidion annosum* (LE F-334603). Фото Ю.Ю. Иванушенко

TRECHISPORALES

Porpomyces mucidus (Pers.) Jülich - #21: on fallen branches of *Betula* sp. in herb-rich birch forest with hornbeam (LE F-334623).

! *Trechispora candidissima* (Schwein.) Bondartsev & Singer - #15: on fallen branches of *Pinus kochiana* in herb-green-moss pine-dominated forest with birch (LE F-334645).

CONCLUSION

The revealed species richness of polypores has expanded the current knowledge on the mycobiota of the Gunib Plateau and its links with plant communities. The vast majority of the species identified (65 species, 89%) are xylosaprotrophs developing on dead wood of fallen trunks and branches. Poroid fungi, having a rich complex of lignocellulolytic enzymes, ensure the stability of the cycle

of biogenic elements in forest ecosystems, and at the same time, are a sensitive indicator of anthropogenic changes in the nature environment. Further studies of poroid fungi in the Gunib Plateau should be aimed at assessing their indicator and conservation value.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the Russian Science Foundation (RSF project N 19-77-00085).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ №19-77-00085.

REFERENCES

- Ghobad-Nejhad M., Bernicchia A. An outlook on the diversity of polypores shared between Iran and the Mediterranean area. *Mycologia Iranica*, 2019, vol. 6, iss. 1, pp. 33-39. DOI: 10.22043/mi.2020.121099
- Bondartseva M.A., Parmasto E. *Oprelitel' gribov SSSR. Poryadok afilloforovye; Vyp. 1. Semeistva gimenokhetovye, lakhnokladievye, konioforovye, shchelelistnikovye* [Clavis diagnostica fungorum URSS. Ordo Aphyllophorales. Fasc. 1. Familiae Hymenochaetaceae, Lachnocladiaceae, Coniophoraceae, Schizophyllaceae]. Leningrad, Nauka Publ., 1986. 192 p. (In Russian)
- Runnel K., Miettinen O., Lohmus A. Polypore fungi as a flagship group to indicate changes in biodiversity – a test case from Estonia. *IMA Fungus*, 2021, vol. 12, iss. 2. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00050-y>
- Nilsson R.H., Larsson K.H., Larsson E., Kõljalg U. Fruiting body-guided molecular identification of root-tip mantle mycelia provides strong indications of ectomycorrhizal associations in two species of *Sistotrema* (Basidiomycota). *Mycological Research*, 2006, vol. 110, iss. 12, pp. 1426-1432. DOI: 10.1016/j.mycres.2006.09.017
- Di Marino E., Scattolin L., Bodensteiner P., Agerer R. *Sistotrema* is a genus with ectomycorrhizal species – confirmation of what sequence studies already suggested. *Mycological Progress*, 2008, vol. 7, article number: 169, pp. 169-176. DOI: 10.1007/s11557-008-0562-4
- Grienke U., Zöll M., Peintner U., Rollinger J.M. European medicinal polypores – A modern view on traditional uses. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, vol. 154, iss. 3, pp. 564-583. DOI: 10.1016/j.jep.2014.04.030
- Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B. *Auriporia aurulenta* – kandidat v Krasnuyu knigu Respubliki Dagestan [*Auriporia aurulenta* – a proposal to the Red Data Book of the Republic of Dagestan]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii "Flora i zapovednoe delo na Kavkaze: istoriya i sovremennoe sostoyanie izuchennosti"*, Pyatigorsk, 2019 [Proceedings of the International Conference "Flora and nature reserve management in the Caucasus: history and current state of knowledge", Pyatigorsk, 2019]. Pyatigorsk, 2019, pp. 32-33. (In Russian)
- Ivanushenko Yu.Yu., Ismailov A.B., Volobuev S.V. Pervye svedeniya o trutovykh gribakh plato Gunib (Respublika Dagestan) [First data on polypores of the Gunib Plateau (the Republic of Dagestan)]. *Materialy XXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii "Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza i yuga Rossii"*. Magas, 15-18 noyabrya, 2019 [Materials of the XXI International Scientific Conference "Biological diversity of the Caucasus and Southern Russia", Magas, November 15-18, 2019]. Magas, 2019, pp. 163-166. (In Russian)
- Ivanushenko Yu.Yu. [New finds of polypores on the Gunib plateau (Republic of Dagestan)]. *Materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma «Lomonosov-2020»*, Moscow, MAKS Press, 2020. Available at: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm (accessed 25.12.2020)
- Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu. Aphyllophoroid fungi (Basidiomycota) on juniper on the Gunib Plateau, inner-mountain Dagestan. *Czech Mycology*, 2020, vol. 72, iss. 1, pp. 83-93. DOI: 10.33585/cmy.72106
- Urbanavichus G., Ismailov A. The lichen flora of Gunib plateau, inner-mountain Dagestan (North-East Caucasus, Russia). *Turkish Journal of Botany*, 2013, no. 37, pp. 753-768. DOI: 10.3906/bot-1205-4
- Omarova S.O. *Flora lokal'nykh platoobraznykh podnyatii Vnutrigornogo Dagestana* [Flora of local plateaus of Intramontane Dagestan]. Makhachkala, DSU Publ., 2013, 130 p. (In Russian)
- Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E., Mueller G.M., Huhndorf S.M., Wang C.-J., Stokland J.N., Schmit J.P., Ryvarden L., Leacock P.R., Mata M., Umaña L., Wu Q.(F.), Czederpiltz D.L. Terrestrial and lignicolous macrofungi. In: Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. London; N.Y.; San Diego: Elsevier Academic Press, 2004, pp. 127-172.
- Ivoilov A.V., Bolshakov S.Yu., Silaeva T.B. *Izuchenie vidovogo raznoobraziya makromitsetov* [Study of species diversity of macromycetes]. Saransk, University of Mordovia Publ., 2017, 160 p. (In Russian)
- Ryvarden L., Melo I. Poroid fungi of Europe, 2nd edition. Synopsis Fungorum 37, 2017, pp. 1-431.
- Bernicchia A., Gorjón S.P. Polypores of the Mediterranean Region. Romar, Segrate, 2020. 904 p.
- Miettinen O., Vlasák J., Rivoire B., Spirin V. *Postia caesia* complex (Polyporales, Basidiomycota) in temperate Northern Hemisphere. *Fungal Syst Evol.*, 2018, vol. 1, pp. 101-129. DOI: 10.3114/fuse.2018.01.05
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego, Academic Press, 1990, pp. 315-322.
- Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol Ecol.*, 1993, vol. 2, iss. 2, pp. 113-118. DOI: 10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x
- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 2013, vol. 30, iss. 12, pp. 2725-2729. DOI: 10.1093/molbev/mst197
- Basic Local Alignment Search Tool. Available at: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (accessed 10.01.2021)
- GenBank. Available at: www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/ (accessed 20.01.2021)
- Katoh K., Rozewicki J., Yamada K.D. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. Briefings in Bioinformatics, 2019, vol. 20, pp. 1160-1166. DOI: 10.1093/bib/bbx108
- MAFFT version 7. Available at: <http://mafft.cbrc.jp/alignment/server/> (accessed 20.01.2021)
- Trifinopoulos J., Nguyen L.T., von Haeseler A., Minh B.Q. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis. *Nucleic Acids Research*, 2016, vol. 44, iss. W1, pp. W232-W235. DOI: 10.1093/nar/gkw256

26. *Krasnaya kniga Respubliki Dagestan* [Red Data Book of the Republic of Dagestan]. Makhachkala, Printing house of IE M.A. Jamaludinov, 2020, 800 p. (In Russian)
27. Index Fungorum. A nomenclature database. Available at: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>. 2021. (accessed 08.01.2021)
28. Degteva S.V., ed. *Krasnaya kniga Respubliki Komi* [Red Book of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2019. 768 p. (In Russian)
29. Gel'tman D.V., ed. *Krasnaya kniga Leningradskoi oblasti: Ob"ekty rastitel'nogo mira* [Red Data Book of the Leningrad Region: Objects of the Plant World]. SPb., Marafon Publ., 2018, 847 p. (In Russian)
30. Volobuev S.V. Aphyllophoroid fungi (Basidiomycota) of the «Verkhovskiy» State Nature Biological Sanctuary (Orel Region). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2014, vol. 48, pp. 121-129. (In Russian) DOI: 10.31111/nsnr/2014.48.121
31. Volobuev S.V. *Afilloforoidnye griby Orlovskoi oblasti: taksonomicheskii sostav, rasprostranenie, ekologiya* [Aphyllophoroid fungi of the Oryol Oblast: taxonomical composition, distribution, ecology]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2015, 304 p. (In Russian)
32. Zmitrovich I.V., Yurchenko E.O., Usichenko A.S., Malysheva V.F., Ordynets A.V. *Afilloforovye i geterobazidial'nye griby* [Aphyllophoroid and heterobasidioid fungi]. *IX Rabochee soveshchanie Komissii po izucheniyu macromitsetov "Annotirovannye spiski vidov gribov i miksomitsetov"*, Rostov-on-Don, 4-10 oktyabrya 2006 [IX Workshop of the Commission on the study of macromycetes "Annotated lists of fungal and myxomycete species", Rostov-on-Don, 4-10 October, 2006]. Rostov-on-Don, 2008, pp. 38-51. (In Russian)
33. Kotkova V.M. New data on aphyllophoraceous fungi of the Tsentralnolesnoy State Nature Biosphere Reserve (Tver' Region). *Mikologiya i fitopatologiya*. 2012, vol. 46, no. 6, pp. 361-364. (In Russian)
34. Shiryayev A.G., Kotiranta H., Mukhin V.A., Stavishenko I.V., Ushakova N.V. Aphyllophoroid fungi of Sverdlovsk region, Russia: biodiversity, distribution, ecology and the IUCN threat categories. *Ekaterinburg, Goshchitskiy Publ.*, 2010, 304 p.
35. Zhukoff E.A. Aphyllophorales (Basidiomycetes) from Central Siberia. *Mycotaxon*. 1995, vol. 53, pp. 437-445.
36. Volobuev S.V., Bolshakov S.Yu., Shakhova N.V. Synopsis of the macrofungi (Basidiomycota) on wood of fruit trees in the Central Black Earth Region of Russia. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 75-98. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-75-98
37. Bondartsev A.S. *Trutovye griby Evropeiskoi chasti SSSR i Kavkaza* [The Polyporaceae of the European part of USSR and the Caucasus]. Moscow, Leningrad, 1953, 1106 p. (In Russian)
38. Hallenberg N. Synopsis of wood-inhabiting Aphyllophorales (Basidiomycetes) and Heterobasidiomycetes from Northern Iran. *Mycotaxon*. 1981, vol. 12, iss. 2, pp. 473-502.
39. Ghobad-Nejhad M., Hallenberg N., Parmasto E., Kotiranta H. A first annotated checklist of corticioid and polypore basidiomycetes of the Caucasus region. *Mycologia Balcanica*, 2009, vol. 6, iss. 3, pp. 123-168. DOI: 10.5281/zenodo.2550071
2. Бондарцева М.А., Пармasto Э.Х. Определитель грибов СССР. Порядок афиллофоровые; Вып. 1. Семейства гименохетовые, лахнокладиевые, кониофоровые, щелелистниковые / Отв. ред. М.В. Горленко. Л.: Наука, 1986. 192 с.
3. Runnel K., Miettinen O., Lohmus A. Polypore fungi as a flagship group to indicate changes in biodiversity – a test case from Estonia // *IMA Fungus*. 2021. V. 12, Iss. 2. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00050-y>
4. Nilsson R.H., Larsson K.H., Larsson E., Kõljalg U. Fruiting body-guided molecular identification of root-tip mantle mycelia provides strong indications of ectomycorrhizal associations in two species of *Sistotrema* (Basidiomycota) // *Mycological Research*. 2006. V. 110. Iss. 12. P. 1426-1432. DOI: 10.1016/j.mycres.2006.09.017
5. Di Marino E., Scattolin L., Bodensteiner P., Agerer R. *Sistotrema* is a genus with ectomycorrhizal species – confirmation of what sequence studies already suggested // *Mycological Progress*. 2008. V. 7. Article number: 169. P. 169-176. DOI: 10.1007/s11557-008-0562-4
6. Grienke U., Zöll M., Peintner U., Rollinger J.M. European medicinal polypores – A modern view on traditional uses // *Journal of Ethnopharmacology*. 2014. V. 154. Iss. 3. P. 564-583. DOI: 10.1016/j.jep.2014.04.030
7. Волобуев С.В., Иванушенко Ю.Ю., Исмаилов А.Б. *Auriporia aurulenta* – кандидат в Красную книгу Республики Дагестан // Флора и заповедное дело на Кавказе: история и современное состояние изученности: материалы Международной конференции. Пятигорск, 2019. С. 32-33.
8. Иванушенко Ю.Ю., Исмаилов А.Б., Волобуев С.В. Первые сведения о трутовых грибах плато Гуниб (Республика Дагестан) // Материалы XXI Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и юга России». Магас, 15-18 ноября, 2019. С. 163-166.
9. Иванушенко Ю.Ю. Новые находки трутовых грибов на плато Гуниб (Республика Дагестан) // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2020» / Отв.ред. И.А. Алешковский, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов. М.: МАКС Пресс, 2020. URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/index.htm (дата обращения: 25.12.2020)
10. Volobuev S.V., Ivanushenko Yu.Yu. Aphyllophoroid fungi (Basidiomycota) on juniper on the Gunib Plateau, inner-mountain Dagestan // *Czech Mycology*. 2020. V. 72. Iss. 1. P. 83-93. DOI: 10.33585/cmy.72106
11. Urbanavichus G., Ismailov A. The lichen flora of Gunib plateau, inner-mountain Dagestan (North-East Caucasus, Russia) // *Turkish Journal of Botany*. 2013. N 37. P. 753-768. DOI: 10.3906/bot-1205-4
12. Омарова С.О. Флора локальных платообразных поднятий Внутригорного Дагестана. Махачкала: Издательство ДагГУ, 2013, 130 с.
13. Lodge D.J., Ammirati J.F., O'Dell T.E., Mueller G.M., Huhndorf S.M., Wang C.-J., Stokland J.N., Schmit J.P., Ryvarden L., Leacock P.R., Mata M., Umaña L., Wu Q.(F.), Czederpiltz D.L. Terrestrial and lignicolous macrofungi. In: *Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods*. London; N.Y.; San Diego: Elsevier Academic Press. 2004. P. 127-172.
14. Ивойлов А.В., Большаков С.Ю., Силаева Т.Б. Изучение видового разнообразия макромицетов: учебное пособие. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. 160 с.
15. Ryvarden L., Melo I. *Poroid fungi of Europe*, 2nd edition. *Synopsis Fungorum* 37. 2017. P. 1-431.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ghobad-Nejhad M., Bernicchia A. An outlook on the diversity of polypores shared between Iran and the Mediterranean area // *Mycologia Iranica*. 2019. V. 6. Iss. 1. P. 33-39. DOI: 10.22043/mi.2020.121099

16. Bernicchia A., Gorjón S.P. Polypores of the Mediterranean Region. Romar, Segrate, 2020.
17. Miettinen O., Vlasák J., Rivoire B., Spirin V. *Postia caesia* complex (Polyporales, Basidiomycota) in temperate Northern Hemisphere // Fungal Syst Evol. 2018. V. 1. P. 101-129. DOI: 10.3114/fuse.2018.01.05
18. White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics // PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego, Academic Press. 1990. P. 315-322.
19. Gardes M., Bruns T.D. ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts // Mol Ecol. 1993. V. 2. Iss. 2. P. 113-118. DOI: 10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x
20. Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., Kumar S. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0 // Molecular Biology and Evolution. 2013. V. 30. Iss. 12. P. 2725-2729. DOI: 10.1093/molbev/mst197
21. Basic Local Alignment Search Tool. URL: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (дата обращения: 10.01.2021)
22. GenBank. URL: www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/ (дата обращения: 20.01.2021)
23. Katoh K., Rozewicki J., Yamada K.D. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization // Briefings in Bioinformatics. 2019. V. 20. P. 1160-1166. DOI: 10.1093/bib/bbx108
24. MAFFT version 7. URL: <http://mafft.cbrc.jp/alignment/server/> (дата обращения: 20.01.2021)
25. Trifinopoulos J., Nguyen L.T., von Haeseler A., Minh B.Q. W-IQ-TREE: a fast online phylogenetic tool for maximum likelihood analysis // Nucleic Acids Research. 2016. V. 44. Iss. W1. P. W232-W235. DOI: 10.1093/nar/gkw256
26. Красная книга Республики Дагестан. Махачкала: Типография ИП Джамалудинов М.А., 2020. 800 с.
27. Index Fungorum. A nomenclature database. URL: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>. 2021. (дата обращения: 08.01.2021)
28. Красная книга Республики Коми / гл. ред. С.В. Дёгтева. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.
29. Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира / гл. ред. Д.В. Гельтман. СПб.: Марафон, 2018. 847 с.
30. Volobuev S.V. Aphyllorphoroid fungi (Basidiomycota) of the «Verkhovskiy» State Nature Biological Sanctuary (Orel Region) // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2014. V. 48. P. 121-129. (In Russian) DOI: 10.31111/nsnr/2014.48.121
31. Волобуев С.В. Афиллофороидные грибы Орловской области: таксономический состав, распространение, экология. СПб.: Лань, 2015. 304 с.
32. Змитрович И.В., Юрченко Е.О., Usichenko A.S., Malysheva V.F., Ordynets A.V. Афиллофоровые и гетеробазидиальные грибы // IX Рабочее совещание Комиссии по изучению макромицетов «Аннотированные списки видов грибов и миксомицетов», Ростов-на-Дону, 4-10 октября 2006, С. 38-51.
33. Коткова В.М. Новые сведения об афиллофоровых грибах Центральнолесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область) // Микология и фитопатология. 2012. Т. 46. N 6. С. 361-364.
34. Shiryaev A.G., Kotiranta H., Mukhin V.A., Stavishenko I.V., Ushakova N.V. Aphyllorphoroid fungi of Sverdlovsk region, Russia: biodiversity, distribution, ecology and the IUCN threat categories. Ekaterinburg, Goshchitskiy Publ., 2010, 304 p.
35. Zhukoff E.A. Aphyllorphorales (Basidiomycetes) from Central Siberia // Mycotaxon. 1995. V. 53. P. 437-445.
36. Волобуев С.В., Большаков С.Ю., Шахова Н.В. Обзор макромицетов (Basidiomycota), развивающихся на древесине плодовых деревьев в условиях Центрального Черноземья России // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N 4. С. 75-98. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-75-98
37. Бондарцев А.С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. Москва, Ленинград, 1953. 1106 с.
38. Hallenberg N. Synopsis of wood-inhabiting Aphyllorphorales (Basidiomycetes) and Heterobasidiomycetes from Northern Iran // Mycotaxon. 1981. V. 12. Iss. 2. P. 473-502.
39. Ghobad-Nejhad M., Hallenberg N., Parmasto E., Kotiranta H. A first annotated checklist of corticioid and polypore basidiomycetes of the Caucasus region. Mycologia Balcanica. 2009. V. 6. Iss. 3. P. 123-168. DOI: 10.5281/zenodo.2550071

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors collected the material, discussed the results and participated in the writing of the manuscript. Sergey V. Volobuev and Yuliya Yu. Ivanushenko carried out the microscopic identification of species and the molecular study of the collected specimens. 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

Все авторы участвовали в сборе материала, обсуждении результатов и написании рукописи. Сергей В. Волобуев и Юлия Ю. Иванушенко выполнили микроскопическую идентификацию видов и молекулярно-генетическое изучение собранных образцов. Все авторы в равной степени несут ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Sergey V. Volobuev / Сергей В. Волобуев <https://orcid.org/0000-0003-1217-5548>
 Yuliya Yu. Ivanushenko / Юлия Ю. Иванушенко <https://orcid.org/0000-0003-0197-4176>
 Aziz B. Ismailov / Азиз Б. Исмаилов <https://orcid.org/0000-0003-0563-0004>

Оригинальная статья / Original article

УДК 578.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-81-87

Парамиксовирус птиц APMV-4, выделенный от кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): первый случай обнаружения в Западном Прикаспии

Анастасия А. Дёрко¹, Никита А. Дубовицкий¹, Татьяна А. Мурашкина¹, Иван А. Соболев¹, Мария В. Соломатина¹, Александр Ю. Алексеев¹, Магомед Г. Магомедов², Junki Mine³, Yuko Uchida³, Takehiko Saito³, Мариам М. Каллаева², Кирилл А. Шаршов¹

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

²Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

³Национальный институт здоровья животных, Цукуба, Япония

Контактное лицо

Анастасия А. Дёрко, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины; 630117 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2.

Тел. +79232547996

Email a.dерко19@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5984-0819>

Формат цитирования

Дёрко А.А., Дубовицкий Н.А., Мурашкина Т.А., Соболев И.А., Соломатина М.В., Алексеев А.Ю., Магомедов М.Г., Mine J., Uchida Y., Saito T., Каллаева М.М., Шаршов К.А. Парамиксовирус птиц APMV-4, выделенный от кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): первый случай обнаружения в Западном Прикаспии // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 81-87. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-81-87

Получена 2 марта 2021 г.

Прошла рецензирование 23 апреля 2021 г.

Принята 17 мая 2021 г.

Резюме

Цель. Исследовать молекулярно-генетические свойства парамиксовируса птиц 4 (APMV-4), выделенного от кряквы обыкновенной (*Anas platyrhynchos*).

Материалы и методы. В 2018 году в рамках мониторинга вирусов гриппа А был проведён сбор биологического материала от диких птиц на озере Аджи (Папас) в Республике Дагестан. Культивирование вирусов из биологического материала осуществляли в системе развивающихся куриных эмбрионов. Первичное определение гемагглютинирующих агентов в жидкости аллантоисной полости проводили в реакции гемагглютинации. Наличие РНК вируса гриппа А определяли при помощи ПЦР. Для гемагглютинирующих агентов в пробах, в которых не были обнаружены вирусы гриппа А устанавливали полногеномную последовательность ДНК методом массового параллельного секвенирования. Принадлежность полученного штамма APMV-4 к внутривидовым генетическим линиям определяли с помощью филогенетического анализа.

Результаты. Впервые на территории Западного Прикаспия был выявлен вирус APMV-4. Филогенетический анализ полного генома и гена F показал принадлежность штамма APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018 к Евразийскому субгенотипу гепотипа I. Анализ аминокислотных замен показал, что сайт расщепления белка слияния является моноосновным и характерен для лентогенных штаммов.

Заключение. В ходе программы мониторинга вирусов гриппа А осенью 2018 года был выделен APMV-4 от кряквы обыкновенной. Наиболее филогенетически близкими оказались штаммы, полученные от двух диких и одной домашней утки из Китая, что может предполагать наличие связи между популяциями птиц Китая и Западного Прикаспия в рамках Западно-Азиатского-Восточно-Африканского пути миграций.

Ключевые слова

Парамиксовирус птиц 4, APMV-4, дикие водоплавающие птицы, Западный Прикаспий.

Avian paramyxovirus 4 isolated from the mallard (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): the first case detected in the Western Caspian region

Anastasiya A. Derko¹, Nikita A. Dubovitskiy¹, Tatyana A. Murashkina¹, Ivan A. Sobolev¹, Maria V. Solomatina¹, Alexander Yu. Alekseev¹, Magomed G. Magomedov², Junki Mine³, Yuko Uchida³, Takehiko Saito³, Mariam M. Kallaeva² and Kirill A. Sharshov¹

¹Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

²Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

³National Institute of Animal Health, Tsukuba, Ibaraki, Japan

Principal contact

Anastasiya A. Derko, Junior Researcher, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine; 2 Timakova St, Novosibirsk, Russia 630117.

Tel. +79232547996

Email a.derko19@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5984-0819>

How to cite this article

Derko A.A., Dubovitskiy N.A., Murashkina T.A., Sobolev I.A., Solomatina M.V., Alekseev A.Yu., Magomedov M.G., Mine J., Uchida Y., Saito T., Kallaeva M.M., Sharshov K.A. Avian paramyxovirus 4 isolated from the mallard (*Anas platyrhynchos*, Linnaeus, 1758): the first case detected in the Western Caspian region. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 81-87. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-81-87

Received 2 March 2021

Revised 23 April 2021

Accepted 17 May 2021

Abstract

Aim. The work is aimed at exploring the molecular and genetic properties of avian paramyxovirus 4 (APMV-4) isolated from the mallard duck.

Material and Methods. In 2018, as a part of an influenza A virus surveillance programme, biological samples were collected from wild birds on Lake Adzhi (Papas) in the Republic of Dagestan. The isolation of virus strains from biological samples was performed using 10-day-old special pathogen-free chicken eggs. The primary detection of hemagglutinating agents in the fluid of the allantoic cavity was carried out via hemagglutination assay. The presence of RNA of the influenza A virus was determined using Real Time PCR. Then, for samples negative in PCR for the influenza A virus, the complete genome DNA sequences were established using NGS sequencing. It was determined that the APMV-4 strain obtained belonged to intraspecific genetic lines was determined using phylogenetic analysis.

Results. APMV-4 strain was isolated for the first time in the Western Caspian region. Phylogenetic analysis of the complete genome and gene F showed that the APMV-4/mallard/Dagestan/92d/2018 strain belongs to the Eurasian clade of subgenotypes. Analysis of amino acid substitutions showed that the cleavage site of the fusion protein is monobasic which is characteristic of lentogenic strains.

Conclusion. During the surveillance program for influenza A viruses in autumn 2018, the APMV-4 strain was isolated from the mallard duck. Analysis revealed that the APMV-4 strain was closely phylogenetically related to strains isolated from two wild and one domestic duck from China. This suggests an interconnection between the bird populations in China and the Western Caspian region within the West Asian-East African migration route.

Key Words

APMV-4, AAV-4, complete genome sequence, mallard, wild waterfowl, Western Caspian region.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые о парамиксовирусах птиц (APMV) стало известно в 20-х годах прошлого века, когда вирус болезни Ньюкасла (APMV-1) вызвал панзоотию среди домашних птиц. Клиническая картина варьировала от лёгких респираторных и неврологических симптомов до геморрагических поражений кишечника со 100% смертностью [1]. В настоящее время вирус болезни Ньюкасла подлежит ветеринарному контролю в большинстве стран мира и вакцинирование птиц в птицеводческих предприятиях является обязательной процедурой. Всемирная организация здоровья животных (OIE) разработала специальное руководство для диагностики данного заболевания и обеспечения биологической безопасности во время работы с вирусом [2].

Первый случай определения парамиксовируса птиц 4 (APMV-4) был описан в 1975 году. Он был выделен от клинически здоровой утки в Гонконге [3]. Экспериментальное внутривенное и интраназальное инфицирование цыплят не привело к развитию заболевания, но вызвало выработку иммуноглобулинов. В 2008 году при окулоназальном заражении однодневных цыплят штаммом APMV-4 наблюдалась лёгкая диарея, катаральный трахеит и лимфоцитарный панкреатит [4]. Для диких и домашних птиц, находящихся вне исследовательских лабораторий, не было описано каких-либо симптомов при выделении APMV-4.

За последние 30 лет описаны случаи выделения APMV-4 от диких водоплавающих птиц по всему миру. Подавляющее большинство из них связано с программами мониторинга вирусов гриппа А. Несмотря на то, что выделение APMV имеет сопутствующий характер, к настоящему времени накопилась масса сообщений, указывающих на постоянное присутствие авулавирюсов в популяциях диких птиц [5-9]. Исследования, проведённые в 2013-2016 гг. показали, что два штамма APMV-4, обнаруженных у курок на рынке живой птицы в Китае, имели большой процент сходства нуклеотидных последовательностей со штаммом, полученным от дикой утки в Украине, что указывает на возможную передачу вируса между

дикими и домашними птицами [7]. Увеличение количества данных о молекулярно-генетических характеристиках разных штаммов APMV-4 и видовом составе птиц, от которых они были выделены, позволит установить основных хозяев, пути распространения и происхождения парамиксовируса птиц 4.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отлов птиц происходил в Дагестане на озере Аджи (Папас) (Каякентский район) осенью 2018 года. Сбор и транспортировку биологического материала птиц (клоакальные мазки) осуществляли согласно руководству Всемирной организации здоровья животных [2]. Культивирование вирусов проводили в системе развивающихся куриных эмбрионов по стандартной методике [10]. Гемагглютинирующие вирусы определяли с помощью реакции гемагглютинации [11].

Выделение нуклеиновых кислот проводили с использованием набора «РИБО-сорб» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора). Наличие вирусов гриппа А определяли при помощи ПЦР «в режиме реального времени» с использованием набора реагентов «АмплиСенс Influenza virus A/B-FL» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора). Для проб, в которых не было обнаружено вирусов гриппа А устанавливали полногеномную последовательность агглютинирующих вирусов методом секвенирования нового поколения на платформе Miseq (Illumina, США). Для построения филогенетических деревьев полных геномов и гена F, а также для анализа аминокислотных замен использовали программное обеспечение MEGA X [12].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Осенью 2018 г. было собрано 95 клоакальных мазков от 7 видов диких мигрирующих водоплавающих птиц. Все они относились к двум отрядам: гусеобразные (*Anseriformes*) и журавлеобразные (*Gruiformes*). Самыми представленными оказались два вида — чирок-трескунок (*Anas querquedula*) из семейства утиные (*Anatidae*) и лысуха (*Fulica atra*) из семейства пастушковые (*Rallidae*) (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав выборки диких птиц
Table 1. Species composition of sample of wild birds

Отряд Order	Семейство Family	Вид Species	Количество особей Specimen number	Процент от общего количества Percentage of total
Гусеобразные <i>Anseriformes</i>	Утиные <i>Anatidae</i>	Чирок-трескунок <i>Anas querquedula</i>	37	38,95
		Красноголовый нырок <i>Aythya ferina</i>	10	10,53
		Кряква обыкновенная <i>Anas platyrhynchos</i>	8	8,42
		Серая утка <i>Anas strepera</i>	4	4,21
		Широконоска <i>Anas clypeata</i>	4	4,21
		Лысуха <i>Fulica atra</i>	30	31,58
Журавлеобразные <i>Gruiformes</i>	Пастушковые <i>Rallidae</i>	Камышница <i>Gallinula chloropus</i>	2	2,11
		Итого / Total:	7	95

В результате нашего исследования у диких водоплавающих птиц на территории Республики Дагестан было выделено 6 агглютинирующих вирусов, один из которых принадлежал к парамиксовирусу птиц 4. Это первый случай обнаружения APMV-4 в Западном Прикаспии. Штамм, полученный в нашем исследовании, был выделен от кряквы обыкновенной. Другие агглютинирующие вирусы были выделены от чирка-трескунка. Согласно данным Национального центра биотехнологической информации (NCBI) [13] основная масса штаммов APMV-4 была получена от диких водоплавающих птиц, таких как крякva обыкновенная, серая утка (*Anas strepera*), шилохвость (*Anas acuta*), гуменник (*Anser fabalis*) и сухонос (*Anser cygnoides*). Все виды, представленные в выборке нашего исследования, относятся к мигрирующим птицам. На территории Дагестана проходят Западно-Азиатский-Восточно-Африканский и Центрально-азиатский пролётные пути [14]. Часть Западно-Азиатского-Восточно-Африканского пролётного пути на территории Дагестана протекает через западное побережье Каспийского моря. В данном районе

располагаются водно-болотные угодья, в которых наблюдаются сезонные увеличения численности мигрирующих птиц. В одном из таких водных объектов были собраны пробы для нашего исследования – озеро Аджи (Папас).

APMV-4 – это РНК-содержащий вирус из семейства *Paramyxoviridae* с длиной генома 15054 нуклеотида, который кодирует шесть вирусных белков: N, P, M, F, HN и L. Поверхностные гликопротеины HN и F участвуют в прикреплении и слиянии вируса с цитоплазматической мембраной клетки-хозяина. Аминокислотная последовательность сайта расщепления белка слияния, кодируемая геном F, используется для определения потенциальной вирулентности штаммов авулавирисов [15]. В этом исследовании мы сравнили полногеномные нуклеотидные последовательности и последовательности гена F штамма APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018 с другими штаммами APMV-4 (рис. 1) из базы данных GenBank [13].

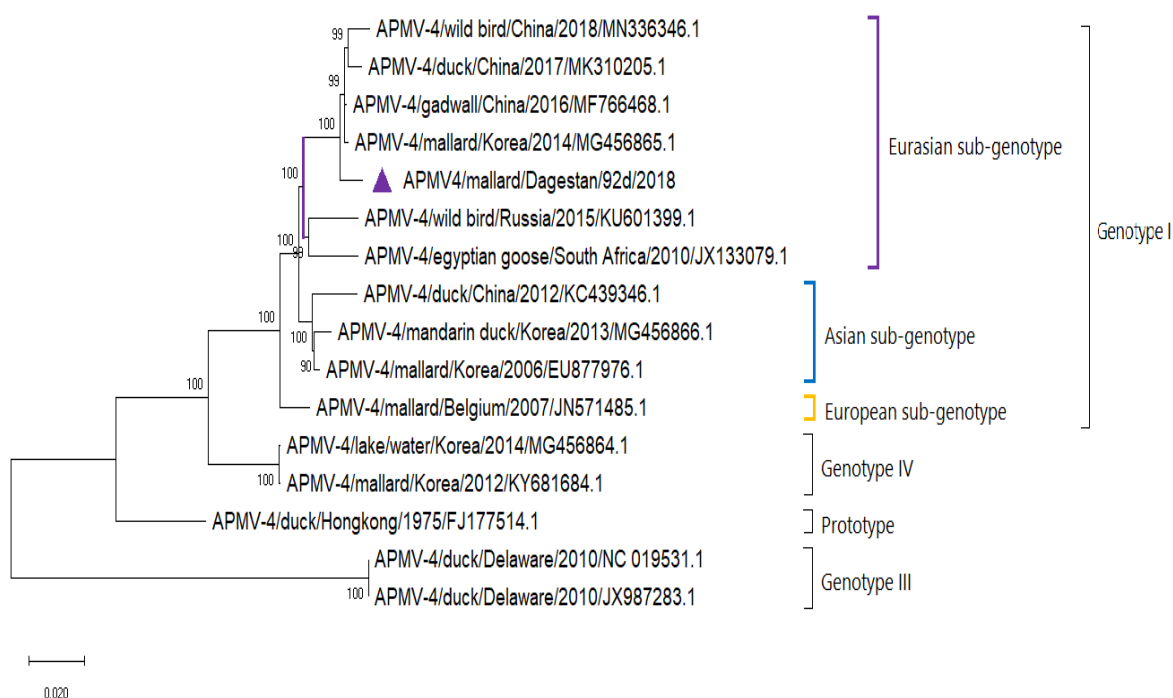


Рисунок 1. Филогенетическое дерево парамиксовируса птиц 4 (APMV-4) (▲ – штамм, полученный в данном исследовании)

Figure 1. Phylogenetic tree of the avian paramyxovirus 4 (APMV-4) (▲ – strain obtained in the course of the study)

В результате филогенетического анализа последовательностей полного генома было установлено, что штамм APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018 относится к Евразийскому субгенотипу генотипа I парамиксовируса птиц 4. Аналогичные данные были получены при сравнении нуклеотидных последовательностей гена F (рис. 2).

Филогенетически близкие последовательности гена F принадлежат штаммам, выделенным в Китае. Штаммы из провинции Хубэй были получены в 2015 году от гуменника и сухоноса [7]. Наиболее близкий штамм при сравнении последовательностей гена F был выделен в 2017 году от домашней утки. Исследования,

проведённые ранее в шести провинциях Китая, показали потенциальную возможность передачи APMV-4 между дикими и домашними птицами [7]. При сравнении нуклеотидных последовательностей гена F было обнаружено родство между украинским штаммом, выделенным от кряквы и китайским штаммом, выделенным от куриц (*Gallus domesticus*) на рынке живой птицы [7]. Пути передачи вируса остались неизвестными. Анализ паттерна миграций показал, что популяции птиц Западного Прикаспия и Китая могут быть связаны Западно-Азиатским-Восточно-Африканским пролётным путём, что может объяснить полученные нами данные.

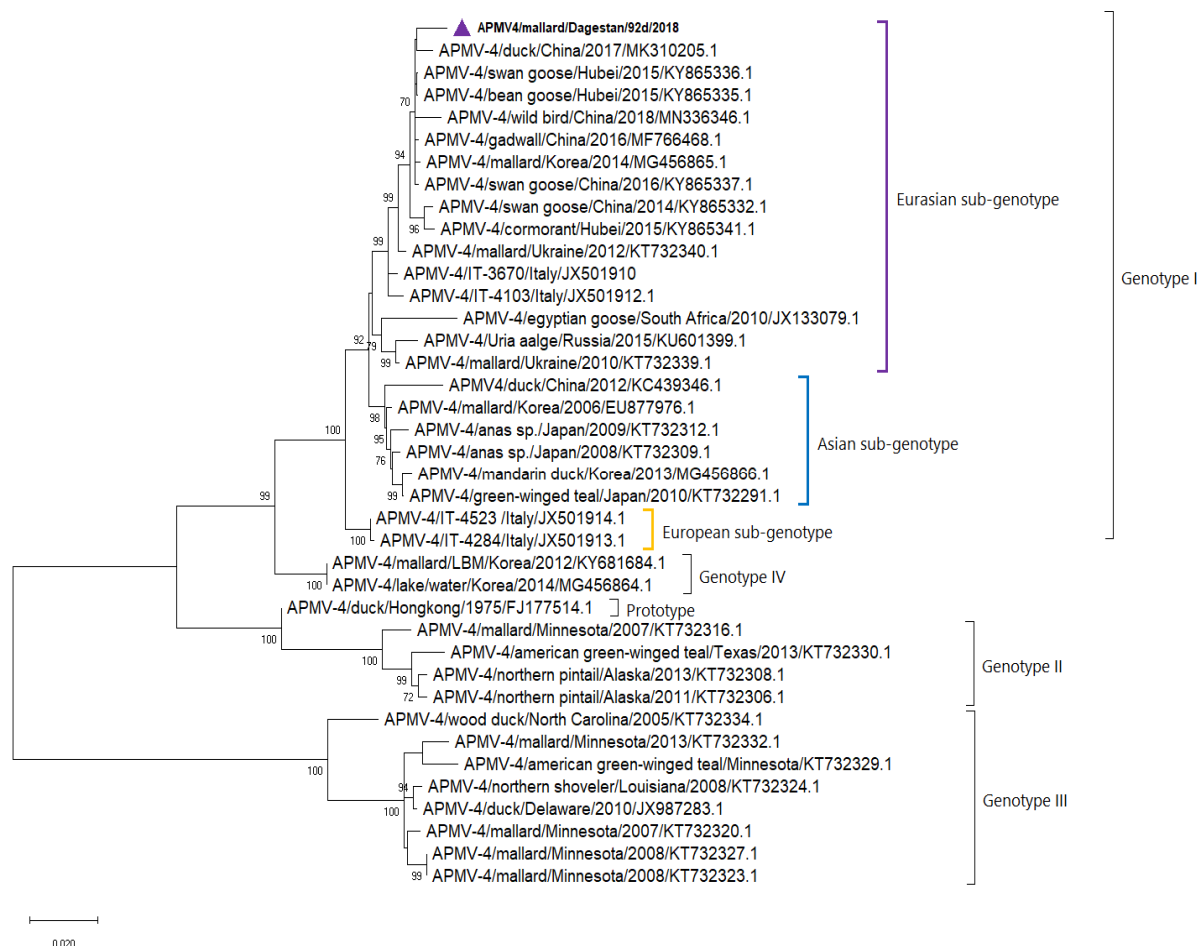


Рисунок 2. Филогенетическое дерево гена F парамиксовируса птиц 4 (APMV-4) (▲ – штамм, полученный в данном исследовании)

Figure 2. Phylogenetic tree of the F gene of the avian paramyxovirus 4 (APMV-4) (▲ – strain obtained in the course of the study)

Анализ аминокислотных замен белка F показал, что сайт расщепления штамма APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018 содержит один

остаток аргинина (таб. 2). Моноосновный сайт расщепления является характерной чертой лентогенных штаммов [15].

Таблица 2. Сайт расщепления белка слияния (F)

Table 2. Cleavage site of F protein

Вирус Virus	Сайт расщепления Cleavage site	Номер в базе данных GenBank GenBank accession numbers
APMV-1 (велоогенный штамм) (velogenic strain)	112-R-R-Q-R-R↓F-117	FJ430159
APMV-1 (лентогенный штамм) (lentogenic strain)	112-E-R-Q-E-R↓L-117	MN632514
APMV-4/KR/YJ/06 (лентогенный штамм) (lentogenic strain)	116-D-I-Q-P-R↓F-121	EU877976
APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018	116-D-V-Q-P-R↓F-121	MW880773

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе программы мониторинга вирусов гриппа А осенью 2018 года впервые в Западном Прикаспии был выделен парамиксовирус птиц 4 от кряквы обыкновенной. Полученный штамм был занесён в базу данных GenBank под номером MW880773. Филогенетический анализ полного генома и гена F показал принадлежность штамма APMV4/mallard/Dagestan/92d/2018 к Евразийскому

субгенотипу. Нуклеотидная последовательность гена F исследованного штамма оказалась филогенетически связана со штаммом, выделенным от домашней утки в Китае. Наиболее близкими при сравнении полных геномов оказались штаммы, полученные от диких уток в Корее и Китае. Результаты нашего исследования могут предполагать наличие связи между популяциями птиц Китая и Западного Прикаспия в рамках Западно-Азиатского-Восточно-Африканского пути миграций.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа поддержана грантами РНФ 20-44-07001 «Распространение РНК-вирусов птиц в Северной Азии и Азиатско-Тихоокеанском регионе: генетическое разнообразие, патогенный потенциал и прогнозирование влияния на птицеводство» (лабораторная диагностика, вирусологические эксперименты, сбор материала, анализ) и РФФИ 21-54-53031 «Сравнительный анализ разнообразия микробиома и виroma кишечника у водоплавающих птиц Центрально-Азиатского региона (плато Цинхай и юг Западной Сибири)» (анализ). Также данное исследование частично поддержано проектом JPJ008837 "Commissioned projects for promotion of strategic international collaborative research", финансируемым Министерством сельского, лесного и рыбного хозяйства Японии.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by grants from the Russian Science Foundation RSF 20-44-07001 "Distribution of RNA viruses of birds in North Asia and the Asia-Pacific region: genetic diversity, pathogenic potential and prediction of the impact on poultry farming" (laboratory diagnostics, virological experiments, material collection, analysis) and the Russian Foundation for Basic Research RFBR 21 -54-53031 "Comparative analysis of the diversity of the intestinal microbiome and virome in waterfowl of the Central Asian region (Qinghai plateau and the south of Western Siberia)" (analysis). It was also partially supported by project JPJ008837 "Commissioned projects for promotion of strategic international collaborative research" funded by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kariithi H.M., Ferreira H.L., Welch C.N., Ateya L.O., Apopo A.A., Zoller R., Volkening J.D., Williams-Coplin D., Parris D.J., Olivier T.L., Goldenberg D., Binopal Y.S., Hernandez S.M., Afonso C.L., Suarez D.L. Surveillance and Genetic Characterization of Virulent Newcastle Disease Virus Subgenotype V.3 in Indigenous Chickens from Backyard Poultry Farms and Live Bird Markets in Kenya // *Viruses*. 2021. V. 13. Iss. 1. P. 103. DOI: 10.3390/v13010103
2. Newcastle disease: OIE - World Organisation for Animal Health. URL: <https://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/animal-diseases/newcastle-disease/> (дата обращения: 17.01.2021)
3. Shortridge K.F., Alexander D.J. Incidence and preliminary characterisation of a hitherto unreported, serologically distinct, avian paramyxovirus isolated in Hong Kong // *Res Vet Sci*. 1978. N 1 (25). P. 128-130.
4. Warke A., Stallknecht D., Williams S.M., Pritchard N., Mundt E. Comparative study on the pathogenicity and immunogenicity of wild bird isolates of avian paramyxovirus 2, 4, and 6 in chickens // *Avian Pathology*. 2008. V. 37. Iss. 4. P. 429-434. DOI: 10.1080/03079450802216645
5. Zhang Q., Liu J., Han S., Wang B., Su Q., Yuan G., He H. Genetic and evolutionary characterization of avian paramyxovirus type 4 in China // *Infection, Genetics and Evolution*. 2021. V. 91. P. 104777. DOI: 10.1016/j.meegid.2021.104777
6. Tseren-Ochir E.O., Yuk S.S., Khishgee B., Kwon J.H., Noh J.Y., Hong W.T., Jeong J.H., Gwon G.B., Jeong S., Kim Y.J., Kim J.B., Lee J.H., Kim K.J., Damdinjav B., Song C.S. Molecular characterization of avian paramyxovirus types 4 and 8 isolated from wild migratory waterfowl in Mongolia // *Journal of Wildlife Diseases*. 2018. V. 54. Iss. 2. P. 342-346. DOI: 10.7589/2017-03-067

7. Yin R., Zhang P., Liu X., Chen Y., Tao Z., Ai L., Li J., Yang Y., Li M., Xue C., Qian J., Wang X., Chen J., Li Y., Xiong Y., Zhang J., Stoeger T., Bi Y., Chen J., Ding Z. Dispersal and transmission of avian paramyxovirus serotype 4 among wild birds and domestic poultry // *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2017. V. 7. P. 212. DOI: 10.3389/fcimb.2017.00212
8. Abolnik C., Castro M. de, Rees J. Full genomic sequence of an African Avian Paramyxovirus Type 4 strain isolated from a wild duck // *Virus Genes*. 2012. V. 45. Iss. 3. P. 537-541. DOI: 10.1007/s11262-012-0805-y
9. Tseren-Ochir E.O., Kwon J.H., Noh J.Y., Jeong J.H., Jeong S., Kim K.J., Lee J.H., Kim J.B., Kim Y.J., Lee S.H., Kim J.Y., Song C.S. Molecular characterization and genetic diversity of avian paramyxovirus type 4 isolated in South Korea from 2013 to 2017 // *Infection, Genetics and Evolution*. 2018. V. 61. P. 127-133. DOI: 10.1016/j.meegid.2018.03.025
10. Shortridge K.F., Alexander D.J., Collins M.S. Isolation and Properties of Viruses from Poultry in Hong Kong which Represent a New (Sixth) Distinct Group of Avian Paramyxoviruses // *The Journal of general virology*. 1980. V. 49. Iss. 2. P. 255-262. DOI: 10.1099/0022-1317-49-2-2551980
11. McGinnes L.W., Pantua H., Reitter J., Morrison T.G. Newcastle disease virus: propagation, quantification, and storage // *Curr Protoc Microbiol*. 2006. V. 1. Iss. 1. P. 15F.2.1-15F.2.18. DOI: 10.1002/9780471729259.mc15f02s01
12. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms // *Molecular Biology and Evolution*. 2018. V. 35. Iss. 6. P. 1547-1549. DOI: 10.1093/molbev/msy096
13. Home – Nucleotide – NCBI. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/> (дата обращения: 17.01.2021)
14. Алексеев А.Ю., Мурашкина Т.А., Джамалутдинов Д.М., Абдуллаев С.С., Ахмедрабаданов Х.А., Шаршов К.А. Анализ миграций птиц водного и околоводного комплекса на территории Республики Дагестан и обоснование выбора ключевых точек мониторинга гриппа А // *Юг России: экология, развитие*. 2019. Т. 14. N 1. С. 137-149. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149
15. Liu H., Servan de Almeida R., Gil P., Albina E. Cleavage site of Newcastle disease virus determines viral fitness in persistent infection cells // *Veterinary Microbiology*. 2018. V. 216. C. 123-131. DOI: 10.1016/j.vetmic.2018.02.006

REFERENCES

1. Kariithi H.M., Ferreira H.L., Welch C.N., Ateya L.O., Apopo A.A., Zoller R., Volkening J.D., Williams-Coplin D., Parris D.J., Olivier T.L., Goldenberg D., Binopal Y.S., Hernandez S.M., Afonso C.L., Suarez D.L. Surveillance and Genetic Characterization of Virulent Newcastle Disease Virus Subgenotype V.3 in Indigenous Chickens from Backyard Poultry Farms and Live Bird Markets in Kenya. *Viruses*, 2021, vol. 13, iss. 1, pp. 103. DOI: 10.3390/v13010103
2. Newcastle disease: OIE - World Organization for Animal Health. Available at: <https://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/animal-diseases/newcastle-disease/> (accessed 17.01.2021)
3. Shortridge K.F., Alexander D.J. Incidence and preliminary characterisation of a hitherto unreported, serologically distinct, avian paramyxovirus isolated in Hong Kong. *Research in veterinary science*. 1978, vol. 1, no. 25, pp. 128-130.
4. Warke A., Stallknecht D., Williams S.M., Pritchard N., Mundt E. Comparative study on the pathogenicity and immunogenicity of wild bird isolates of avian paramyxovirus 2, 4, and 6 in chickens. *Avian Pathology*,

- 2008, vol. 37, no. 4, pp. 429-434. DOI: 10.1080/03079450802216645
5. Zhang Q., Liu J., Han S., Wang B., Su Q., Yuan G., He H. Genetic and evolutionary characterization of avian paramyxovirus type 4 in China. *Infection, Genetics and Evolution*, 2021, vol. 91, p. 104777. DOI: 10.1016/j.meegid.2021.104777
6. Tseren-Ochir E.O., Yuk S.S., Khishgee B., Kwon J.H., Noh J.Y., Hong W.T., Jeong J.H., Gwon G.B., Jeong S., Kim Y.J., Kim J.B., Lee J.H., Kim K.J., Damdinjav B., Song C.S. Molecular characterization of avian paramyxovirus types 4 and 8 isolated from wild migratory waterfowl in Mongolia. *Journal of Wildlife Diseases*, 2018, vol. 54, no. 2, pp. 342-346. DOI: 10.7589/2017-03-067
7. Yin R., Zhang P., Liu X., Chen Y., Tao Z., Ai L., Li J., Yang Y., Li M., Xue C., Qian J., Wang X., Chen J., Li Y., Xiong Y., Zhang J., Stoeger T., Bi Y., Chen J., Ding Z. Dispersal and transmission of avian paramyxovirus serotype 4 among wild birds and domestic poultry. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2017, vol. 7, pp. 212. DOI: 10.3389/fcimb.2017.00212
8. Abolnik C., Castro M. de, Rees J. Full genomic sequence of an African Avian Paramyxovirus Type 4 strain isolated from a wild duck. *Virus Genes*, 2012, vol. 45, iss. 3, pp. 537-541. DOI: 10.1007/s11262-012-0805-y
9. Tseren-Ochir E.O., Kwon J.H., Noh J.Y., Jeong J.H., Jeong S., Kim K.J., Lee J.H., Kim J.B., Kim Y.J., Lee S.H., Kim J.Y., Song C.S. Molecular characterization and genetic diversity of avian paramyxovirus type 4 isolated in South Korea from 2013 to 2017. *Infection, Genetics and Evolution*, 2018, vol. 61, pp. 127-133. DOI: 10.1016/j.meegid.2018.03.025
10. Shortridge K.F., Alexander D.J., Collins M.S. Isolation and Properties of Viruses from Poultry in Hong Kong which Represent a New (Sixth) Distinct Group of Avian Paramyxoviruses. *The Journal of general virology*, 1980, vol. 49, iss. 2, pp. 255-262. DOI: 10.1099/0022-1317-49-2-255
11. McGinnes L.W., Pantua H., Reitter J., Morrison T.G. Newcastle disease virus: propagation, quantification, and storage. *Current protocols in microbiology*, 2006, vol. 1, iss. 1, pp. 15F.2.1-15F.2.18. DOI: 10.1002/9780471729259.mc15f02s01
12. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 2018, vol. 35, iss. 6, pp. 1547-1549. DOI: 10.1093/molbev/msy096
13. Home – Nucleotide – NCBI. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/> (accessed 17.01.2021)
14. Alekseev A.Yu., Murashkina T.A., Jamalutdinov J.M., Abdullaev S.S., Akhmedrabdanov Kh.A., Sharshov K.A. Analysis of migration of aquatic and semiaquatic birds on the territory of the Republic of Dagestan and justification of the choice of key points of monitoring of Influenza A Virus. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 137-149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149
15. Liu H., Servan de Almeida R., Gil P., Albina E. Cleavage site of Newcastle disease virus determines viral fitness in persistent infection cells. *Veterinary Microbiology*, 2018, vol. 216, pp. 123-131. DOI: 10.1016/j.vetmic.2018.02.006

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр Ю. Алексеев и Татьяна А. Мурашкина собирали биологический материал. Татьяна А. Мурашкина и Анастасия А. Дёрко вели вирусологические работы по культивированию вирусов, проводили реакцию гемагглютинации. Мария В. Соломатина проводила наработку вируса. Junki Mine, Yuko Uchida, Takehiko Saito проводили полногеномное секвенирование. Никита А. Дубовицкий, Анастасия А. Дёрко и Иван А. Соболев осуществляли анализ данных секвенса. Кирилл А. Шаршов планировал исследование. Анастасия А. Дёрко, Кирилл А. Шаршов, Мариам М. Каллаева и Магомед Г. Магомедов подготавливали рукопись для подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander Yu. Alekseev and Tatyana A. Murashkina collected biological samples. Tatyana A. Murashkina and Anastasiya A. Derko performed virological work on the cultivation of viruses and carried out a hemagglutination reaction. Maria V. Solomatina conducted virus cultivation. Junki Mine, Yuko Uchida, Takehiko Saito performed whole-genome sequencing. Nikita A. Dubovitskiy, Anastasiya A. Derko and Ivan A. Sobolev analysed the sequence data. Anastasiya A. Derko, Kirill A. Sharshov, Mariam M. Kallaeva and Magomed G. Magomedov corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Анастасия А. Дёрко / Anastasiya A. Derko <https://orcid.org/0000-0002-5984-0819>
 Никита А. Дубовицкий / Nikita A. Dubovitskiy <https://orcid.org/0000-0002-7780-1485>
 Татьяна А. Мурашкина / Tatyana A. Murashkina <https://orcid.org/0000-0003-3719-4796>
 Иван А. Соболев / Ivan A. Sobolev <https://orcid.org/0000-0002-4561-6517>
 Мария В. Соломатина / Maria V. Solomatina <https://orcid.org/0000-0003-0736-0271>
 Александр Ю. Алексеев / Alexander Yu. Alekseev <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>
 Магомед Г. Магомедов / Magomed G. Magomedov <https://orcid.org/0000-0003-1897-6784>
 Junki Mine <https://orcid.org/0000-0002-1603-8471>
 Yuko Uchida <https://orcid.org/0000-0002-5833-5917>
 Takehiko Saito <https://orcid.org/0000-0002-9633-5897>
 Мариам М. Каллаева / Mariam M. Kallaeva <https://orcid.org/0000-0003-1360-1334>
 Кирилл А. Шаршов / Kirill A. Sharshov <https://orcid.org/0000-0002-3946-9872>

Оригинальная статья / Original article
УДК 579.26
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-88-94

Пути повышения биогенности, ассимиляционного потенциала и плодородия почвенного покрова городских ландшафтов города Сумгаита

Самира И. Наджафова, Чинара З. Багирова

Институт Микробиологии НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан

Контактное лицо

Самира И. Наджафова, доктор биологических наук, доцент, зав. лабораторией почвенных микроорганизмов, Институт Микробиологии НАН Азербайджана; AZ1073 Азербайджан, г. Баку, ул. М. Мушвига, 103.
Тел. +994125024359
Email nadjafovas@yahoo.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8190-4006>

Формат цитирования

Наджафова С.И., Багирова Ч.З. Пути повышения биогенности, ассимиляционного потенциала и плодородия почвенного покрова городских ландшафтов города Сумгаита // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 88-94. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-88-94

Получена 20 февраля 2020 г.

Прошла рецензирование 14 сентября 2020 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Целью исследований является выявление возможности повысить содержание гумуса в почвенном покрове г. Сумгаита с использованием биопрепаратов, в том числе содержащих целлюлозоразлагающие микроорганизмы, в управляемом режиме.

Материал и методы. В процессе лабораторных экспериментов в почвенные образцы вносились различные модификации органических веществ растительного происхождения с одновременным внесением биопрепаратов. В качестве биопрепаратов использовали выделенные нами из почв культуры целлюлозоразлагающих микроорганизмов, избыточный активный ил, биопрепарат «ферми-старт» как в отдельности, так и в виде композиций. Содержание общего углерода проводили по методу Тюрина. Общую численность микроорганизмов определяли по общепринятым методам. Активность ферментов определяли по методу Хазиева Ф.Х.

Результаты. Выявлено, что применение биопрепаратов – ассоциации целлюлозоразлагающих бактерий, избыточного активного ила, «ферми-стар» стимулировало рост численности целлюлозоразлагающих бактерий (в 3-10 раз), накоплению в почве общего углерода и гумуса на 20-55%.

Заключение. Использование биопрепаратов и внесение в почву целлюлозосодержащих материалов при условии поддержания оптимального увлажнения позволяет за короткий период времени – 6 месяцев обеспечить значительное повышение в серо-бурой почве содержания гумуса.

Ключевые слова

Почвы городские, загрязнение, биоочистка, микроорганизмы, ферментные биопрепараты, активный ил, растительные опады.

Ways to improve biogeneity, assimilation potential and fertility of soil cover of the urban landscapes of Sumgait city

Samira I. Nadjafova and Chinara Z. Bagirova

Institute of Microbiology, National Academy of Science of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Principal contact

Samira I. Nadjafova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor & Head of the Laboratory of Soil microorganisms, Institute of Microbiology, National Academy of Sciences of Azerbaijan; 103 M. Mushviga St, Baku, Azerbaijan AZ1073.

Tel. +994125024359

Email nadjafovas@yahoo.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8190-4006>

How to cite this article

Nadjafova S.I., Bagirova Ch.Z. Ways to improve biogeneity, assimilation potential and fertility of soil cover of the urban landscapes of Sumgait city. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 88-94. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-88-94

Received 20 February 2020

Revised 14 September 2020

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. The aim of the research was to identify the possibility of increasing the content of humus in the soil cover of the city of Sumgait using biologics, including those containing cellulose-decomposing microorganisms, in a controlled manner.

Material and Methods. In the process of conducting laboratory experiments, we took soil samples with the introduction of various modifications of organic substances of plant origin and with the simultaneous introduction of biologics. As biopreparations, we used cultures of cellulose-decomposing microorganisms isolated from soils, excess activated sludge and the Fermi-Start biopreparation, both individually and in the form of compositions. Total carbon content was carried out according to the Tyurin method. The total number of microorganisms was determined by generally accepted methods. Enzyme activity was determined by the F. Kh. Khaziev method.

Results. It was revealed that the use of biopreparations – the association of cellulose-decomposing bacteria, excess activated sludge and Fermi-Start stimulated an increase in the number of cellulose-decomposing bacteria (3-10 times) and the accumulation of total carbon and humus in the soil by 20-55%.

Conclusion. The use of biological preparations and the introduction of cellulose-containing materials into the soil, provided that optimum moisture is maintained, ensures in a short period of time – 6 months - a significant increase of humus in the gray-brown soil content.

Key Words

Urban soils, pollution, biological treatment, microorganisms, enzyme biopreparations, activated sludge, vegetable litter.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей составляющей устойчивого развития любого региона, даже несмотря на неблагоприятные природно-климатические условия является эффективное природопользование, при котором осуществляется его устойчивое развитие при сохранении природно-ресурсного потенциала. Анализ стратегии эффективного и устойчивого природопользования ведет к разработкам и реализациям путей снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и восстановлению естественных экосистем региона с использованием современных технологий, в том числе биотехнологий.

Анализ источников информации показывает, что наибольшее распространение получили методы биоремедиации, включающие внесение биопрепаратов [1-3], микроорганизмов [4]. Среди мер, предпринимаемых с целью очистки окружающей среды от загрязнений, важное место занимает интенсификация микробиологических способов деградации нефти. При этом предполагается активизация не только аборигенной микрофлоры загрязненных объектов, но и внесение биопрепаратов, содержащих штаммы активных нефтедеградаторов [5].

Одна из проблем почвенного покрова г. Сумгаит – интенсивная минерализация органических веществ, низкое содержание гумуса (не более 0,9-1,2%), высокая степень загрязненности органическими и неорганическими веществами [6], в результате чего снижается их биогенность.

Для техногенных почв г. Сумгаит перспективно разработать такие методы рекультивации, которые активизируют бы деятельность микробиоценоза, и, следовательно, их ассимиляционный потенциал и процессы самоочищения.

Цель наших исследований – выявить возможность повысить содержание гумуса в почвенном покрове г. Сумгаита с использованием биопрепаратов, в том числе содержащих целлюлозоразлагающие микроорганизмы в управляемом режиме.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе лабораторных экспериментов нами были взяты почвенные образцы с внесением в них различных модификаций органических веществ растительного происхождения с одновременным внесением биопрепаратов. В качестве биопрепаратов использовали выделенные нами из почв культуры целлюлозоразлагающих микроорганизмов, избыточный активный ил, биопрепарат «ферми-старт» как в отдельности, так и в виде композиций.

Для проведения исследований по компостированию были отобраны образцы активного ила аэрационной станции. В ходе исследования также был использован биопрепарат «ферми-старт» с исходной концентрацией микроорганизмов 10^6 КОЕ/л., который производится в Азербайджане фирмой «Агро-Био-Тех».

Входящие в состав биопрепаратов микроорганизмы синтезируют практически широкий спектр биологически активных веществ, определяющих качество почв и необходимых для роста и развития растений. Микроорганизмы консорциума, состоящие из групп фотосинтезирующих, молочнокислых, азотфиксирующих бактерий, а также дрожжей,

актиномицетов, грибов оптимизируют минеральное питание растений, фиксируют атмосферный азот, мобилизуют фосфор, обеспечивают катаболизм белково-азотистых соединений. Эти свойства препарата важны при ферментации органических отходов сельского хозяйства.

На основе трех культур целлюлозоразлагающих микроорганизмов – №2, №9 и №19 создана ассоциация штаммов. Культуры выращивали на среде Раймонда в присутствии H_2C_{16} , биомассу выращенных культур отделяли в фазе стационарного роста. Опыты закладывали в сосуды объемом 2 кг, объем почвы в сосуде 1 кг. В качестве целлюлозосодержащих материалов использовали солому измельченную, древесные опилки, смесь листьев широколиственных деревьев и хвойных в соотношении 1:1. Оптимальный размер частиц для измельченных растительных отходов 25...50 мм.

Навеску почвы, отобранную из целинных участков (территория Джейранбатанского водохранилища), просеянной через сито 3 мм массой 500 г помещали в вегетационный сосуд, увлажняли водой до 55-60% от полной полевой влагоемкости. В почву вносили растительные остатки (измельченную солому, опилки, растительный опад) и 10 г азотного удобрения в виде 3%-ного раствора нитрата аммония. Затем в почву вносили биопрепараты: биопрепарат из ассоциаций целлюлозоразлагающих бактерий, избыточный активный ил и «ферми-старт» в количестве 20 мл. Культивацию сосудов проводили в комнатных условиях при температуре 25°C. Продолжительность культивирования – 6 месяцев.

Содержание общего углерода в почвах определяли методом И.В. Тюрина в модификации ЦИАНО согласно ГОСТу 26213-91 [7]. Анализ общего углерода в почве проводили в динамике – в начале экспериментов и по истечении 6 месяцев. Весовое процентное содержание гумуса находили умножением весового процентного содержания углерода на коэффициент, который равен 2.0.

Общую численность микроорганизмов определяли по общепринятым методам [8]. Активность ферментов определяли по методу Хазиева Ф.Х. [9].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлено, что применение биопрепаратов – ассоциации целлюлозоразлагающих бактерий, избыточного активного ила и «ферми-старт» стимулировало увеличение численности целлюлозоразлагающих бактерий (в 3-10 раз), накопление в почве общего углерода и гумуса на 20-55% (табл. 1). Микроорганизмы в составе ИАИ, а также в составе ассоциаций целлюлозоразлагающих бактерий могут непосредственно участвовать в процессах разложения целлюлозных соединений, например, бактерии рода *Cellulomonas* и псевдомонады.

Кроме того, часть микроорганизмов активного ила могут в процессе лизиса служить источником биологически активных соединений для целлюлозоразлагающих микроорганизмов, а также источником азота, фосфора и других биогенных элементов в почве, что в конечном итоге благоприятствует активному функционированию этих бактерий.

Таблица 1. Влияние растительных веществ на накопление в почве органического углерода
Table 1. Effect of plant matter on soil organic carbon accumulation

Показатели Indicators	Содержание общего углерода, % Content of total carbon, %		Содержание гумуса, % Humus content, %		Общая численность микроорганизмов, КОЕ/гр. почвы Total number of microorganisms, CFU/gr. soil		Целлюлолитическая активность, убыль в массе, % Cellulolytic activity, decrease in mass, %	
Варианты Options	Исходная Original	В конце At the end	Исходная Original	В конце At the end	Исходная Original	В конце At the end	Исходная Original	В конце At the end
Почва (контроль) Soil (control)	0,7	0,72	1,4	1,44	1,2.10 ⁴	3,2.10 ⁴	12	13
Почва+ЦРМ+опилки Soil + PDM + sawdust	0,7	0,9	1,4	1,8	1,2.10 ⁴	1,2.10 ⁶	12	21
Почва+ЦРМ+солома Soil + PDM + straw	0,7	0,85	1,4	1,7	1,2.10 ⁴	1,3.10 ⁶	12	18
Почва+ЦРМ+опад Soil + PDM + litter	0,7	0,95	1,4	1,9	1,2.10 ⁴	1,6.10 ⁶	12	19
Почва+ЦРМ+ферми-старт +опилки Soil + PDM + Fermi- Start + sawdust	0,7	1,0	1,4	2,0	1,2.10 ⁴	3,8.10 ⁶	12	27
Почва+ЦРМ+ИАИ +опилки Soil + PDM + EAS + sawdust	0,7	1,05	1,4	2,1	1,2.10 ⁴	3,4.10 ⁶	12	25
Почва+ЦРМ+ИАИ+ферми-старт +опилки Soil + PDM + EAS + Fermi-Start + sawdust	0,7	1,2	1,4	2,4	1,2.10 ⁴	3,6.10 ⁶	12	31
Почва+ЦРМ+ИАИ+ферми-старт+опилки+солома Soil + PDM + EAS + Fermi-Start + Sawdust + Straw	0,7	1,3	1,4	2,6	1,2.10 ⁴	4,5.10 ⁶	12	33

Примечание: ЦРМ – целлюлозоразлагающие микроорганизмы; ИАИ – избыточный активный ил
 Note: PDM – Pulp decomposing microorganisms; EAS – Excess activated sludge

В почве во всех вариантах при внесении целлюлозосодержащих материалов и биопрепаратов имело место повышение численности общих микроорганизмов, что свидетельствует о повышении в почве активности микроорганизмов и формирования благоприятных условий для их функционирования. В этих процессах положительна роль также и биопрепарата «ферми-старт», в составе которого имеется целый набор различных функциональных групп микроорганизмов, участвующих в формировании почвенного плодородия.

Таким образом, использование биопрепаратов и внесение в почву целлюлозосодержащих материалов при условии поддержания оптимального увлажнения позволяет за короткий период времени - 6 месяцев обеспечить значительное повышение в серо-бурой почве содержание гумуса.

Результаты исследований позволяют отметить также положительную роль целлюлозоразлагающих бактерий в накоплении в почве общего углерода и гумуса. А это означает, что биопрепараты на основе целлюлозоразлагающих бактерий могут быть перспективны при компостировании органических отходов с целью ускорения процесса компостирования.

С этой целью нами было проведено лабораторное моделирование процесса компостирования органических отходов с использованием биопрепаратов на основе выделенных целлюлозоразлагающих бактерий.

Мы определяли активность ферментов, ответственных в процессах разложения растительных материалов и в табл. 2. показаны результаты активности ферментов в клетках отдельных чистых

культур целлюлозоразлагающих бактерий. Как видно из данных, ассоциация трех чистых культур характеризуется высокой активностью ферментов, участвующих в процессах разложения растительных веществ. Это подтверждает высокие потенциальные возможности биопрепарата на основе трех штаммов целлюлозоразлагающих бактерий в случае их использования для компостирования целлюлозосодержащих материалов.

Компостирование древесно-растительных отходов решает сразу две проблемы: утилизацию значительной части региональных растительных отходов и получение полноценного органического удобрения для повышения потенциального плодородия бедного по гумусу почвенного покрова г. Сумгаит.

При переработке древесно-растительных отходов Апшеронского промышленного региона методом компостирования региональных биоресурсов ежегодно можно получать полноценные органоминеральные удобрения, использование которых в условиях, свойственных данному региону почвенно-климатических условий, позволит значительно улучшить физико-химический состав разновидностей серо-бурых почв.

Процессы биodeградации целлюлозы в бедной органическим материалом серо-бурой почве под воздействием внесенных извне ассоциаций целлюлолитических бактерий при одновременном внесении растительных материалов может способствовать положительному мелиоративно-удобрительному эффекту.

Таблица 2. Активность ферментов в культурах целлюлозоразлагающих бактерий**Table 2.** The activity of enzymes in cultures of cellulose-decomposing bacteria

№	Культуры Cultures	Активность ферментов / Enzyme activity						
		Амилаза Amlase	Протеаза Protease	Целлюлаза Cellulase	Лигниназа Ligninase	Ксиланаза Xylanase	Пектиназа Pectinase	Липаза Lipase
1	2	-		+	+	+	-	+
2	7	+		+	-	+	+	-
3	23	+		+	+	+	+	+

Принимая во внимание результаты, полученные при исследовании воздействия различных биопрепаратов и растительных отходов на биогенность исследуемых почв, нами проведены лабораторные эксперименты по влиянию указанных биопрепаратов на ассимиляционный потенциал почв г. Сумгаита.

Работы проводили методом лабораторного моделирования в вегетационных сосудах, объем почвы в сосудах – 300 г. В качестве объекта исследований была выбрана серо-бурая почва, отобранная с территории городского парка Г. Алиева. Почвенные образцы загрязняли сырой нефтью месторождения Сураханы. Степень загрязнения – 10%. Такая степень относится к категории сильного загрязнения [10].

В загрязненную почву вносили комплекс биопрепаратов: ассоциацию целлюлозоразлагающих бактерий, избыточный активный ил, биопрепарат «ферми-старт» в объеме по 10 мл на 100 г почвы, а также смесь растительных субстратов: древесных опилок, измельченной соломы, опада листьев. Эти

вещества вносили в количестве по 10% от объема почв. Вегетационные сосуды культивировали при комнатной температуре 25°C в течение 6 месяцев. В процессе культивирования почву периодически увлажняли до 50-60% от полной полевой влагоемкости. Через 6 месяцев во всех вариантах определяли содержание остаточных углеводов (гравиметрическим методом), численность общих микроорганизмов (на МПА) и численность нефтеокисляющих микроорганизмов (на жидкой минеральной среде Раймонда в присутствии н-гексадекана в качестве единственного источника углерода и энергии). Результаты представлены в табл. 3.

Результаты лабораторного моделирования показывают, что внесение в загрязненную почву мелиорантов: микробных биопрепаратов и растительных отходов как отдельно, так и совместно способствует снижению содержания нефти в почве на 65-94% по сравнению с контролем.

Таблица 3. Самоочищающая способность почв при внесении биопрепаратов и растительных остатков**Table 3.** Self-cleaning ability of soils with the introduction of biologics and plant residues

Варианты Options	Показатель и Indicators	Общая численность м-ов, титр Total number of microorganisms, titer	Численность УОМ, титр Number of hydrocarbonising microorganisms, titer	Содержание углеводородов, % Content of hydrocarbons, %	
				Исходная Original	Через 6 мес. After 6 months
Загрязненная почва (контроль) Contaminated soil (control)		1,5.10 ³	1,5.10 ²	10	9,1
Почва+смесь биопрепаратов Soil + mixture of biological products		1,8.10 ⁵	1,9.10 ³	10	3,2
Почва+смесь биопрепаратов и растительных остатков Soil + a mixture of biologics and plant residues		2,3.10 ⁵	2,5.10 ³	10	1,5

Примечание: контроль – почва с территории Джейранбатанского водохранилища

Note: control was soil from the territory of the Dzheyrnbatan reservoir

В настоящее время во всех странах ищут пути максимально эффективного использования растительно-древесных отходов для решения региональных экологических проблем, объемы которых огромны. Так, согласно имеющейся информации, количество древесных отходов, образующихся при санитарной порубке и рубке ухода, по Москве составляет более 15 млн. м³ скошенной травы и более 10 тыс. м³ опавшей листвы в год [11]. Принимая во внимание эффективность внесения в почву целлюлозосодержащих материалов и биопрепаратов

нами сделан анализ потенциала таких отходов в регионе. В частности, нами определены ресурсы растительного опада в г. Сумгаит.

Согласно имеющимся данным, в настоящее время площадь зеленых насаждений в г. Сумгаит составляет 120 га и продолжает расширяться [12]. Суммарная площадь зеленых насаждений в городе Сумгаит составляет сейчас 20,4 м² на одного жителя, что не может считаться достаточным для смягчения микроклимата [6].

Согласно данным исследований, величина опада составляет в среднем 2-4 т/га [13]. Проведенные расчеты показывают, что с учетом средней величины опада 3 т/га, ежегодно на всей площади зеленых насаждений г. Сумгаит объем опада составляет (в среднем):

$$120 \text{ га} \times 3 \text{ т/га} = 360 \text{ т.}$$

Если принять, что азот в этой массе составляет 2%, то его общее количество в опаде достигает 7,20 т (в среднем 40-80 т/га), а зольные элементы из расчета 3% составят 0,6-1,20 кг/га (в общем в 360 т опада содержится около 10,8 т зольных элементов). Сравнивая годовое потребление зеленых насаждений азота 50 кг/га и 120 кг/га зольных элементов, видно, что запасы их в опаде в определенной степени частично перекрывают годовую потребность в них всех зеленых насаждений г. Сумгаит. Кроме того, в растительных опадах содержатся лигнин, целлюлоза и гемицеллюлоза, так необходимые для образования в почве гумуса, который является показателем плодородия почв.

Однако вместо того, чтобы дать возможность опаду вовлекаться непосредственно в местах произрастания зеленых насаждений в естественные процессы разложения, в регионе весь опад, а также скошенная газонная трава в полном объеме изымается и сжигается, что приводит к нарушению естественного круговорота и баланса углерода.

При этом при сжигании в атмосферу выделяется около 50,65 т CO₂. Увеличение массы сжигаемого растительного опада происходит одновременно с увеличением выделения в атмосферу диоксида углерода. Общее увеличение содержания углекислого газа в атмосфере приводит к сложным региональным явлениям. Углекислый газ свободно пропускает коротковолновое солнечное излучение, но задерживает тепловые лучи, идущие от нагретой земной поверхности. Это явление получило название парникового эффекта. Выделение в городскую среду такого высокого объема CO₂ дополняет тот объем углекислого газа, который выделяется как промышленными предприятиями г. Сумгаит, так и автотранспортом. Понятно, что это негативно сказывается на региональном уровне на качестве атмосферного воздуха и, соответственно, на здоровье его населения. В этой связи использование растительных опавов в интегрированных системах биотехнологий с целью восстановления биопродуктивности техногенно нарушенных почв в г. Сумгаит является с точки зрения эффективного использования региональных биоресурсов крайне важным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют сделать выводы о том, что основные преимущества использования растительных опавов и других целлюлозосодержащих отходов (древесные опилки, скошенные газоны и др.) состоит в повышении содержания в них органических веществ, доступных для растений, биогенности почв г. Сумгаит, ассимиляционного потенциала почв в отношении к загрязнению органическими веществами, потенциала их устойчивости и самоочищающей способности.

Внесение биопрепарата или компостов в качестве рекультивирующих агентов в загрязненную

техногенными веществами почву способствует ускорению биодegradации поллютантов, восстановлению численности микроорганизмов, ферментативной активности, ассимиляционного потенциала и снижению фитотоксичности.

Использование иммобилизованного на целлюлозо- и лигнинсодержащих волокнах биопрепарата обогащает почвы комплексом активных микроорганизмов. Биопрепарат активизирует аборигенную микробиоту почв, способствует разрушению углеводов как за счет собственных нефтедеструкторов, так и активизирует нативную микрофлору, способных разлагать углеводороды. В результате снижается фитотоксичность почвы, обеспечивается нормальный рост и развитие растительности.

Разработанные интегрированные биотехнологии создают технологическую базу для формирования в регионе замкнутого биотехнологического хозяйства. Использование предлагаемых технологий в биоремедиации техногенно загрязненных почв города Сумгаит позволит снизить экологическую нагрузку на почвенный покров городских ландшафтов, повысить скорость деструкции и окислительную мощность.

Разработанные биотехнологии являются ресурсосберегающими, позволяют эффективно использовать возобновляемые сырьевые ресурсы региона, предотвратить сброс в окружающую среду органических веществ с достаточно высоким уровнем БПК, экономить крупные финансовые ресурсы для очистки окружающей среды, создают основу формирования «зеленой экономики»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стабникова Е.В., Селезнева М.В., Дульгеров А.Н., Иванов В.Н. Применение биопрепарата «Лестан» для очистки почвы от углеводородов нефти // Прикладная биохимия и микробиология. 1996. Т. 32. N 2. С. 219-223.
2. Сидоров Д.Г., и др. Микробиологическая деструкция мазута в почве при использовании биопрепарата Деворойл // Прикладная биохимия и микробиология. 1998. Т. 34. N 3. С. 281-286.
3. Стом Д.И. и др. Трансформация нефти в почве микробиологическим препаратами и дождевыми червями // Почвоведение. 2003. N 3. С. 359-361.
4. Ключанова М.А. Разработка основы биопрепарата для деградации нефти при загрязнении природных сред. Уфа, 2009. 24 с.
5. Фахрутдинов А.И., Алехин В.Г., Малышкина Л.А. Результаты рекультивации нефтезагрязненных территорий с применением бактериального препарата // Сборник тезисов докладов второй окружной конференции молодых ученых ХМАО «Наука и образование XXI века», Сургут, 2001. С. 55-56.
6. Касимов М.С. Вопросы рекреационного обеспечения населения Бакинской городской агломерации. Баку: Элм, 1996. 270 с.
7. ГОСТ 26213 – 91 Почвы. Методы определения органического вещества. Взамен ГОСТ 26213 – 84; Введ. 01.01.87. 13 с.
8. Практикум по микробиологии. Под ред. А.И. Нетрусова. Москва: Академия, 2005. 608 с.
9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. Ин-т биологии Уфим. НЦ. Москва: Наука, 2005. 252 с.

10. Исмаилов Н.М. Практическая экотехнология. Баку: Elm, 2009. 572 с.
11. Состояние зеленых насаждений в Москве. Аналитический доклад. По данным мониторинга 2002 г. Москва: ОАО «Прима-М», Вып. 6, 2003. 200 с.
12. Мамедова А.О. Роль озеленения в защите окружающей среды Баку // Материалы Международной ботанической конференции «Роль ботанических садов в защите окружающей среды», Баку, 2006. С. 202-203.
13. Мелехов И.С. Лесоведение. Москва: МГУЛ, 1999. 398 с.

REFERENCES

1. Stabnikova E.V., Selezneva M.V., Dulgerov A.N., Ivanov V.N. Use of the Lestan biopreparation to clean the soil from petroleum hydrocarbons. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology]. 1996, vol. 32, no. 2, pp. 219-223. (In Russian)
2. Sidorov D.G. et al. Microbiological destruction of fuel oil in the soil when using the biological preparation Devorol. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology]. 1998, vol. 34, no. 3, pp. 281-286. (In Russian)
3. Stom D.I. et al. Transformation of oil in soil by microbiological preparations and earthworms. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 2003, no. 3, pp. 359-361. (In Russian)
4. Klyuyanova M.A. *Razrabotka osnovy biopreparata dlya degradatsii nefti pri zagryaznenii prirodnykh sred* [Development of the basis of a biological product for the degradation of oil in the pollution of natural environments]. Ufa, 2009, 24 p. (In Russian)
5. Fakhrutdinov A.I., Alekhin V.G., Malyshkina L.A. Rezul'taty rekul'tivatsii neftezagryaznennykh territorii s primeneniem bakterial'nogo preparata [Results of the remediation of oil-polluted territories using a bacterial preparation]. *Sbornik tezisov dokladov vtoroi okruzhnoi konferentsii molodykh*

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Чинара З. Багирова собрала материал, провела исследования. Самира И. Наджафова проанализировала данные, написала рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

- uchenykh KhMAO «Nauka i obrazovanie XXI veka»*, Surgut, 2001 [Compilation abstracts of the second district conf. they say scientists of the Khanty-Mansiysk A.O. "Science and education of the XXI century", Surgut, 2001]. Surgut, 2001, pp. 55-56. (In Russian)
6. Kasimov M.S. *Voprosy rekreatsionnogo obespecheniya naseleniya Bakinskoi gorodskoi aglomeratsii* [Issues of recreational provision of the population of the Baku city agglomeration]. Baku, Elm Publ., 1996, 270 p. (In Russian)
7. GOST 26213-91 Soils. Methods for the determination of organic matter. Instead of GOST 26213-84; Introduction 01.01.87. 13 p. (In Russian)
8. Netrusov A.I., ed. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on Microbiology]. Moscow, Akademiya Publ., 2005, 608 p. (In Russian)
9. Khaziev F.Kh. *Metody pochvennoi enzimologii* [Methods of soil enzymology]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 252 p. (In Russian)
10. Ismailov N.M. *Prakticheskaya ekotekhnologiya* [Practical environmental technology]. Baku, Elm Publ., 2009, 572 p. (In Russian)
11. *Sostoyanie zelenykh nasazhdenii v Moskve. Analiticheskii doklad. Po dannym monitoringa 2002 g.* [The state of green spaces in Moscow. Analytical report. According to the 2002 monitoring data]. Moscow, «Prima-M» Publ., 2003, vol. 6, 200 p. (In Russian)
12. Mamedova A.O. Rol' ozeleneniya v zashchite okruzhayushchei sredy Baku [The role of gardening in the protection of the environment of Baku]. *Materialy Mezhdunarodnoi botanicheskoi konferentsii «Rol' botanicheskikh sadov v zashchite okruzhayushchei sredy»*, Baku, 2006 [Proceedings of International Botanical Conference «The role of botanical gardens in the environment», Baku, 2006]. Baku, 2006, pp. 202-203. (In Russian)
13. Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Forestry]. Moscow, MSUF Publ., 1999, 398p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Chinara Z. Bagirova collected material, conducted research. Samira I. Nadjafova analyzed the data, wrote the manuscript and is equally responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Самира И. Наджафова / Samira I. Nadjafova <https://orcid.org/0000-0002-8190-4006>

Чинара З. Багирова / Chinara Z. Bagirova <https://orcid.org/0000-0002-5364-5991>

Оригинальная статья / Original article
УДК 631.454
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101

Экономико-экологическая эффективность адаптивной системы удобрения ярового ячменя

Иван И. Гуреев, Андрей В. Гостев, Людмила Б. Нитченко

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Контактное лицо

Иван И. Гуреев, лаборатория адаптивных агротехнологий и средств их механизации, ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 706.
Тел. +79103103908
Email gureev06@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5995-3322>

Формат цитирования

Гуреев И.И., Гостев А.В., Нитченко Л.Б.
Экономико-экологическая эффективность адаптивной системы удобрения ярового ячменя // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 95-101. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101

Получена 16 апреля 2020 г.
Прошла рецензирование 14 ноября 2020 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Определить экономико-экологическую эффективность системы удобрения ярового ячменя при адаптивном устранении дефицита в элементах питания по данным листовой функциональной диагностики.

Материалы и методы. Проведены трёхлетние испытания в полевом опыте на яровом ячмене. Адаптивный инновационный вариант опыта ориентировали на устранение дефицита в питании растений листовой подкормкой комплексными удобрениями по данным листовой функциональной диагностики, которая учитывала синергию взаимодействия между вносимыми элементами. Инновационный вариант сравнивали по экономико-экологическим показателям с вариантом без удобрений (абсолютный контроль), а также с вариантом, где листовую подкормку проводили без учёта взаимодействия между элементами питания (дополнительный контроль). Потребность культуры в элементах питания определяли посредством портативной лаборатории Аквадонис. Синергию взаимодействия между элементами питания оценивали диагностированием потребности по каждому из них по специально подобранной питательной смеси, позволяющей формализовать модель взаимоувязанного факторного пространства.

Результаты. Установлена высокая эффективность использования комплексных удобрений при выращивании ярового ячменя. Показано, что экономное расходование удобрений достигается адаптивным устранением их дефицита по данным листовой функциональной диагностики, учитывающей синергию взаимодействия между вносимыми элементами.

Заключение. Применение инновации при одинаковом качестве зерна ячменя увеличило годовую экономию совокупных затрат с 1830 до 2571 руб./га в основном за счёт снижения затрат на удобрения. Инновация позволила значительно сократить объёмы используемых удобрений, что наряду с экономическим, обусловило и экологический эффект снижением загрязнения окружающей среды минеральными удобрениями.

Ключевые слова

Минеральное удобрение, яровой ячмень, функциональная диагностика, урожайность, экономико-экологическая эффективность.

Economic and ecological efficiency of adaptive system for fertilising spring barley

Ivan I. Gureev, Andrey V. Gostev and Lyudmila B. Nitchenko

Kursk Federal Agricultural Research Centre, Kursk, Russia

Principal contact

Ivan I. Gureev, Laboratory of Adaptive Agricultural Technologies and Means of Their Mechanisation, Kursk Federal Agricultural Research Centre; 706 Karl Marks St, Kursk, Russia 305021.

Tel. +79103103908

Email gureev06@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5995-3322>

How to cite this article

Gureev I.I., Gostev A.V., Nitchenko L.B. Economic and ecological efficiency of adaptive system for fertilising spring barley. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 95-101. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-95-101

Received 16 April 2020

Revised 14 November 2020

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. To determine the economic and environmental efficiency of a spring barley fertilizer system by adaptively eliminating nutritional deficiencies according to the functional diagnostics of plant leaves.

Materials and Methods. Three-year tests were conducted in a field experiment on spring barley. An adaptive innovative version of the experiment was oriented toward eliminating the deficit in plant nutrition by foliar fertilizing with complex fertilizers according to leaf functional diagnostics, which took into account the synergy of interaction between the applied elements. It was compared in terms of economic and environmental indicators with the option where top dressing on the leaves was carried out without taking into account the interaction between nutrients (additional control), as well as with the option without fertilizers (absolute control). The fertilizer requirement of the crop was determined using an Aquadonis portable laboratory. The synergy of interaction between the nutrients was assessed by diagnosing the need for each of them using a specially selected nutrient mixture, which allows us to formalise a model of interconnected factor space.

Results. The high efficiency of using complex fertilizers in the cultivation of spring barley has been established. It is shown that the economical use of fertilizers is achieved by the adaptive elimination of their deficit according to foliar functional diagnostics, taking into account the synergy of interaction between the applied elements.

Conclusion. The application of innovation with the equal quality of barley grain increased the annual saving of total costs from 1830 to 2571 roubles/ha, mainly due to the reduction of fertilizer costs. The innovation allowed a significant reduction in the amount of fertilizers used, which, together with the economic effect, also led to an environmental effect, i.e. environmental pollution by mineral fertilizers was decreased.

Key Words

Mineral fertilizer, spring barley, functional diagnostics, productivity, economic and environmental efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Продовольственную безопасность страны преимущественно определяет зерновая отрасль, являющаяся источником производства большинства продуктов питания для человека и кормов для животноводства. Потребность в растительном протеине человек удовлетворяет в основном за счёт продуктов из зерна [1]. За последние десятилетия в сельском хозяйстве произошли качественные изменения технологий производства зерна, позволяющие наращивать урожайность культур и способствовать повышению плодородия почвы.

Важное место среди зерновых культур отводится яровому ячменю. Его используют для производства перловой и ячневой крупы, а также муки, которую в количестве 20-25% можно примешивать к ржаной или пшеничной муке. Яровой ячмень используется для откорма животных, он является сырьём для производства спирта и пива. Выращивают его в разных почвенно-климатических зонах России, в том числе в Центрально-Чернозёмном регионе. Наиболее сильное позитивное влияние на экономико-экологические показатели производства ярового ячменя оказали технологии его возделывания, адаптированные к природно-ресурсному потенциалу.

Понятие адаптивности технологии интегральное и распространяется на её составляющие элементы – севооборот, обработку почвы, защиту растений от вредных организмов и др. Одним из определяющих ресурсов технологии является удобрение, без чего невозможна интенсификация производства культуры. Адаптивное использование данного ресурса подразумевает устранение дефицита в элементах питания на протяжении процесса вегетации культуры и оказывает существенное влияние на продуктивность и экологическую безопасность её производства.

Использование удобрения в адаптивном режиме сопряжено с необходимостью систематической диагностики потребности растений в широкой номенклатуре не только макро-, но и микроэлементов минерального питания [2]. Последние являются катализатором ферментных процессов в растениях [3]. Сбалансированное комплексное их внесение в сочетании с макроэлементами увеличивает урожайность культуры и повышает эффективность использования NPK [4]. Применение комплексных удобрений предпочтительно в листовых подкормках в сравнении с внесением их в почву [5]. Любые отклонения от оптимума в питании негативно сказываются на экономико-экологических показателях производства зерна.

Значимым резервом экономии удобрительных ресурсов являются синергетические взаимосвязи между элементами питания в растениях. Единственным известным методом, позволяющим оценить синергию взаимодействия, является листовая функциональная диагностика с использованием лаборатории Аквадонис [6]. Метод основан на свойстве хлоропластов обследуемых растений активизировать фотосинтез при дефиците испытываемого элемента питания и снижать его, если концентрация данного элемента избыточна.

Фотосинтез не только биологическая категория, но и агрономическая. Урожай культур является, прежде всего, результатом продуктивности фитоценоза вследствие его фотосинтетической деятельности. Примерно 95% массы сухого органического вещества урожая создаётся фотосинтезом. Элементы же минерального питания составляют лишь около 5% сухой массы. Но они являются средством оптимизации процессов формирования фотосинтетического аппарата

и его адаптации к вариabельному радиационному режиму и, в конечном счёте, повышению КПД фотосинтетической активной радиации (ФАР).

При этом синергию взаимодействия элементов питания оценивают по методике, когда диагностирование потребности проводят не обособленно по каждому из них, а по специально подобранной питательной смеси, позволяющей формализовать модель взаимоувязанного факторного пространства. В составе смеси должны быть элементы, оказывающие значимое влияние на продуктивность культуры. Затем проектируют матрицу планирования активного эксперимента в виде дробной реплики, в соответствии с ней испытывают неповторяющиеся смеси элементов питания и приступают к нейтрализации избыточных элементов. Для этого строят диаграммы рассеяния полученных в испытаниях данных и корректируют их величиной дефицитных элементов, последовательно стабилизируя избыточные элементы на нулевом уровне. Посредством модели оперативно «по запросу растений» формируют сбалансированные удобрительные смеси и оптимизируют питательную среду [7].

Цель данной работы предусматривала определение экономико-экологической эффективности системы удобрения ярового ячменя при адаптивном устранении дефицита в элементах питания по данным листовой функциональной диагностики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели ФГБНУ «Курский ФАНЦ» совместно с Центрально-Чернозёмной машиноиспытательной станцией (ЦЧ МИС) и ОАО «Буйский химический завод» провели трёхлетние Государственные испытания в опыте на яровом ячмене с сортами Ксанаду и Гонар. Опыт был заложен на полях ЦЧ МИС на чернозёме выщелоченном среднесуглинистом кислотностью $pH_{КС} = 4,7-5,0$ и содержанием гумуса 4,8-5,0%.

Технология возделывания ячменя в опыте включала в себя следующие агроприёмы. После уборки предшественника стерню лущили дисковой бороной. В зависимости от складывающихся погодных условий по годам испытаний, через 1-3 недели выполняли основную обработку почвы дисковой бороной или отвальным плугом. Весной перед посевом культуры проводили предпосевную обработку почвы ранним весенним боронованием зяби сцепкой борон и предпосевной культивацией комбинированным почвообрабатывающим агрегатом.

На момент посева по годам испытаний запас продуктивной влаги в метровом горизонте колебался от 158 до 201 мм, а сумма осадков за вегетационный период – 196-315 мм. Содержание NPK составляло (мг/100 г почвы): азот щелочно-гидролизный – 14,1-17,1; калий (K_2O) – 9,3-14,2; фосфор (P_2O_5) – 6,0-13,2. Масса 1000 штук высеваемых семян 44,6-52,2 г. Норма высева семян 186-200 кг/га, глубина их заделки в почву 4,4-6,1 см.

Под предпосевную культивацию в качестве фона вносили диаммофоску в физическом весе 200 кг/га. В испытаниях применяли отечественные комплексные удобрения, производимые ОАО «Буйский химический завод». Большая часть элементов питания этих удобрений в хелатной форме. Для обработки семян использовали концентрированное микроудобрение Аквамикс СТ, содержащее, %: $N=1,55$; $P_2O_5=5,0$; $K_2O=1,55$; Fe (ДТПА)=1,74; Fe (ЭДТА)=2,1; Mn (ДТПА)=2,57; Zn (ДТПА)=0,53; Cu (ДТПА)=0,53; Ca (ДТПА)=2,57; $B=0,52$; $Mo=0,13$. Листовые подкормки

проводили комплексным удобрением Акварин 15 с элементами питания, %: N=3,0; P₂O₅=11,0; K₂O=38,0; Fe (ДТПА)=0,054; Zn (ЭДТА)=0,014; Cu (ЭДТА)=0,01; Mn (ЭДТА)=0,042; B=0,004; V=0,02, а также смесями элементов питания по составу эквивалентными Акварину 15.

Удобрения для листовых подкормок не конфликтуют с пестицидами, поэтому применяли их в баковой смеси на опрыскивании посевов [8]. В сравниваемых вариантах ориентировались на одинаковые сопутствующие фоновые пестициды. Площадь делянок составляла 0,35 га. Повторность вариантов шестикратная.

Опыт включал в себя четыре варианта: 1 – абсолютный контроль, в нём удобрений на обработке семян и листовых подкормках не применяли; варианты 2...4 – на семена культуры совместно с протравителями наносили Аквамикс СТ (100 г/т) + листовые подкормки вегетирующих растений двукратно – в фазах кущения растений и выхода в трубку.

Вариант 2 традиционного применения на листовых подкормках удобрения Акварин 15 по 2 кг/га в каждую подкормку. Дозировки препаратов устанавливали по рекомендациям производителя.

В адаптивных вариантах 3 (дополнительный контроль) и 4 баковые смеси для листовых подкормок культуры (также двукратных) формировали по данным листовой функциональной диагностики, выполняемой посредством лаборатории Аквадонис, приняв состав диагностируемых элементов питания эквивалентный Акварину 15. Дозировки дефицитных элементов питания для варианта 3 готовили по отзывчивости растений на обособленное испытание каждого из них (метод Плешкова А.С. и Ягодина Б.А.) [9]. В инновационном варианте 4 диагностику проводили, испытывая специально подобранные питательные смеси, позволяющие учитывать синергию взаимодействия между элементами питания в растениях [7].

Оценивали результаты испытаний по ГОСТ Р 53056-2008, согласно которому интегральным показателем экономической эффективности является

годовая экономия совокупных затрат денежных средств. В качестве исходных данных для расчёта экономико-экологических показателей определяли урожайность зерна и его качественные показатели – массу и массу 1000 зёрен (масса отражает наличие примесей в зерне, а масса 1000 зёрен состоит в прямой пропорциональной связи с его крупностью). Влияние удобрений на распределение продуктов фотосинтеза при формировании основного и побочного урожаев определяли относительным содержанием массы зерна в общем объёме биологической урожайности продукции.

В расчётах использовали материалы эксплуатационно-технологической оценки машин, проходивших испытания, и нормативно-справочный материал. Агроприёмы возделывания ячменя по вариантам опыта неизменные, следовательно, состав и стоимость машинотракторного парка, т.е. капитальные вложения для них одинаковые. Цены на используемую технику, горюче-смазочные материалы, удобрения, средства защиты растений, зерно ячменя взяты среднерыночные. Экспериментальные данные получены с учётом методики полевого опыта [10]. Статистическая обработка их проведена с использованием программ Microsoft office EXCEL, STATISTICA.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении научно-исследовательской работы в полевом опыте по изучению экономико-экологической эффективности адаптивной системы удобрения ярового ячменя получены данные, из анализа которых вытекает следующее.

В период развития культуры прохождение фаз (появление всходов, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание) для всех вариантов опыта было примерно одинаковым. Однако динамика накопления сухого вещества в растениях по фазам роста и развития по инновационному варианту 4 протекала интенсивнее, чем по контрольным вариантам 1 и 3 (рис. 1).

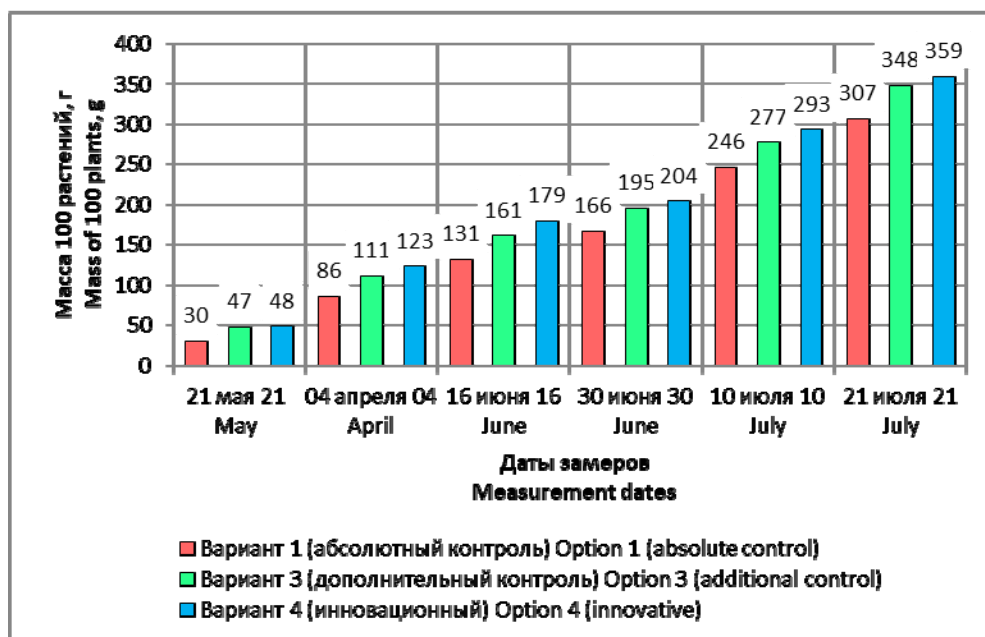


Рисунок 1. Динамика накопления сухого вещества ярового ячменя в опыте

Figure 1. Dynamics of accumulation of dry matter of spring barley in the experiment

Таблица 1. Агроэкономическая эффективность оптимизации питания ярового ячменя
Table 1. Agroeconomic efficiency of spring barley nutrition optimization

Показатели Indicators	Повторности по годам Repeatability by years of testing	Варианты опыта Experience Options			
		1 (абсолютный контроль) 1 (absolute control)	2 (традиционное применение микроудобрений) 2 (traditional application of microfertilizers)	3 (дополнительный контроль) 3 (additional control)	4 (инновационный) 4 (innovative)
Годовая экономия совокупных затрат денежных средств, руб./га Annual savings in total monetary costs, rub/ha	1	-	Обработка семян Аквамикс СТ (100 г/т) + листовая подкормка Аквамикс 15 (2 раза по 2 кг/га) Seed treatment Aquamix ST (100 g/t) + foliar application Aquamix 15 (2 times 2 kg/ha)	Обработка семян Аквамикс СТ (100 г/т) + листовая подкормка по данным листовой функциональной диагностики обобленным испытанием элементов питания Аквамикс ST seed treatment (100 g/t) + foliar application according to leaf functional diagnostics by a separate testing of nutritional elements	Обработка семян Аквамикс СТ (100 г/т) + листовая подкормка по данным листовой функциональной диагностики испытанием специально подобранных смесей элементов питания Aquamix ST seed treatment (100 g/t) + foliar application according to leaf functional diagnostics by testing specially selected mixtures of nutritional elements
	2	-	1106	2303	2395
	3	-	1186	334	2269
	Среднее Average	-	1107	2854	3050
Урожайность зерна, т/га Grain productivity, t/ha	1	2,76	3,16	3,42	3,34
	2	2,36	2,69	2,81	2,87
	3	4,09	4,52	4,91	5,0
	Среднее Average, НСР ₀₅ =0,14	3,07	3,46	3,71	3,74
Полевая всхожесть семян, % Field germination of seeds, %	1	90,6	92,0	92,0	92,0
	2	90,3	92,8	92,8	92,8
	3	91,0	92,7	92,7	92,7
	Среднее Average, НСР ₀₅ =0,30	90,6	92,5	92,5	92,5
Натура зерна, г/л Grain nature, g/l	1	647	658	655	656
	2	632	636	638	638
	3	630	633	636	638
	Среднее Average, НСР ₀₅ =3,55	636	642	643	644
Масса 1000 зёрен, г Weight 1000 grains, g	1	44,7	44,9	45,1	45,0
	2	45,3	46,8	47,8	47,8
	3	44,3	45,1	45,8	46,0
	Среднее Average, НСР ₀₅ =0,57	44,8	45,6	46,2	46,3
Содержание зерновой части в биологической урожайности, % Content of grain component in biological productivity, %	1	38,8	40,5	42,2	42,2
	2	42,8	43,5	43,5	43,5
	3	45,9	46,8	48,1	48,1
	Среднее Average	42,5	43,6	44,6	44,6

Превышение динамики накопления сухого вещества над вариантом 1 на начальном этапе развития растений составило 60% и к концу вегетации плавно уменьшилось до 17%. Это свидетельствует о том, что полноценное качественное питание наиболее эффективно на начальной стадии развития растений.

По динамике нарастания сухого вещества вариант 4 также опережал и вариант 3. Но в данном случае на начальном этапе развития растений опережение составило лишь 2%, увеличившись до 11% к середине вегетации, и затем постепенно снизилось до 3%. Следует предположить, что синергетические взаимосвязи элементов питания более действенны при увеличивающихся объемах потребления удобрений растениями. Как известно, в начале и по завершении вегетации культуры потребление удобрений относительно невысокое.

Сравнительные показатели экономико-экологической эффективности вариантов опыта представлены в таблице 1, из которой следует, что в целом с применением удобрений на обработке семян и листовых подкормках культуры по вариантам получена прибавка урожайности зерна до 22%, годовая экономия совокупных затрат возросла до 2571 руб./га.

Предпосевная обработка семян удобрениями способствовала повышению на 1,9% их полевой всхожести. С использованием удобрений созданы лучшие условия для работы хлоропластов, так как перераспределение продуктов фотосинтеза оказалось в среднем на 1,1-2,1% больше ориентировано в сторону зерновой части урожая.

Позитивное влияние удобрений сказалось и на качестве зерна: возросли его натура (с 636 до 644 г/л) и масса 1000 зёрен (с 44,8 до 46,3 г).

Особенностью варианта 2 является применение удобрений на обработке семян и листовых подкормках в номенклатуре и дозировках, декларируемых производителем независимо от складывающихся почвенно-погодных условий – без диагностических процедур. Вследствие такого использования препаратов годовая экономия совокупных затрат составила 1133 руб./га. Полевая всхожесть семян возросла с 90,6 до 92,5%. Улучшилось качество зерна – натура увеличилась с 636 до 642 г/л, а масса 1000 зёрен – с 44,8 до 45,6 г. Содержание зерновой части в биологической урожайности культуры поднялось с 42,5 до 43,6%.

В адаптированном к почвенно-погодным условиям варианте 3, где в результате функциональной диагностики обособленным испытанием элементов питания определена их номенклатура и дозировки, относительно варианта 2 произошли дальнейшие позитивные изменения экономических показателей. Возросли урожайность с 3,46 до 3,71 т/га (на 7%), годовая экономия совокупных затрат – в 1,6 раза (с 1133 до 1830 руб./га). Полевая всхожесть семян осталась на уровне варианта 2 и далее в варианте 4 не изменялась, так как листовые подкормки не могли оказать влияние на данный показатель. Значимого изменения натуры зерна не произошло, а масса 1000 зёрен повысилась с 45,6 до 46,2 г. Зерновая часть в биологической урожайности достигла 44,6%.

Углубленная адаптация системы удобрения ячменя по инновационному варианту 4 позволила увеличить годовую экономию совокупных затрат до максимального значения в опыте – 2571 руб./га при неизменной зерновой части в биологической урожайности – 44,6%.

Структуру полученных экономико-экологических показателей удобно проследить по вариантам 3-4, где качественные показатели зерна (натура и масса 1000 зёрен) примерно одинаковы. Разница годовой экономии совокупных затрат величиной 741 руб./га в пользу варианта 4 обусловлена прибавкой урожайности культуры и снижением расхода удобрения. Но по урожайности вариант 4 незначимо превышает вариант 3. Поэтому эффективность инновационного варианта 4 носит не только экономический, но и экологический характер, так как получена вследствие экономии минерального удобрения, одновременно снизив загрязнение окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационная адаптивная листовая функциональная диагностика, учитывающая синергию взаимодействия между элементами питания в растениях, способствовала эффективному перераспределению продуктов фотосинтеза на формирование основного урожая, позволила минимизировать применение удобрений при выращивании ярового ячменя и увеличить годовую экономию совокупных затрат с 1830 до 2571 руб./га. При оптимизации состава питательных смесей на основе инновации реализована способность растений самостоятельно адаптироваться к условиям вегетации. Результатом этого явилась существенная экономия используемых удобрений и, как следствие, позитивные экологические последствия.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № 0632–2019–0015.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out within the framework of the state task for FSBSI Kursk Federal Agricultural Research Center on theme No. 0632–2019–0015.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование). Под общей редакцией Д. Шпаара. Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008. 656 с.
2. Хорошкин А.Б. Способы повышения эффективности минерального питания сельскохозяйственных культур. Ростов-на-Дону, 2011. 67 с.
3. Monreal C.M., Derosa M., Mallubhotla S.C., Bindraban P.S., Dimkpa C. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients // *Biology and Fertility of Soils*. 2016. V. 52. N 3. P. 423-437. DOI: 10.1007/s00374-015-1073-5
4. Ding W., Xu X., He P., Ullah S., Zhang J., Cui Z., Zhou W. Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: a meta-analysis // *Field Crops Research*. 2018. V. 227. P. 11-18. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.08.001
5. Cakmak I., Yazici A., Tutus Y., Ozturk L., Prom-u-thai C., Phuphong P., Guilherme L.R.G., Dinali G.S., Rashid A., Hora K.H., Savasli E., Kalayci M., Rizwan M., Martins F.A.D., Dinali G.S., Ozturk L. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy // *Plant and Soil*. 2017. V. 418. N 1-2. P. 319-335. DOI: 10.1007/s11104-017-3295-9

6. Гуреев И.И. Перспективы функциональной диагностики потребности растений в питательных веществах // АПК Юга России: состояние и перспективы: Сб. докл. Региональной науч.-практ. конф. Майкоп: Магарин О.Г., 2014. С. 44-47.
7. Gureev I.I. A method for diagnosing the needs of plants in mineral nutrients. Patent RF, no 2541310, 2015.
8. Ram H., Bal R.S., Malik S.S., Sohu V.S., Rashid A., Zhang W., Zou C.Q., Duarte A.P., Freitas R., Phattarakul N., Rerkasem B., Simunji S., Kalayci M., Savasli E., Mahmood K., Lungu O., Wang Z.H., de Barros V.L.N.P., Arisoy R.Z., Guo J.X., Sohu V.S., Zou C.Q., Cakmak I. Biofortification of wheat, rice and common bean by applying foliar zinc fertilizer along with pesticides in seven countries // *Plant and Soil*. 2016. V. 403. N 1-2. P. 389-401. DOI: 10.1007/s11104-016-2815-3
9. Pleshkov A.S., Jagodin B.A. The method of providing plants with mineral elements. Certificate of authorship USSR, no 952168, 1982.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

REFERENCES

1. Shpaar D., ed. *Zernovye kul'tury (Vyrashchivanie, uborka, dorabotka i ispol'zovanie)* [Crops growing (Cultivation, harvesting, cultivation and use)]. Moscow, DLV AGRODELO LLC Publ., 2008, 656 p. (In Russian)
2. Khoroshkin A.B. *Sposoby povysheniya effektivnosti mineral'nogo pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Ways to increase the efficiency of mineral nutrition of crops]. Rostov-on-Don, 2011, 67 p. (In Russian)
3. Monreal C.M., Derosa M., Mallubhotla S.C., Bindraban P.S., Dimkpa C. Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients. *Biology and Fertility of Soils*, 2016, vol. 52, no. 3, pp. 423-437. DOI: 10.1007/s00374-015-1073-5

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Иван И. Гуреев разработал теорию функциональной диагностики с учётом синергии взаимодействия между элементами питания, обосновал схему опыта и осуществил научное руководство его проведением. Андрей В. Гостев провёл экономико-экологическую оценку результатов исследований. Людмила Б. Нитченко выполнила обработку полевых экспериментальных данных. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

4. Ding W., Xu X., He P., Ullah S., Zhang J., Cui Z., Zhou W. Improving yield and nitrogen use efficiency through alternative fertilization options for rice in China: a meta-analysis. *Field Crops Research*, 2018, vol. 227, pp. 11-18. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.08.001
5. Cakmak I., Yazici A., Tutus Y., Ozturk L., Prom-u-thai C., Phuphong P., Guilherme L.R.G., Dinali G.S., Rashid A., Hora K.H., Savasli E., Kalayci M., Rizwan M., Martins F.A.D., Dinali G.S., Ozturk L. Iodine biofortification of wheat, rice and maize through fertilizer strategy. *Plant and Soil*, 2017, vol. 418, no. 1-2, pp. 319-335. DOI: 10.1007/s11104-017-3295-9
6. Gureev I.I. [Prospects for functional diagnostics of plant needs for nutrients]. In: *APK Yuga Rossii: sostoyanie i perspektivy* [Agroindustrial complex of the South of Russia: state and prospects]. Maykop, 2014, pp. 44-47 (In Russian)
7. Gureev I.I. A method for diagnosing the needs of plants in mineral nutrients. Patent RF, no 2541310, 2015.
8. Ram H., Bal R.S., Malik S.S., Sohu V.S., Rashid A., Zhang W., Zou C.Q., Duarte A.P., Freitas R., Phattarakul N., Rerkasem B., Simunji S., Kalayci M., Savasli E., Mahmood K., Lungu O., Wang Z.H., de Barros V.L.N.P., Arisoy R.Z., Guo J.X., Sohu V.S., Zou C.Q., Cakmak I. Biofortification of wheat, rice and common bean by applying foliar zinc fertilizer along with pesticides in seven countries. *Plant and Soil*, 2016, vol. 403, no. 1-2, pp. 389-401. DOI: 10.1007/s11104-016-2815-3
9. Pleshkov A.S., Jagodin B.A. The method of providing plants with mineral elements. Certificate of authorship USSR, no. 952168, 1982.
10. Dospekhov B.A. *Metodika opytnogo dela (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Methods of the Field Experiment (with the fundamentals of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ivan I. Gureev developed the theory of functional diagnostics, taking into account the synergy of interaction between nutrients, substantiated the experimental scheme and carried out the scientific management of its implementation. Andrey V. Gostev conducted an economic and environmental assessment of the research results. Lyudmila B. Nitchenko performed the processing of field experimental data. 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

Иван И. Гуреев / Ivan I. Gureev <https://orcid.org/0000-0001-5995-3322>
 Андрей В. Гостев / Andrey V. Gostev <https://orcid.org/0000-0001-7043-1525>
 Людмила Б. Нитченко / Lyudmila B. Nitchenko <https://orcid.org/0000-0002-8744-6130>

Оригинальная статья / Original article
УДК 631.41:631.51.01
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-102-107

Содержание микроэлементов в почве в зависимости от способа основной обработки чернозема типичного

Дмитрий В. Дубовик, Елена В. Дубовик, Александр В. Шумаков, Борис С. Ильин

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр», Курск, Россия

Контактное лицо

Дмитрий В. Дубовик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр» (ФГБНУ «Курский ФАНЦ»); 305021 Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б.
Тел. +79611670293
Email dubovikdm@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

Формат цитирования

Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В., Ильин Б.С. Содержание микроэлементов в почве в зависимости от способа основной обработки чернозема типичного // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 102-107. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-102-107

Получена 13 апреля 2020 г.
Прошла рецензирование 14 декабря 2020 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель – определение уровня содержания микроэлементов в черноземе типичном при использовании различных систем основной обработки почвы.

Материал и методы. Использованы системный, химический, сравнительно-аналитический, полевой, лабораторный и статистический методы исследования, а также программные пакеты Microsoft Excel, Statistica. Изучены следующие варианты основной обработки почвы – вспашка с оборотом пласта (20-22 см); комбинированная обработка (дискование+чизель) (20-22 см); поверхностная обработка (дискование) (8-10 см); без обработки (прямой посев) – No-till, по уровню их влияния на изменение содержания в почве подвижных форм Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Pb, Cd.

Результаты. Установлены особенности изменения содержания подвижных форм микроэлементов при использовании различных способов основной обработки почвы, применяемых систематически. Выявлена дифференциация содержания микроэлементов в почве по глубине обрабатываемого слоя, особенно в вариантах с крайне противоположными системами основной обработки почвы – вспашкой и прямым посевом (No-till). При вспашке аккумуляция Zn, Mn, Co, Ni, Pb происходит в слое почвы 10-20 см. При прямом посеве накопление микроэлементов наблюдается в слое 0-10 см.

Выводы. Изучаемые способы основной обработки почвы не способствовали накоплению в них микроэлементов в дозах превышающих ПДК и не приводили к загрязнению почвы. Выявленные особенности накопления и распределения микроэлементов в зависимости от используемого способа основной обработки почвы дают возможность регулирования их количества с целью повышения уровня содержания биогенных элементов, для улучшения питания сельскохозяйственных культур, и контроля тяжелых металлов для предотвращения загрязнения почвы и растений.

Ключевые слова

Микроэлементы, чернозем типичный, вспашка, комбинированная обработка, поверхностная обработка, без обработки почвы.

Content of trace elements in the soil of typical chernozem depending on methods of primary tillage

Dmitriy V. Dubovik, Elena V. Dubovik, Alexander V. Shumakov and Boris S. Ilyin

Federal Agricultural Kursk Research Centre, Kursk, Russia

Principal contact

Dmitriy V. Dubovik, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Federal Agricultural Kursk Research Centre; 70b Karl Marx St, Kursk, Russia 305021. Tel. +79611670293

Email dubovikdm@yandex.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>

How to cite this article

Dubovik D.V., Dubovik E.V., Shumakov A.V., Ilyin B.S. Content of trace elements in the soil of typical chernozem depending on methods of primary tillage. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 102-107. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-102-107

Received 13 April 2020

Revised 14 December 2020

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. To determine the level of trace elements in typical chernozem when using different systems of primary tillage.

Materials and Methods. In the study systemic, chemical, comparative-analytical, field, laboratory and statistical methods were used and software packages Microsoft Excel and Statistica software packages. The following methods of primary tillage: moldboard plowing 20-22 cm deep, combined tillage (disking+chisel) 20-22 cm, surface tillage (disking) 8-10 cm and without tillage (direct seeding) – No-till were studied for the level of their impact on the change in the content in the soil of the mobile forms of Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Pb and Cd.

Results. Specific features of changes in the content of the mobile forms of trace elements when systematically using different systems of primary tillage were determined. Differentiation of the content of trace elements in the soil according to the depth of the treated soil layer was identified, especially in the variants with extremely opposite systems of primary tillage, i.e. plowing and No-till. When plowing is used the accumulation of Zn, Mn, Co, Ni, Pb occurs in the 10-20 cm soil layer. When No-till is used the accumulation of trace elements is observed in the 0-10 layer.

Conclusion. Methods of tillage under study did not contribute to the accumulation of trace elements in the soil in doses exceeding MAC and did not result in soil contamination. The peculiarities identified of the accumulation and distribution of trace elements depending on the method of primary tillage used give the opportunity to regulate their amount in order to raise the level of nutrient content, to improve the nutrition of crops and to control heavy metals to prevent contamination of soil and plants.

Key Words

Trace elements, typical chernozem, plowing, combined tillage, surface tillage, No-till.

ВВЕДЕНИЕ

В современных агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур на основную обработку почвы приходится значительная часть затрат. Сельхозтоваропроизводители стремясь сократить производственные затраты стараются перейти на системы, предусматривающие минимизацию обработки почвы. В связи с этим системы основной обработки почв претерпели значительную эволюцию, направленную на сокращение глубины обработки, вплоть до полного отказа от обработки почвы - No-till [1]. Споры о преимуществах и недостатках технологии No-till или прямого посева в России ведутся достаточно давно [2; 3]. С одной стороны, систематический прямой посев, при полном отказе от какой-либо обработки почвы предотвращает развитие эрозионных процессов, способствует сохранению органического вещества почвы, улучшает микробиологическое состояние почвы, снижает эмиссию CO₂ в атмосферу [4-6]. С другой стороны, отмечается уплотнение почвы, увеличивается пестицидная нагрузка за счет увеличения количества сорных растений и вредителей, возникают проблемы внесения минеральных, органических удобрений и мелиорантов [7-9]. Одним из аспектов применения технологии No-till может являться уровень содержания микроэлементов в почве при ее постоянном использовании. К сожалению, исследований по изменению содержания микроэлементов в почве в зависимости от используемых способов основной обработки почвы немного [10-12]. Поскольку от уровня содержания микроэлементов в почве в значительной мере зависит и их содержание в сельскохозяйственной продукции, этот вопрос представляется довольно актуальным.

Цель исследований определить уровень содержания микроэлементов в черноземе типичном при использовании различных систем основной обработки почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» по изучению эффективности способов основной обработки почвы (начат в 2015 г.), в четырехпольном зерновом севообороте. Опыт расположен в Курской области, Курский район, п. Черемушки.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 вариант – вспашка с оборотом пласта (20-22 см); 2 вариант – комбинированная обработка (дискование + чизель) (20-22 см); 3 вариант – поверхностная обработка (дискование) (8-10 см); 4 вариант – без обработки (прямой посев) – No-till. Способы обработки почвы применялись систематически для каждого варианта.

Варианты в полевом опыте размещались систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100). В севообороте было следующее чередование культур: горохо-овсяная смесь – озимая пшеница – кукуруза – ячмень. Отбор образцов проводился после уборки озимой пшеницы.

Почва опытного участка – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Среднее содержание гумуса в пахотном слое составляет 5,40-5,51%, подвижного фосфора (по Чирикову) – 15,7-19,3 мг/100 г, обменного калия (по Чирикову) – 10,8-11,7 мг/100

почвы. Реакция почвенной среды слабо кислая (рН 5,3-5,6).

Содержание подвижных соединений микроэлементов (Cu, Zn, Mn, Co, Ni, Pb, Cd) определяли в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) рН 4,8, соотношение почва – раствор 1:10 [13]. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30.

Методологической основой являлись концепции внутренней неоднородности и эволюционного развития почвенного покрова под воздействием естественных и антропогенных факторов. В работе использованы системный, химический, сравнительно-аналитический, полевой, лабораторный и статистический методы исследования. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel, Statistica.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Понятие микроэлементы не имеет строгого определения. Оно применяется как к химическим элементам, распространенность которых в земной коре составляет менее 0,1%, так и к тем, что присутствуют в живом веществе в очень малых количествах. С точки зрения экологии более распространен термин тяжелые металлы. Многие элементы, такие как медь, цинк, марганец, кобальт, участвуя в биологических процессах в определенных количествах, являются необходимыми для жизнедеятельности растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, при определенной концентрации, становясь токсичными для живых организмов, могут оказывать вредное воздействие на живые объекты [14].

В связи с этим в работе изучаемые элементы были разделены на биогенные микроэлементы - медь, цинк, марганец, кобальт и токсичные элементы – никель, свинец, кадмий. Для первой группы, помимо их предельно допустимой концентрации (ПДК) рассматривался уровень обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов. Для второй группы – ПДК.

В результате исследований установлено, что содержание подвижной меди в почве в зависимости от способа основной обработки почвы существенно не различалось (табл. 1). При этом можно отметить, что при использовании поверхностной обработки и системы No-till, в слое почвы 0-10 см количество подвижной меди было выше, чем в слое 10-20 см. При глубокой обработке дифференциации между почвенными слоями не наблюдается. В целом содержание подвижной меди в почве характеризуется как низкое [13].

Такая особенность распределения меди, очевидно, связана с изменением содержания гумуса в почве при различных способах основной обработки, а также уровнем кислотности почвы (табл. 2). Как известно, медь легко связывается органическим веществом почвы, образуя растворимые или нерастворимые комплексы и способность к растворимости, зависит от состава органического вещества. Кроме того, подвижность меди увеличивается при подкислении почвенного раствора [14]. Это подтверждается наличием положительной корреляционной связи между содержанием меди и гумуса в почве, и отрицательной связи между содержанием меди и величиной рН, а также обменным кальцием (табл. 3).

Таблица 1. Содержание в почве микроэлементов в зависимости от способа основной обработки почвы**Table 1.** Content of trace elements in the soil depending on primary tillage methods

Способ обработки почвы Tillage method	Слой почвы, см Soil layer, cm	Содержание микроэлементов, мг/кг Content of trace elements, mg/kg						
		Cu	Zn	Mn	Co	Ni	Pb	Cd
Вспашка Plowing	0-10	0,07	1,9	16,2	0,23	1,41	1,39	0,20
	10-20	0,08	2,5	18,7	0,44	1,57	1,48	0,21
Комбинированная Combined tillage	0-10	0,03	2,1	18,5	0,29	1,27	1,51	0,18
	10-20	0,03	2,0	12,5	0,21	1,14	1,35	0,19
Поверхностная Surface tillage	0-10	0,06	1,6	18,6	0,32	1,21	1,71	0,15
	10-20	0,02	1,5	13,7	0,31	1,20	1,09	0,14
Без обработки No-till	0-10	0,08	1,4	16,7	0,29	1,03	1,45	0,16
	10-20	0,06	1,0	13,0	0,26	0,89	1,26	0,10
НСР₀₅ LSD₀₅	обработка tillage	0,05	0,8	4,0	0,15	0,31	0,66	0,07
	слой layer	0,03	0,4	3,1	0,21	0,22	0,46	0,05
ПДК / MAC		3,00	23,0	80,0	5,00	4,00	6,00	1,00

Таблица 2. Показатели почвенного плодородия в зависимости от способа основной обработки почвы**Table 2.** Indexes of soil fertility depending on primary tillage methods

Способ обработки почвы Tillage method	Слой почвы, см Soil layer, cm	Гумус, % Humus, %	pH _{KCl}	Ca ²⁺ , мг-экв/100 г Ca ²⁺ , me/100 g
Вспашка Plowing	0-10	5,38	5,8	22,2
	10-20	5,54	5,3	21,8
Комбинированная Combined tillage	0-10	5,60	5,7	22,2
	10-20	5,21	5,5	22,7
Поверхностная Surface tillage	0-10	5,67	5,5	22,7
	10-20	5,35	5,3	23,1
Без обработки No-till	0-10	5,58	5,2	21,8
	10-20	5,34	5,3	22,7

В среднем обеспеченность почвы подвижным цинком при использовании глубоких способов основной обработки почвы (вспашка и комбинированная) оценивается как средняя, тогда как при поверхностной обработке и прямом посеве – как низкая. При этом наблюдается дифференциация по пахотному слою, особенно в крайних вариантах – вспашке и прямом посеве (табл. 1). На вспашке в слое 10-20 см содержание подвижного цинка выше в 2,5 раза, чем на

No-till, и в 1,6 раза, чем при поверхностной обработке. В целом при использовании прямого посева содержание подвижного цинка в почве было наименьшим. Это может быть связано с более кислой pH на варианте No-till. Доступность цинка растениям может повышаться при низких значениях pH за счет кислотного выщелачивания, что приводит к усиленному выносу его из почвы.

Таблица 3. Корреляционные связи между содержанием в почве микроэлементов и показателями почвенного плодородия**Table 3.** Correlational relations between the content of trace elements and soil fertility indexes

Микроэлементы Trace elements	Гумус Humus	pH _{KCl}	Ca ²⁺
Cu	0,40	-0,21	-0,72
Zn	0,38	0,15	-0,46
Mn	0,22	0,91	-0,62
Co	-0,42	0,56	-0,38
Ni	0,39	0,24	-0,41
Pb	0,29	0,76	-0,46
Cd	0,45	0,09	-0,57

Обеспеченность почвы подвижным марганцем по всем изучаемым способам основной обработки почвы была средняя. При этом разница в содержании марганца в слое почвы 0-10 см между различными способами основной обработки была незначительная и варьировала от 0,5 до 2,4 мг/кг (табл. 1). В слое почвы

10-20 см при отвальной вспашке содержание подвижного марганца было существенно выше на 5,0-6,2 мг/кг по сравнению с другими изучаемыми способами обработки. Это связано с заделкой верхнего слоя почвы, содержащего пожнивно-корневые остатки и распределением их по всему пахотному слою, тогда

как при других способах обработки почвы основная масса растительных остатков распределена в верхнем слое. Также, усиление окислительных условий в слое почвы 10-20 см, при поверхностных обработках, способствует снижению подвижности марганца.

По уровню обеспеченности подвижным кобальтом почва характеризуется как средняя. Между способами основной обработки почвы существенных различий по содержанию кобальта не выявлено (табл. 1). На вспашке отмечается увеличение в 1,9 раза содержания кобальта в слое 10-20 см по сравнению с верхним слоем 0-10 см. При использовании остальных изучаемых способов обработки почвы отмечается тенденция к снижению количества кобальта в нижнем слое почвы. Такой характер распределения кобальта в почве может быть связан с содержанием марганца, так как известно, что оксиды марганца обладают высокой избирательной способностью к адсорбции кобальта. Это подтверждается заметной корреляционной связью между содержанием марганца и кобальта в изучаемой почве – $r=0,62$.

Для рассмотренных выше биогенных элементов уровень их содержания в почве был значительно ниже их ПДК.

Такие металлы как никель, свинец и кадмий традиционно принято относить к группе поллютантов – тяжелых металлов.

Изменение содержания подвижного никеля в почве в зависимости от способа основной обработки имело следующие закономерности. Наиболее высокое содержание никеля в среднем в пахотном слое отмечается при вспашке – 1,49 мг/кг. Наименьшее количество никеля было при прямом посеве – 0,96 мг/кг. Имеется тенденция к аккумуляции никеля в верхнем слое 0-10 см при минимизации обработки почвы и в слое 10-20 см при отвальной обработке. Очевидно, такой характер распределения никеля в почве связан с содержанием органического вещества в почве, поскольку в верхних горизонтах никель главным образом представлен органически связанными легкорастворимыми хелатными формами. Отмечается умеренная корреляционная связь между содержанием в почве никеля и гумуса (табл. 3).

Содержание подвижного свинца существенно не изменялось от способа основной обработки почвы (табл. 1). В среднем его содержание в почве колебалось от 1,09 до 1,71 мг/кг. Закономерности распределения в почве свинца повторяли характер распределения других элементов, особенно марганца – $r=0,79$. Это объясняется большой склонностью оксидов марганца к сорбции свинца.

Количество подвижного кадмия в почве в зависимости от способа основной обработки значительно не изменялось. Но можно отметить, что при использовании прямого посева его содержание было наименьшим – 0,10-0,16 мг/кг (табл. 1). При использовании в качестве способа основной обработки вспашки имеется тенденция к повышению содержания подвижного кадмия в почве до 0,20-0,21 мг/кг.

Необходимо отметить, что содержание в почве никеля, свинца и кадмия было значительно ниже уровня ПДК.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенных исследований можно отметить, что изучаемые способы основной обработки почвы не способствовали накоплению в них микроэлементов в дозах

превышающих ПДК и не приводили к загрязнению почвы.

Наблюдается дифференциация содержания микроэлементов в почве по глубине обрабатываемого слоя, особенно в вариантах с крайне противоположными системами основной обработки почвы – вспашкой и прямым посевом (No-till). При вспашке аккумуляция цинка, марганца, кобальта, никеля, свинца происходит в слое почвы 10-20 см. При прямом посеве накопление микроэлементов наблюдается в слое 0-10 см.

По содержанию подвижной меди почвы относятся к низко обеспеченным, подвижными марганцем и кобальтом к средне обеспеченным при всех рассмотренных способах основной обработки. Применение вспашки способствовало повышению уровня обеспеченности почв цинком до среднего, по остальным способам обработки обеспеченность цинком характеризуется как низкая.

Выявленные особенности накопления и распределения микроэлементов в зависимости от используемого способа основной обработки почвы дают возможность регулирования их количества с целью повышения уровня содержания биогенных элементов, для улучшения питания сельскохозяйственных культур, и контроля тяжелых металлов для предотвращения загрязнения почвы и растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. 2019. N 3. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301
2. Дридигер В.К. О методике исследований технологии No-till // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. N 4. С. 30-32.
3. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации // Земледелие. 2017. N 2. С. 10-13.
4. Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.A. Nitrogen in Chernozems under Traditional and Direct Seeding Cropping Systems: A Review // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. N 12. P. 1497-1506. DOI: 10.1134/S1064229318120141
5. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V. Transformation of soil organic matter in leached chernozems under minimized treatment in the forest-steppe of West Siberia // Eurasian Soil Science. 2016. V. 49. N 7. P. 824-830. DOI: 10.1134/S1064229316070097
6. Soane B., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment // Soil and Tillage Research. 2012. V. 118. P. 66-87. DOI: 10.1016/j.still.2011.10.015
7. Вольтерс И.А., Власова О.И., Трубочева Л.В., Передериева В.М., Дорошко Г.Р. Влияние традиционной технологии возделывания и прямого посева полевых культур на агрофизические факторы почвенного плодородия чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения // Агрофизика. 2018. N 4. С. 24-30. DOI: 10.25695/AGRPH.2018.04.04
8. Trofimova T.A., Korzhov S.I., Gulevskii V.A., Obratsov V.N. Assessing the Degree of Physical Degradation and Suitability of Chernozems for the Minimization of Basic

- Tillage // *Eurasian Soil Science*. 2018. V. 51. N 9. P. 1080-1085. DOI: 10.1134/S1064229318090120
9. Хасанова Г.Р., Сафин Х.М., Ямалов С.М. Оценка уровня засоренности агрофитоценозов при системе нулевой обработки почв (No-till) // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. N 11. С. 26-30.
10. Смуров С.И., Григоров О.В., Шелухина Н.В. Влияние способов основной обработки почвы на содержание тяжелых металлов в почве // *Земледелие*. 2014. N 8. С. 16-17.
11. Смуров С.И., Агафонов Г.С., Григоров О.В., Шелухина Н.В. Влияние способов основной обработки почвы на содержание микроэлементов // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. N 5. С. 5-7.
12. Чуркина Г.Н. Экологическая оценка ноу-тилл технологии в Северном Казахстане // *Владимирский земледелец*. 2016. N 2. С. 13-17.
13. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 689 с.
14. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. 548 p.

REFERENCES

1. Kiryushin V.I. Actual problems and contradictions of the agriculture development. *Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 3-7. (In Russian) DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301
2. Dridiger V.K. About methods of research of No-till technology. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2016, vol. 30, no. 4, pp. 30-32. (In Russian)
3. Cherkasov G.N., Pykhtin I.G., Gostev A.V. Areal of application of zero and surface tillage in the cultivation of cereal crops in the European part of the Russian Federation. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2017, no. 2, pp. 10-13. (In Russian)
4. Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.A. Nitrogen in Chernozems under Traditional and Direct Seeding Cropping Systems: A Review. *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 12, pp. 1497-1506. DOI: 10.1134/S1064229318120141
5. Sharkov I.N., Samokhvalova L.M., Mishina P.V. Transformation of soil organic matter in leached chernozems under minimized treatment in the forest-

- steppe of West Siberia. *Eurasian Soil Science*, 2016, vol. 49, no. 7, pp. 824-830. DOI: 10.1134/S1064229316070097
6. Soane B., Ball B., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 2012, vol. 118, pp. 66-87. DOI: 10.1016/j.still.2011.10.015
7. Walters I.A., Vlasova O.I., Trubacheva L.V., Perederieva V.M., Dorozhko G.R. Impact of crop management on agrophysical factors of soil fertility of ordinary chernozem in unstable moistening zone. *Agrophysics*, 2018, no. 4, pp. 24-30. (In Russian) DOI: 10.25695/AGRPH.2018.04.04
8. Trofimova T.A., Korzhov S.I., Gulevskii V.A., Obraztsov V.N. Assessing the Degree of Physical Degradation and Suitability of Chernozems for the Minimization of Basic Tillage. *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 9, pp. 1080-1085. DOI: 10.1134/S1064229318090120
9. Khasanova G.R., Safin Kh.M., Yamalov S.M. Estimation of infestation level of agrophytocenosis at the zero system of tillage (No-till). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2017, vol. 31, no. 11, pp. 26-30. (In Russian)
10. Smurov S.I., Grigorov O.V., Shelukhina N.V. Influence of the basic soil cultivation on contents of heavy metals in soil. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2014, no. 8, pp. 16-17. (In Russian)
11. Smurov S.I., Agafonov G.S., Grigorov O.V., Shelukhina N.V. The influence of the main ways of tillage on content of microelements. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2014, no. 5, pp. 5-7. (In Russian)
12. Churkina G.N. Ecological assessment of No-till technology in Northern Kazakhstan. *Vladimirskiy zemledelets* [Vladimir agriculturalist]. 2016, no. 2, pp. 13-17. (In Russian)
13. Mineev V.G., Sychev V.G., Amelyanchik O.A. et al. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Kolos Publ., 2001, 689 p. (In Russian)
14. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2010, 548 p.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Дмитрий В. Дубовик разработка концепции исследования, редакция рукописи; Елена В. Дубовик анализ и обработка полученных данных, анализ литературы; Александр В. Шумаков закладка и ведение полевого опыта; Борис С. Ильин отбор проб почвы, подготовка к анализу. Все авторы участвовали в сборе и обработке материала, подготовке рукописи. 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

Dmitriy V. Dubovik developed the concept of the research and edited the manuscript. Elena V. Dubovik analysed and processed data and analysed the literature. Alexander V. Shumakov laid and conducted field experiments. Boris S. Ilyin undertook soil sampling and preparation for analysis. All the authors participated in the collection and processing of the material and preparation of the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Дмитрий В. Дубовик / Dmitriy V. Dubovik <http://orcid.org/0000-0002-1585-6990>
 Елена В. Дубовик / Elena V. Dubovik <http://orcid.org/0000-0001-5999-9718>
 Александр В. Шумаков / Alexander V. Shumakov <http://orcid.org/0000-0002-8620-7816>
 Борис С. Ильин / Boris S. Ilyin <http://orcid.org/0000-0002-7423-258X>

Оригинальная статья / Original article

УДК 577-578.72

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-108-118

Цитотоксичность и противовирусная активность производных теллура в клетках, инфицированных вирусом простого герпеса и цитомегаловирусом *in vitro*

Айна А. Адиева^{1,5}, Регина Р. Климова², Гасан М. Абакаров³, Керим С. Бекшоков⁴,
Наталья Е. Федорова², Джамиля К. Омарова¹, Алла А. Куш², Светлана А. Джамалова⁵,
Аида М. Халимбекова⁵, Алина Р. Гусейнова⁶

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

²Институт вирусологии им. Д.И. Иванова ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России, Москва, Россия

³Дагестанский государственный технический университет, Махачкала, Россия

⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

⁵Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала, Россия

⁶Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

Контактное лицо

Айна А. Адиева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии животных, Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Гаджиева, 45. Тел. +79883005534

Email adieva-m@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>

Формат цитирования

Адиева А.А., Климова Р.Р., Абакаров Г.М., Бекшоков К.С., Федорова Н.Е., Омарова Д.К., Куш А.А., Джамалова С.А., Халимбекова А.М., Гусейнова А.Р. Цитотоксичность и противовирусная активность производных теллура в клетках, инфицированных вирусом простого герпеса и цитомегаловирусом *in vitro* // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 108-118. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-108-118

Получена 11 января 2021 г.

Прошла рецензирование 27 февраля 2021 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Провести сравнительный анализ цитотоксических и противовирусных свойств синтезированных производных теллура в модельных клеточных системах инфекций, вызванных вирусом простого герпеса и цитомегаловирусом.

Материал и методы. Изучены 4 теллуросодержащих органических соединения с использованием первичных и перевиваемых культур клеток в различных схемах заражения.

Результаты. Для каждой изученной биологической модели были выявлены различные пороги концентрации цитотоксичности (ОЦД₅₀ и ЦД₅₀). Производные теллура с метоксифенил и этоксифенил этеном проявляют вируснейтрализующую активность, предотвращая проникновение вирионов вируса простого герпеса в чувствительные клетки. Химиотерапевтический индекс для данных соединений составил 84 и 77, соответственно.

Заключение. Проявление цитотоксического эффекта всех теллуросодержащих органических соединений для перевиваемых клеток лежит в более низкой концентрации, чем для первичных клеток. Данные, полученные при анализе противовирусной активности, показали, что производные обладают терапевтическими свойствами в отношении инфекции, вызванной вирусом простого герпеса в культуре клеток.

Ключевые слова

Герпесвирусы, вирусы, инфекция, культура клеток, производные теллура, химиотерапевтический индекс, противовирусная активность.

Cytotoxicity and antiviral activity of tellurium derivatives in cells infected with herpes simplex virus and cytomegalovirus *in vitro*

Aina A. Adieva^{1,4}, Regina R. Klimova², Gasan M. Abakarov³, Kerim S. Bekshokov⁴, Natal'ya E. Fedorova², Dzhamilya K. Omarova¹, Alla A. Kushch², Svetlana A. Dzhamalova⁵, Aida M. Khalimbekova⁵ and Alina R. Guseynova⁶

¹Precaspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Ivanovsky Institute of Virology, N.F. Gamaleya National Research Centre of Epidemiology and Microbiology, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

³Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia

⁴Dagestan State University, Makhachkala, Russia

⁵Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, Russia

⁶Omsk State Medical University, Omsk, Russia

Principal contact

Aina A. Adieva, Dr of Biological Sciences, Professor & Leading Researcher, Animal Ecology Laboratory, Precaspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 Gadzhiev St, Makhachkala, Russia 367000.
Tel. +79883005534
Email adieva-m@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>

How to cite this article

Adieva A.A., Klimova R.R., Abakarov G.M., Bekshokov K.S., Fedorova N.E., Omarova D.K., Kushch A.A., Dzhamalova S.A., Khalimbekova A.M., Guseynova A.R. Cytotoxicity and antiviral activity of tellurium derivatives in cells infected with herpes simplex virus and cytomegalovirus *in vitro*. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 108-118. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-108-118

Received 11 January 2021

Revised 27 February 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. To carry out a comparative analysis of the cytotoxic and antiviral properties of synthesized tellurium derivatives in model cellular systems of infections caused by herpes simplex virus and cytomegalovirus.

Material and Methods. 4 organo-tellurium compounds were studied using primary and continuous cell cultures in various infection schemes.

Results. For each biological model studied, different thresholds of cytotoxicity concentration (TCD50 acute CC50 and CD50 CC50) were identified. Tellurium derivatives with methoxyphenyl and ethoxyphenyl ethene exhibit virus-neutralizing activity, preventing the penetration of herpes simplex virus virions into sensitive cells. HTI (SI selectivity index) for these compounds was 84 and 77, respectively.

Conclusion. The manifestation of the cytotoxic effect of all tellurium-containing organic compounds for transplanted cells lies in a lower concentration than for primary cells. The data obtained in the analysis of antiviral activity showed that the derivatives have therapeutic properties against HSV infection in cell culture.

Key Words

Herpes viruses, viruses, infection, cell culture, tellurium derivatives, selective index, antiviral activity.

ВВЕДЕНИЕ

Герпесвирусные инфекции (ГВИ) широко распространенные патогены в человеческой популяции. По оценкам ВОЗ, в мире вирусом ВПГ1 инфицированы около 3700 млн человек в возрасте до 50 лет (67% населения) и, примерно, 417 млн человек (11%) – ВПГ2 [1]. Распространенность ЦМВ-инфекции различается в разных регионах мира и варьирует от 45% до 100% [2-4]. Среди населения России ежегодно регистрируются около 20 млн новых случаев герпесвирусной инфекции. Первичная инфекция и реактивация герпесвирусов человека вызывают серьезные заболевания, в том числе с летальным исходом. Особенно опасны ГВИ на фоне снижения иммунитета [5-7]. Все вышеизложенное позволяет считать ГВИ, в том числе ВПГ и ЦМВ этиологии, важной медико-социальной проблемой современного здравоохранения.

Основные методы медикаментозного лечения ГВИ направлены на подавление репродукции герпесвирусов в инфицированном организме. Известные специфические противовирусные препараты (ацикловир, ганцикловир и их аналоги), используемые для лечения ГВИ, имеют ряд недостатков. К наиболее существенным можно отнести токсичность и резистентность вирусов, которая развивается при длительном применении и при рекуррентных заболеваниях [4; 8-10]. В связи с этим актуальной задачей является поиск новых соединений, перспективных для разработки препаратов против герпесвирусных инфекций человека, различающихся механизмами действия и подавляющих ВПГ 1/2 и ЦМВ как дикого типа, так и мутантные лекарственно-устойчивые штаммы.

В последнее время интерес исследователей привлекают соединения теллура. В прошлом считавшиеся высокотоксичными соединениями, которые не представлены в живых организмах, в настоящее время соединения теллура привлекают пристальное внимание в связи с обнаружением белков, содержащих теллурметионин и теллурцистеин в клетках про- и эукариот, а также с широким использованием соединений теллура для получения наночастичных полупроводников, инсектицидов, магнитных дисков, ферментных электродов, используемых в диагностике различных заболеваний. Накопление теллурсодержащих соединений в окружающей среде и их высокая реакционность требует изучения токсических свойств данного класса соединений с параллельным изучением их биологической активности. В настоящее время синтезированы соединения теллура, обладающие различной биологической активностью [11; 12], однако противовирусные свойства химических производных теллура практически не изучены. На кафедре химии ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» синтезированы ряд новых теллурсодержащих соединений и показано, что при введении некоторых из них лабораторным животным наблюдается усиление интенсивности свободнорадикальных процессов в периферической крови и в печени.

Представляло интерес выяснить, окажут ли влияние вновь синтезированные соединения на развитие герпесвирусных инфекций в клетках животных и человека.

Цель настоящей работы состояла в изучении цитотоксического эффекта 4-х производных теллура в культуре первичных и перевиваемых клеток, а также противовирусных свойств в отношении инфекций, вызванных ВПГ1 и ЦМВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Культура клеток

В работе использовали перевиваемую линию эпителиальных клеток почек зеленой мартишки - Vero и первичную культуру диплоидных фибробластов эмбрионов человека – ФЭЧ, полученные из коллекции клеточных культур при ФГБУ «НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи» МЗ России. Культуры были свободными от присутствия бактериальной или грибковой флоры. Клетки культивировали в среде Игла MEM (Vero) и Игла ДМЕМ (ФЭЧ) с добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки.

Вирусы

Референс-штаммы ВПГ и ЦМВ были получены из коллекции вирусов при ФГБУ «НИЦЭМ им. Н.Ф.Гамалеи» МЗ России. Титр вируса, выраженный в количестве бляшкообразующих единиц в 1 мл – БОЕ/мл, определяли после заражения чувствительной культуры методом подсчета бляшек через 3-6 суток.

Вещества

Изучены противовирусные свойства теллурсодержащих органических веществ:

- 1) [3-метилбензотеллуразол-2] [4-диметиламинобензо] триметинцианйодид (вещество 1),
- 2) [3-метилбензотеллуразол-2] [1-метилхинолин-2] триметинцианйодид (вещество 2),
- 3) [2-бензотеллуразолил-2] [4-метоксифенил] этен (вещество 3),
- 4) [2-бензотеллуразолил-2] [4-этоксифенил] этен (вещество 4).

Синтез соединений был осуществлен по схемам 1 и 2.

Строение синтезированных соединений доказано данными элементного анализа и данными ЯМР исследований (приведены в таблице 1). При исследовании биологической активности синтезированных теллурсодержащих гетероциклов ставилась задача возможного изучения влияния различных радикалов, содержащихся как в ароматическом кольце, так и в гетерокольце.

При изучении противовирусных свойств исследуемых соединений в качестве положительного контроля использовали сертифицированные препараты, включенные в протоколы лечения инфекций, использованных в данной работе в качестве модельных ГВИ – ВПГ 1 – ацикловир, ЦМВ – ганцикловир. АЦВ, Зовиракс – «ГлаксосмитКляйн Вэллком», Великобритания; ГЦВ, Цимевен – «Хоффман-ЛяРош», Швейцария.

Схема 1 / Schematic 1

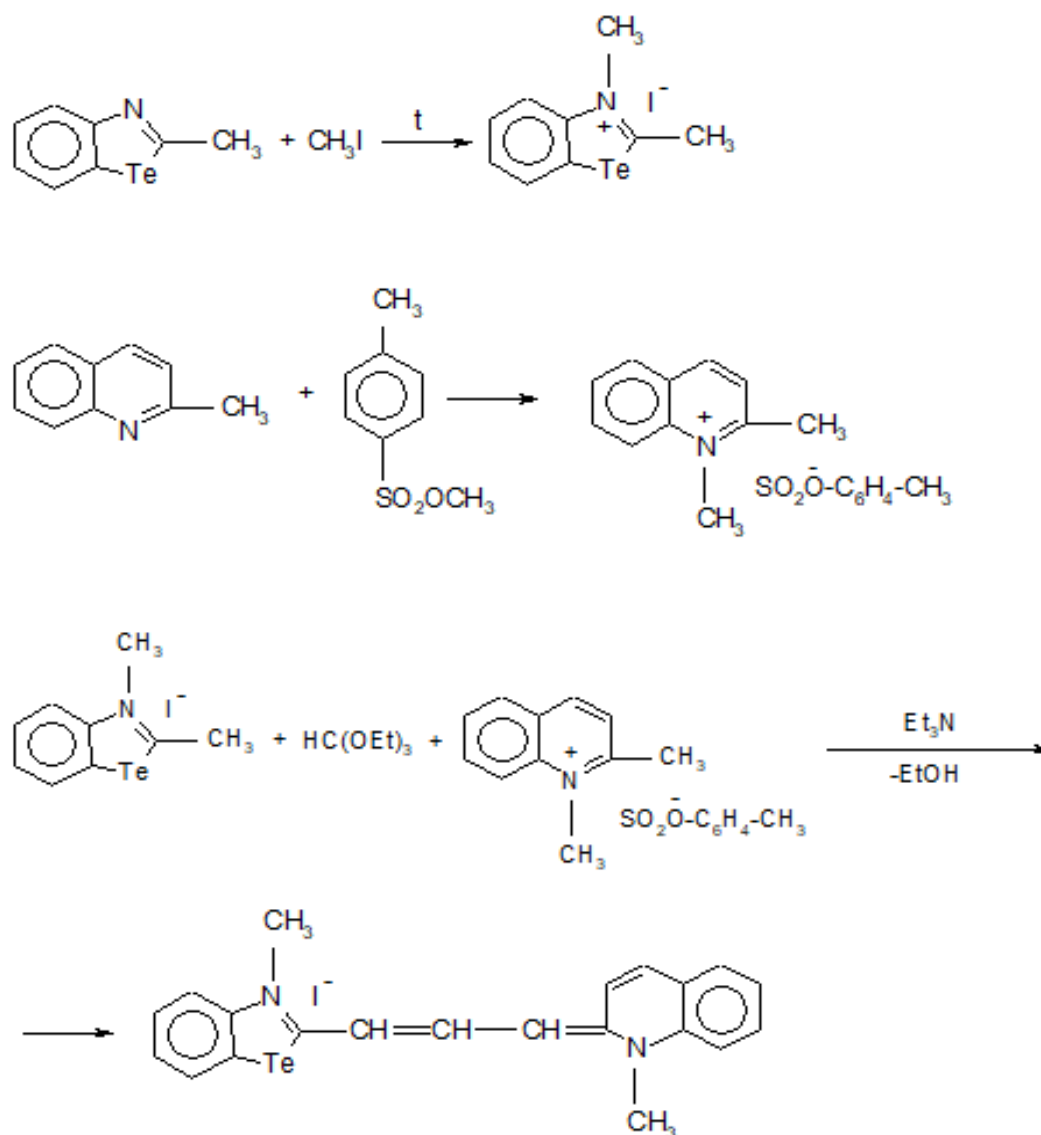


Схема 2 / Schematic 2

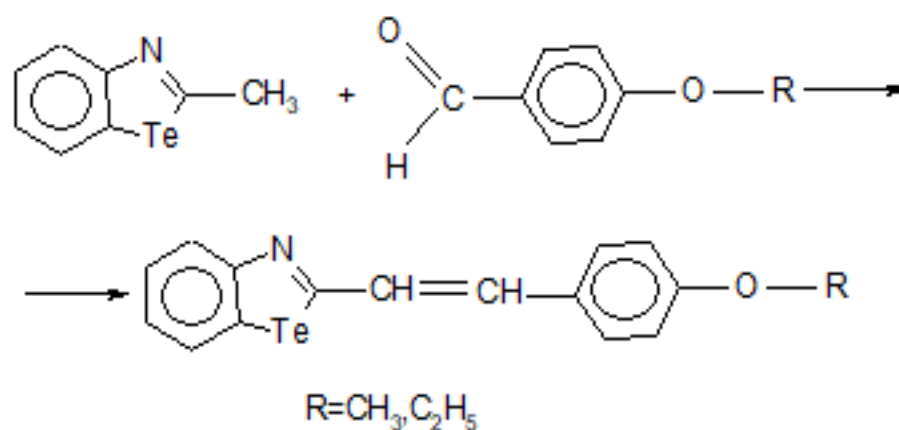
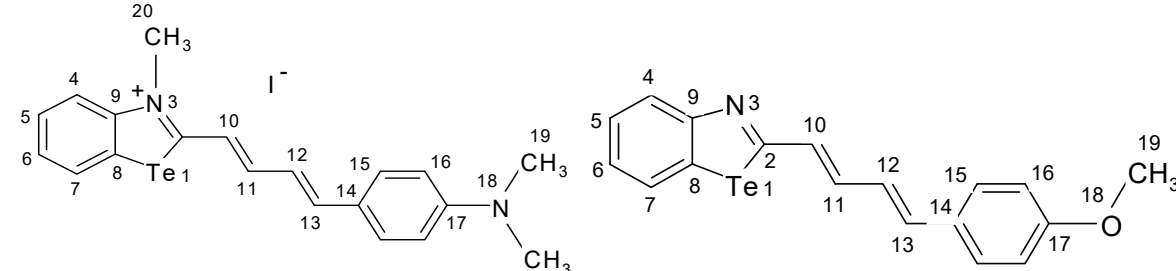


Таблица 1. Химические сдвиги (м.д.) и КССВ (Гц) ^1H , ^{13}C , ^{15}N и ^{125}Te ЯМР соединений 1,3 (DMSO d6)
Table 1. Chemical shifts (m.d.) and CSSV (Hz) ^1H , ^{13}C , ^{15}N и ^{125}Te NMR compounds 1,3 (DMSO d6)



Соед. Comp.	Ядро Core	1 (^{125}Te)	2	3 (^{15}N)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18 (^{13}C , ^{15}N)	19	20
1	^1H				8.04	7.67	7.47	8.32					7.16	7.38		7.51	6.77		3.03	4.08	
	^1H (КССВ)				d(7.7)	t(7.7)	t(7.7)	d(7.7)			d(14.0)	dd(14.0; 0.9)	dd(10.9; 4.9)	d(14.9)		d(8.9)	d(8.9)				
	^{13}C , ^{15}N , ^{125}Te	822.99	186.98	188.16	119.38	128.45	126.56	132.60	121.31	147.59	121.20	154.33	123.09	147.16	123.03	130.27	112.16	152.04	61.17	38.18	40.04
3	^1H				7.95	7.42	7.14	8.05			7.30	7.42				7.68	6.97		3.79		
	^1H (КССВ)				d(7.8)	t(7.8)	t(7.8)	d(7.8)			d(15.7)	d(15.7)				d(8.9)	d(8.9)				
	^{13}C , ^{15}N , ^{125}Te	849.72	173.45	343.56	125.12	126.71	124.52	132.20	132.57	161.42	126.81	140.14		128.29		128.81	114.41	160.21	55.21		

Определение цитотоксичности

Цитотоксичность теллурсодержащих гетероциклов определяли по влиянию на жизнедеятельность клеток Vero и ФЭЧ, которую оценивали методом исключения витального красителя трипанового синего и методом МТТ. Острую цитотоксичность (ОЦД₅₀), вызывающую гибель 50% клеток, определяли через 24 часа после внесения различных концентраций гетероциклических соединений теллура. Хроническую токсичность (ЦД₅₀) оценивали через 72 часа после внесения соединений. Значения 50% цитотоксической дозы (концентрация, вызывающая гибель 50% клеток в монослое) рассчитывали методом линейной регрессии с использованием пакета документов Microsoft Excel.

Противовирусная активность соединений

Определение противовирусной активности проводили с использованием 4 схем воздействия: профилактическая, которая моделирует профилактическое воздействие – 1 схема, микробицидная, моделирует экстренное профилактическое воздействие – 2 схема, лечебная, моделирует терапевтическое действие – 3 схема и вирулицидная, характеризует способность соединений нейтрализовать вирус и/или инфекционную активность вируса – 4 схема. Во всех схемах положительным контролем были АЦВ и ГЦВ использованные в концентрациях 10 мкг/мл и 5 мкг/мл. В качестве отрицательного контроля использовали инфицированную ВПГ 1 и ЦМВ культуру клеток без исследуемых веществ. Множественность заражения для клеток Vero составила 0,01 БОЕ/кл, для клеток ФЭЧ

– 0,001 БОЕ/кл. Для проникновения вирусных частиц инокулят с вирусом инкубировали с культурой клеток в термостате в течение 1 часа при 37°C.

1 схема. На монослой клеток Vero и ФЭЧ наносили поддерживающую среду с различными концентрациями исследуемых соединений и инкубировали в течение 24 часов. Далее клетки промывали, заражали, вносили поддерживающую среду без исследуемых веществ. Культивировали до развития цитопатогенного эффекта в термостате при постоянной влажности, концентрации CO₂ и 37°C в течение 3 суток для развития ВПГ-инфекции и 5-6 суток для развития ЦМВИ.

2 схема. На монослой клеток наносили культуральную среду с 2% ЭТС, содержащую исследуемые соединения в различных концентрациях и инкубировали в течение 24 часов при 37°C в термостате в присутствии 5% CO₂. Культуральную жидкость с соединениями не отбирали и заражали клетки. Затем клетки дважды промывали средой без сыворотки, вносили среду поддержки с 2% ЭТС и инкубировали при условиях, описанных выше.

3 схема. Монослой клеток Vero и ФЭЧ, выращенный в 96 луночных стерильных панелях, заражали и вносили среду поддержки с 2% ЭТС и различными концентрациями гетероциклических соединений теллура. Инкубировали в термостате в течение 3 суток для ВПГ 1 и 5-6 суток для ЦМВ при определенной влажности, концентрации CO₂ и температуре 37°C.

4 схема. Вирусы инкубировали в стерильных флаконах совместно с различными концентрациями гетероциклических соединений теллура в течение 1 часа при 37°C. Инкубационную смесь наносили на монослой клеток и выдерживали в течение 1 часа, промывали, вносили среду с 2% сыворотки. Инкубировали при 37°C в термостате при определенной влажности и постоянной подаче 5% CO₂ до развития цитопатогенного эффекта.

Противовирусную активность изученных соединений *in vitro* оценивали методом модифицированных бляшек, который проводили путем подсчета количества инфицированных клеток (бляшек) в опыте и в контроле. Степень ингибирования бляшкообразования, т.е. цитопатогенного действия, рассчитывали по формуле Спирмана-Кербера. Статистическую обработку результатов проводили в программе GraphPad Prism 5.01. Различия между средними значениями определяли с помощью двустороннего непарного критерия Стьюдента и считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Значения 50% ингибирующей дозы гетероциклических соединений теллура, исследованных в данной работе, рассчитывали методом линейной регрессии. Учитывали степень подавления бляшкообразования на 50% по

отношению к контролю. Химиотерапевтический индекс (ХТИ) рассчитывали, как отношение 50% цитотоксической дозы к 50% ингибирующей дозы.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цитотоксичность соединений

При определении хронической цитотоксичности соединения использовались в различных концентрациях (от 0,1 мкг/мл до 500 мкг/мл). Значения ЦД₅₀ для культуры клеток Vero значительно различались и составили от 0,7 мкг/мл до 160 мкг/мл. Цитотоксичность для клеток ФЭЧ (ЦД₅₀), также варьировала, от 5,9 мкг/мл до 316,0 мкг/мл. Данные представлены в таблице 2. Поскольку вещества проявили выраженный антипролиферативный эффект для сравнения приведены данные по цитотоксическому действию доксорубина, антрациклинового антибиотика, широко используемого для лечения рака молочной железы и гематологических злокачественных новообразований. В таблицах 3 и 4 приведены данные по ЦД₅₀ для препаратов ацикловира и ганцикловира, включенных в протоколы лечения инфекций, вызванных ВПГ и ЦМВ, они составляют 1000 мкг/мл и 125 мкг/мл для АЦВ и ГЦВ, соответственно.

Таблица 2. Цитотоксического действие 24-х и 72-х часового лечения теллурсодержащими органическими веществами различных клеточных линий

Table 2. Cytotoxic effect of 24 and 72 hours treatment with tellurium-containing organic substances of various cell lines

Вещества Substances	Культура клеток Cell culture				Эритроциты Erythrocytes	Клетки печени Liver cells
	ФЭЧ		Vero			
	HF cells (human fibroblasts)					
	ЦД ₅₀ , мкг/мл CC ₅₀ , µg/ml	ОЦД ₅₀ , мкг/мл acute CC ₅₀ , µg/ml	ЦД ₅₀ , мкг/мл CC ₅₀ , µg/ml	ОЦД ₅₀ , мкг/мл acute CC ₅₀ , µg/ml		
Вещество 1 Substance 1	146,8	147,8	3,5	6,5	> 100 мг/мл mg/ml	> 100 мг/мл mg/ml
Вещество 2 Substance 2	5,9	7,3	0,7	0,9	> 100 мг/мл mg/ml	> 100 мг/мл mg/ml
Вещество 3 Substance 3	306,3	577,2	160	180	> 300 мг/мл mg/ml	> 100 мг/мл mg/ml
Вещество 4 Substance 4	316,0	433,6	153	157	> 300 мг/мл mg/ml	> 100 мг/мл mg/ml
Доксорубицин Doxorubicin	0,19	0,24	0,02	0,03	н/и not studied	н/и not studied

Статистический анализ показал, что значение ЦД₅₀ для соединений 3 и 4 значительно больше по сравнению с таковым для соединений 1 и 2 в отношении культуры клеток Vero и ФЭЧ ($P < 0,001$), что свидетельствует о более низкой цитотоксичности данных соединений.

Для определения острой цитотоксичности в отношении клеток ФЭЧ и Vero теллурсодержащие органические соединения использовали в более высоких концентрациях (от 1 мкг/мл до 1 мг/мл). Значения ОЦД₅₀, которые были определены через 24 часа после внесения исследуемых веществ для клеток Vero варьировали от 0,9 мкг/мл до 180 мкг/мл, для диплоидных фибробластов человека от 7,3 мкг/мл до 577,2 мкг/мл. В данной схеме обработки, также, вещества 3 и 4 показали меньшую цитотоксичность в отношении обеих культур клеток ($P < 0,005$).

Определение токсического действия соединений в отношении ФЭЧ и Vero показало, что наибольшим токсическим действием обладает соединение 2-[3-метилбензотеллуразол-2] (1-метилхинолин-2) триметилцианйодид. Для этого соединения были зафиксированы крайне низкие нетоксичные концентрации. Так, ОЦД₅₀ и ЦД₅₀ в первичной культуре составили 7,3 мкг/мл и 5,9 мкг/мл, а для перевиваемой культуры – 0,9 мкг/мл и 0,7 мкг/мл. Соединение 1-[3-метилбензотеллуразол-2] [4-диметиламинобензол] триметилцианйодид вызывало 50% гибель клеток ФЭЧ на третьи сутки в концентрации 146,8 мкг/мл, для клеток Vero ЦД₅₀ составил 3,5 мкг/мл. Если сравнить данные по ЦД₅₀ для ФЭЧ, то этот показатель сходен с аналогичными данными для ганцикловира, эталонного препарата при лечении ЦМВИ. Надо отметить, что концентрации соединений 1

и 2, вызывающая гибель 50% клеток первичной и перевиваемой культур при острой и хронической цитотоксичности практически не отличалась.

Наименьшее цитотоксическое действие проявляли соединения 3 и 4-(2-бензотеллуразолил)-2-(4-метоксифенил) этен и (2-бензотеллуразолил)-2-(4-этоксифенил) этен. Так, $ОЦД_{50}$ для веществ 3 и 4 в культуре клеток Vero были равны 180 мкг/мл и 157 мкг/мл, $ЦД_{50}$ – 160 мкг/мл и 153 мкг/мл, соответственно. Для фибробластов человека $ОЦД_{50}$ превышали 400 мкг/мл и составили для 2-бензотеллуразолил – 2-(4-метоксифенил) этена (вещество 3) – 577,2 мкг/мл и 433,6 мкг/мл для 2-бензотеллуразолил-2-(4-этоксифенил) этена (вещество 4). Токсическая доза через 72 часа обработки ($ЦД_{50}$) составила более 300 мкг/мл для обоих соединений (табл. 2).

Цитотоксические эффекты 24-х и 72-х часового лечения теллурсодержащих веществ, изученные на двух линиях клеток *in vitro* (первичные ФЭЧ – диплоидные фибробласты человека и перевиваемые Vero – клетки почек зеленой мартышки) показали, что они сравниваются с таковыми для доксорубина.

Концентрации веществ $ЦД_{50}$ и $ОЦД_{50}$ для трансформированных клеток значительно ниже, чем для первичных клеток человека. Параллельно проведенное исследование токсичности данных соединений на крысах не выявило острой цитотоксичности в тех концентрациях, которые были введены животным. Дальнейшее исследование хронической цитотоксичности *in vivo* (эритроциты и клетки печени) показало, что она не обусловлена неспецифическим повреждением клеточных мембран, так как гемолитический потенциал в эритроцитах наблюдался при значительно более высокой концентрации.

*Исследование противовирусных свойств соединений *in vitro**

Противовирусную активность синтезированных производных теллура в отношении ВПГ 1-инфекции изучали путем внесения различных концентраций веществ (от 0,1 мкг/мл до 10 мкг/мл) в 4 схемах воздействия, описанных в разделе «Материалы и методы». Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Противовирусные свойства производных теллура в отношении ВПГ1-инфекции

Table 3. Antiviral activity of tellurium derivatives against HSV1 infection

Вещества Substances	$ЦД_{50}$, мкг/мл CC_{50} , μg/ml	Схемы воздействия / Schematics of effects							
		Лечебная Therapeutic		Профилактическая Preventive		Микробицидная Microbicidal		Вирулицидная Virucidal	
		$ИД_{50}$, мкг/мл IC_{50} , μg/ml	ХТИ SI	$ИД_{50}$, мкг/мл IC_{50} , μg/ml	ХТИ SI	$ИД_{50}$, мкг/мл IC_{50} , μg/ml	ХТИ SI	$ИД_{50}$, мкг/мл IC_{50} , μg/ml	ХТИ SI
Вещество 1 Substance 1	3,5	-	-	19	0,2	15,9	0,2	1,8	1,9
Вещество 2 Substance 2	0,7	-	-	6,6	0,1	23,5	0,02	1,2	0,6
Вещество 3 Substance 3	160	4,4	37	8,8	18	5,5	29	1,9	84
Вещество 4 Substance 4	153	6,2	25	63,9	2	29,7	5	2	77
АЦВ Aciclovir	1000	1,3	908	7,2	139	н/и not studied	н/и not studied	25	40

Примечания: $ЦД_{50}$ – 50%-я цитотоксическая доза, концентрация соединения, при которой наблюдали 50%-ю гибель клеток, $ИД_{50}$ – концентрация соединения, ингибирующая ВПГ1-инфекцию на 50%, мкг/мл; ХТИ= $ЦД_{50}/ИД_{50}$; «-» – не обладает противовирусным эффектом (количество инфицированных клеток в опыте равно таковым в контроле);

«н/и» – не исследовано

Note: CC_{50} – 50% cytotoxic concentration, compound concentration that caused a 50% reduction in the number of viable cells, μg/ml; IC_{50} – compound concentration that inhibits HSV1 infection by 50%, μg/ml; SI (selective index) = CC_{50}/IC_{50} ; «-» – has no antiviral effect (the number of infected cells in the experiment is equal to that in the control); "n/s" – not studied

Анализ значений $ИД_{50}$ и ХТИ для каждого соединения показал, что два из них [2-бензотеллуразолил-2] [4-метоксифенил] этен (вещество 3) и [2-бензотеллуразолил-2] [4-этоксифенил] этен (вещество 4) проявили активность в вирулицидной схеме воздействия со значением ХТИ равным 84 и 77. Для двух других соединений (вещества 1 и 2) значения ХТИ оказались низкими в связи с высокой цитотоксичностью, проявленной в отношении клеток Vero.

Установлено, что в вирулицидной схеме воздействия количество инфицированных клеток в культуре Vero, обработанной тестируемыми соединениями в концентрации 2,5 мкг/мл, было статистически значимо меньше по сравнению с контролем заражения (рис. 1а). Ингибирование ВПГ1-инфекции при данной концентрации варьировало от 80% до 89% (рис. 1б). При концентрации 1,2 мкг/мл только одно соединение (2) ингибировало вирусную инфекцию более чем на 50%.

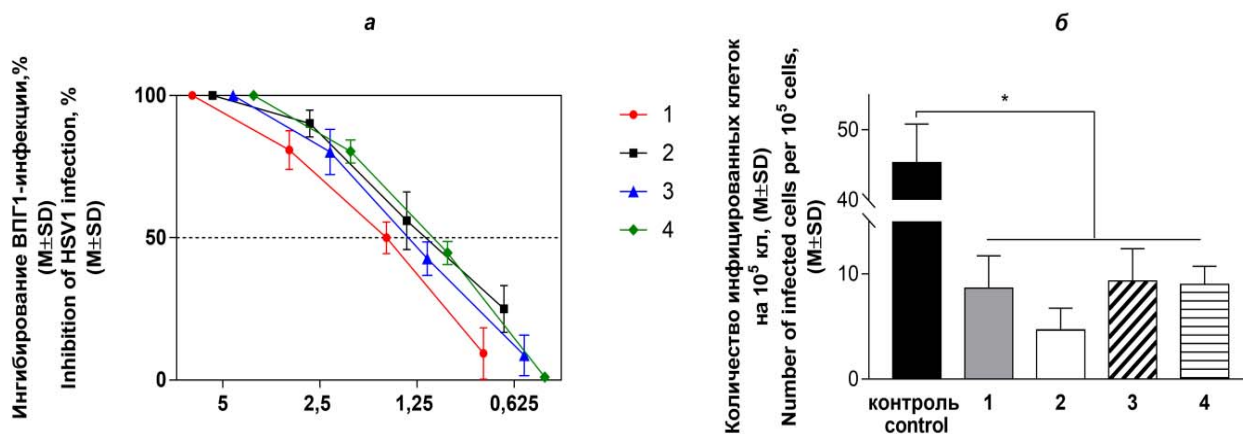


Рисунок 1. Ингибирование ВПГ1-инфекции производными теллура в вирулицидной схеме воздействия а – ингибирование ВПГ1-инфекции, ($M \pm SD$), %; б – изменение количества инфицированных клеток (бляшек) на 10^5 клеток Vero при использовании соединений в концентрации 1,25 мкг/мл, * – значения статистически значимы, $p < 0,05$ (t-test)

Figure 1. Virucidal activity of tellurium derivatives against HSV1 infection а – inhibition of HSV1 infection, ($M \pm SD$), %; б – change in the number of infected cells (plaques) per 10^5 Vero cells when using compounds at a concentration of 1.25 $\mu\text{g/ml}$, * – the values are statistically significant, $p < 0.05$ (t-test)

Определение противовирусных свойств соединений *in vitro* в отношении ЦМВ-инфекции в вирулицидной

схеме не дало положительного эффекта. ХТИ для всех изученных соединений был низким (табл. 4).

Таблица 4. Цитотоксические и противовирусные свойства теллуросодержащих органических соединений в отношении ЦМВ-инфекции фибробластов человека

Table 4. Cytotoxic and antiviral properties of tellurium-containing organic compounds against CMV infection of human fibroblasts

Вещества Substances	ОЦД ₅₀ , мкг/мл acute CC ₅₀ , $\mu\text{g/ml}$	ЦД ₅₀ , мкг/мл CC ₅₀ , $\mu\text{g/ml}$	МПД, мкг/мл MTD, $\mu\text{g/ml}$	ИД ₅₀ , мкг/мл IC ₅₀ , $\mu\text{g/ml}$	ХТИ SI
Вещество 1 Substance 1	147,8	146,8	50	43,7	3,3
Вещество 2 Substance 2	7,3	5,9	1	8,1	0,7
Вещество 3 Substance 3	577,2	306,3	50	265,7	1,1
Вещество 4 Substance 4	433,6	316,0	50	488,6	0,6
Ганцикловир Ganciclovir		125		-	

Примечания: ОЦД₅₀ – острая 50%-я цитотоксическая доза; ЦД₅₀ – хроническая 50%-я цитотоксическая доза;

МПД – концентрация, при которой не наблюдали гибель клеток в течение 7 суток воздействия;

ИД₅₀ – концентрация соединения, ингибирующая ЦМВ-инфекцию на 50% в вирулицидной схеме

Note: acute CC₅₀ – acute 50% cytotoxic dose; CC₅₀ – chronic 50% cytotoxic dose; MTD is the concentration at which no cell death was observed during 7 days of exposure; IC₅₀ – the concentration of a compound that inhibits CMV infection by 50% in the virucidal schematic

Таким образом:

- ✓ для каждой изученной биологической модели были выявлены различные пороги концентрации цитотоксичности. Изученные органические производные теллура (вещество 1 и 2) проявляют высокую токсичность в отношении клеток Vero и ФЭЧ. Этот показатель сходен с аналогичными данными для ганцикловира. Наименьшее цитотоксическое действие проявляли соединения 3 и 4;
- ✓ производные теллура 3 и 4 проявляют вируснейтрализующую активность, предотвращая проникновение вирионов ВПГ в чувствительные клетки;
- ✓ все изученные соединения теллура не проявили противовирусную активность в отношении ЦМВ-инфекции *in vitro* ни в одной из изученных схем;
- ✓ проявление цитотоксического эффекта всех теллуросодержащих органических соединений для

перевиваемых клеток лежит в более низкой концентрации, чем для первичных клеток. Аналогичный эффект был выявлен для доксорубина, использованного в нашем исследовании в качестве контроля.

Поиск эффективных противовирусных средств для ВПГ и ЦМВ остается актуальной проблемой здравоохранения, так как известные специфические препараты (ацикловир, ганцикловир, тубосан, валацикловир, пенцикловир) имеют высокую устойчивость вследствие длительности их применения и рекуррентности герпесвирусных заболеваний. Помимо этого, к недостаткам следует отнести их малую биодоступность, плохую растворимость, короткое время присутствия в крови, необходимость введения больших доз в короткие промежутки времени, что вызывает выраженные побочные действия.

До недавнего времени соединения теллура применялись ограниченно, так как считалось, что они не имеют физиологических функций в клеточной биологии млекопитающих, в отличие от селена, серы или кислорода. В последние годы возрастает интерес к органическим соединениям теллура и их рассматривают как перспективное направление, так как показано присутствие теллура в биологических жидкостях [13] и были идентифицированы белки в организмах бактерий, дрожжей и грибов, имеющие в своем составе теллуromетионин и теллурицистеин [14]. В настоящее время имеются данные об их антиоксидантной, антипролиферативной, противовоспалительной и иммуномодулирующей свойствах [15; 16].

Изучение цитотоксичности 4 производных теллура показало, что в больших концентрациях все соединения проявляют выраженную цитотоксичность, однако биологический эффект зависит от радикала, присоединенного к теллуру. Цитотоксическая доза изученных веществ была на два порядка ниже, чем для известного противоопухолевого препарата доксорубин (от 0,7 до 160 мкг/мл против 0,02 мкг/мл), в первичных клетках ФЭЧ эта концентрация была еще ниже (5,9-316 мкг/мл). Существенным является то, что гемолитический потенциал эритроцитов наблюдался при очень высоких концентрациях (100-300 мг/мл), поэтому цитотоксичность изученных веществ нельзя отнести к неспецифическому повреждению клеточных мембран. Природа цитотоксического эффекта теллуриорганических соединений требует дальнейшего детального изучения, также, в связи с исследованиями последних лет [16], показывающими различные механизмы индукции клеточной гибели при различных концентрациях другого гетероциклического соединения – дифенил дителлурида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение противовирусной активности исследуемых веществ в стандартной лечебной схеме против ВПГ и ЦМВ не обладало терапевтической эффективностью, однако в отношении ВПГ-инфекции были получены интересные результаты относительно вирус-нейтрализующей активности соединений. Все изученные соединения обладали вирус-нейтрализующей активностью, но только включение в структуру метокси- и этокси-групп позволило повысить порог токсичности для клеток и рассчитать химиотерапевтический индекс для веществ 3 и 4, который делает их перспективными соединениями для разработки комбинированных препаратов при лечении вирусных заболеваний, вызванных ВПГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Looker K.J., Johnston C., Welton N.J., James C., Vickerman P., Turner K.M.-E., Boily M.C., Gottlieb S.L. The global and regional burden of genital ulcer disease due to herpes simplex virus: a natural history modelling study // *British Medical Journal Global Health*. 2020. V. 5. e001875. DOI: 10.1136/bmjgh-2019-001875
2. Lichtner M., Cicconi P., Vita S., Cozzi-Lepri A., Galli M., Lo Caputo S., Saracino A., De Luca A., Moiola M., Maggioletti F., Marchetti G., Vullo V., d'Arminio Monforte A., et al. Cytomegalovirus coinfection is associated with an increased risk of severe non-AIDS-defining events in a large cohort of HIV-infected patients // *The Journal of Infectious Diseases*. 2015. V. 211. N 2. P. 178-86. DOI: 10.1093/infdis/jiu417
3. Roizman B., Whitley R.J. An Inquiry into the Molecular Basis of HSV Latency and Reactivation // *Annual Review of Microbiology*. 2013. V. 67. P. 355-374. DOI: 10.1146/annurev-micro-092412-155654
4. Адиева А.А. Герпесвирусные инфекции и перинатальная патология // *Российский педиатрический журнал*. 2010. N 1. С. 39-44.
5. Slyker J.A., Guthrie B., Pankau M., Tapia K., Wamalwa D., Benki-Nugent S., Ngugi E., Huang M., Njuguna I., Langat A., John-Stewart G., Lehman D. Cytomegalovirus and Epstein-Barr virus viremia are associated with HIV DNA levels in the reservoir of Kenyan infants on antiretroviral therapy // *The Journal of Infectious Diseases*. 2020. V. 223. Iss. 11. P. 1923-1927. DOI: 10.1093/infdis/jiaa640
6. Koch M.S., Lawler S.E., Chiocca E.A. HSV-1 Oncolytic Viruses from Bench to Bedside: An Overview of Current Clinical Trials // *Cancers*. 2020. V. 12. Iss. 12. Article: 3514. DOI: 10.3390/cancers12123514
7. Климова Р.Р., Малиновская В.В., Гусева Т.С., Паршина О.В., Гетия Е.Г., Дегтярева М.В. и др. Влияние герпесвирусных инфекций на уровень провоспалительных цитокинов у недоношенных новорожденных детей // *Вопросы вирусологии*. 2011. N 4. С. 23-26.
8. Zinser E., Krawczyk A., Stich L. Mühl-Zürbes P., Aufderhorst U., Draßner C., Stich L., Zaja M., Strobl S., Steinkasserer A., Heilingloh C.S. A new promising candidate to overcome drug resistant herpes simplex virus infections // *Antiviral Research*. 2018. V. 149. P. 202-210. DOI: 10.1016/j.antiviral.2017.11.012
9. Jiang Y.C., Feng H., Lin Y.C., Guo X.R. New strategies against drug resistance to herpes simplex virus // *International Journal of Oral Science*. 2016. V. 8. P. 1-6. DOI: 10.1038/ijos.2016.3
10. Vissani M.A., Thiry E., Pozzo F.D., Barrandeguy M. Antiviral agents against equid alphaherpesviruses: Current status and perspectives // *The Veterinary Journal*. 2016. V. 207. P. 38-44. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.06.010
11. Albeck M., Tamari T., Sredni B. Synthesis and properties of ammonium trichloro(dioxyethylene-O,O')tellurate (AS-101). A new immunomodulating compound // *Synthesis*. 1989. N 8. P. 635-636.
12. Vázquez-Tato M. P., Mena-Menéndez A., Feás X., Seijas J.A. Novel microwave-assisted synthesis of the immunomodulator organotellurium compound ammonium trichloro(dioxyethylene-O,O')tellurate (AS101) // *International Journal of Molecular Sciences*. 2014. V. 15. Iss. 2. P. 3287-3298. DOI: 10.3390/ijms15023287
13. Chasteen T.G., Fuentes D.E., Tantaleán J.C., Vázquez C.C. Tellurite: history, oxidative stress, and molecular mechanisms of resistance // *FEMS Microbiology Reviews*. 2009. V. 33. Iss. 4. P. 820-832. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2009.00177.x
14. Bienert G.P., Schussler M.D., Jahn T.P. Metalloids: essential, beneficial or toxic? Major intrinsic proteins sort it out // *Trends in Biochemical Sciences*. 2008. V. 33. Iss. 1. P. 20-26. DOI: 10.1016/j.tibs.2007.10.004
15. Kim Y.J., Lee D.H., Choi Y.S., Jeong J.H., Kwon S.H. Benzo[b]tellurophenes as a Potential Histone H3 Lysine 9 Demethylase (KDM4) Inhibitor // *International Journal of*

Molecular Sciences. 2019. V. 20. Iss. 23. Article: 5908. DOI: 10.3390/ijms20235908

16. Trindade C., Juchem A., Guecheva T.N., de Oliveira I.M., dos Santos Silveira P. et al. Diphenyl Ditelluride: Redox-Modulating and Antiproliferative Properties // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019. V. 2019. Article: 2510936. DOI: 10.1155/2019/2510936

REFERENCES

1. Looker K.J., Johnston C., Welton N.J., James C., Vickerman P., Turner K.M.-E., Boily M.C., Gottlieb S.L. The global and regional burden of genital ulcer disease due to herpes simplex virus: a natural history modelling study. *British Medical Journal Global Health*, 2020, vol. 5, e001875. DOI: 10.1136/bmjgh-2019-001875
2. Lichtner M., Cicconi P., Vita S., Cozzi-Lepri A., Galli M., Lo Caputo S., Saracino A., De Luca A., Moiola M., Maggiolo F., Marchetti G., Vullo V., d'Arminio Monforte A., et al. Cytomegalovirus coinfection is associated with an increased risk of severe non-AIDS-defining events in a large cohort of HIV-infected patients. *The Journal of Infectious Diseases*, 2015, vol. 211, no. 2, pp. 178-86. DOI: 10.1093/infdis/jiu417
3. Roizman B., Whitley R.J. An Inquiry into the Molecular Basis of HSV Latency and Reactivation. *Annual Review of Microbiology*, 2013, vol. 67, pp. 355-374. DOI: 10.1146/annurev-micro-092412-155654
4. Adieva A.A. Herpesvirus infections and perinatal pathology. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal* [Russian Pediatric Journal]. 2010, no. 1, pp. 39-44. (In Russian)
5. Slyker J.A., Guthrie B., Pankau M., Tapia K., Wamalwa D., Benki-Nugent S., Ngugi E., Huang M., Njuguna I., Langat A., John-Stewart G., Lehman D. Cytomegalovirus and Epstein-Barr virus viremia are associated with HIV DNA levels in the reservoir of Kenyan infants on antiretroviral therapy. *The Journal of Infectious Diseases*, 2020, vol. 223, iss. 11, pp. 1923-1927. DOI: 10.1093/infdis/jiaa640
6. Koch M.S., Lawler S.E., Chiocca E.A. HSV-1 Oncolytic Viruses from Bench to Bedside: An Overview of Current Clinical Trials. *Cancers*, 2020, vol. 12, iss. 12, article: 3514. DOI: 10.3390/cancers12123514
7. Klimova R.R., Malinovskaya V.V., Guseva T.S., Parshina O.V., Getiya E.G., Degtyareva M.V., et al. Influence of herpesvirus infections on the level of proinflammatory

- cytokines in premature infants. *Voprosy virusologii* [Virology issues]. 2011, no. 4, pp. 23-26. (In Russian)
8. Zinser E., Krawczyk A., Stich L., Mühl-Zürbes P., Aufderhorst U., Draßner C., Stich L., Zaja M., Strobl S., Steinkasserer A., Heilingloh C.S. A new promising candidate to overcome drug resistant herpes simplex virus infections. *Antiviral Research*, 2018, vol. 149, pp. 202-210. DOI: 10.1016/j.antiviral.2017.11.012
 9. Jiang Y.C., Feng H., Lin Y.C., Guo X.R. New strategies against drug resistance to herpes simplex virus. *International Journal of Oral Science*, 2016, vol. 8, pp. 1-6. DOI: 10.1038/ijos.2016.3
 10. Vissani M.A., Thiry E., Pozzo F.D., Barrandeguy M. Antiviral agents against equid alphaherpesviruses: Current status and perspectives. *The Veterinary Journal*, 2016, vol. 207, pp. 38-44. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.06.010
 11. Albeck M., Tamari T., Sredni B. Synthesis and properties of ammonium trichloro(dioxyethylene-O,O')tellurate (AS-101). A new immunomodulating compound. *Synthesis*. 1989, no. 8, pp. 635-636.
 12. Vázquez-Tato M. P., Mena-Menéndez A., Feás X., Seijas J.A. Novel microwave-assisted synthesis of the immunomodulator organotellurium compound ammonium trichloro(dioxyethylene-O,O')tellurate (AS101). *International Journal of Molecular Sciences*, 2014, vol. 15, iss. 2, pp. 3287-3298. DOI: 10.3390/ijms15023287
 13. Chasteen T.G., Fuentes D.E., Tantaleán J.C., Vásquez C.C. Tellurite: history, oxidative stress, and molecular mechanisms of resistance. *FEMS Microbiology Reviews*, 2009, vol. 33, iss. 4, pp. 820-832. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2009.00177.x
 14. Bienert G.P., Schussler M.D., Jahn T.P. Metalloids: essential, beneficial or toxic? Major intrinsic proteins sort it out. *Trends in Biochemical Sciences*, 2008, vol. 33, iss. 1, pp. 20-26. DOI: 10.1016/j.tibs.2007.10.004
 15. Kim Y.J., Lee D.H., Choi Y.S., Jeong J.H., Kwon S.H. Benzo[b]tellurophenes as a Potential Histone H3 Lysine 9 Demethylase (KDM4) Inhibitor. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, vol. 20, iss. 23, article: 5908. DOI: 10.3390/ijms20235908
 16. Trindade C., Juchem A., Guecheva T.N., de Oliveira I.M., dos Santos Silveira P. et al. Diphenyl Ditelluride: Redox-Modulating and Antiproliferative Properties. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, vol. 2019, article: 2510936. DOI: 10.1155/2019/2510936

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Айна А. Адиева предложила дизайн исследования, получила и проанализировала данные по цитотоксичности гетероциклических соединений теллура, написала рукопись. Регина Р. Климова получила данные по противовирусной активности гетероциклов в клеточной системе *in vitro* на модели ВПГ. Гасан М. Абакаров предложил два разных метода синтеза, синтезировал производные теллура. Керим С. Бекшоков получил данные по антиоксидантной активности производных *in vivo*. Наталия Е. Федорова получила данные по противовирусной активности гетероциклов в клеточной системе ФЭЧ на модели ЦМВИ. Джамия К. Омарова проводила статистическую обработку данных по цитотоксичности гетероциклов, а также проводила сравнительный анализ данных по сертифицированным веществам – ганцикловир, ацикловир и доксорубин. Алла А. Куш участвовала в исследованиях по изучению

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aina A. Adieva proposed the study design, obtained and analysed data on the cytotoxicity of tellurium heterocyclic compounds and wrote the manuscript. Regina R. Klimova obtained data on the antiviral activity of heterocycles in the cell system *in vitro* using the HSV model. Gasan M. Abakarov proposed two different methods of synthesis and synthesised tellurium derivatives. Kerim S. Bekshokov obtained data on the antioxidant activity of derivatives *in vivo*. Natal'ya E. Fedorova obtained data on the antiviral activity of heterocycles in the cellular system of the HEP using the CMVI model. Dzhamilya K. Omarova carried out statistical processing of data on the cytotoxicity of heterocycles and also carried out a comparative analysis of data on the certified substances, ganciclovir, acyclovir and doxorubicin. Alla A. Kush participated in studies on the antiviral activity and cytotoxicity of heterocycles. Svetlana A. Dzhamalova synthesised heterocycles according to the second schematic. Aida M. Khalimbekova obtained characteristic data on the

противовирусной активности и цитотоксичности гетероциклов. Светлана А. Джамалова синтезировала гетероциклы согласно второй схеме. Аида М. Халимбекова получила характеристические данные по строению веществ. Алина Р. Гусейнова культивировала культуру клеток ФЭЧ и Vero, провела анализ и статистическую обработку данных по цитотоксичности. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

structure of substances. Alina R. Guseynova cultivated a cell culture of HEP and Vero and analysed and statistically processed data on cytotoxicity. 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

Айна А. Адиева / Aina A. Adieva <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>

Регина Р. Климова / Regina R. Klimova <http://orcid.org/0000-0002-4147-8444>

Гасан М. Абакаров / Gasan M. Abakarov <https://orcid.org/0000-0002-9225-9321>

Керим С. Бекшоков / Kerim S. Bekshokov <https://orcid.org/0000-0003-0736-1522>

Наталия Е. Федорова / Natal'ya E. Fedorova <http://orcid.org/0000-0001-8466-7993>

Джамия К. Омарова / Dzhamilya K. Omarova <https://orcid.org/0000-0002-4985-3480>

Алла А. Куш / Alla A. Kushch <http://orcid.org/0000-0002-3396-5533>

Светлана А. Джамалова / Svetlana A. Dzhamalova <http://orcid.org/0000-0002-7215-5453>

Аида М. Халимбекова / Aida M. Khalimbekova <http://orcid.org/0000-0001-7567-4833>

Алина Р. Гусейнова / Alina R. Guseynova <https://orcid.org/0000-0002-6503-176X>

Оригинальная статья / Original article
УДК: 616.12-008.331.1/.133-004.6/.711-002-06:615.84
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-119-126

Новые подходы к лечению больных артериальной гипертензией с коморбидной патологией, проживающих в экологических условиях юга Западной Сибири

Юрий А. Николаев¹, Владимир Я. Поляков¹, Магомед Г. Магомедов²,
Евгения В. Севостьянова¹

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

²Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо:

Владимир Я. Поляков, д.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории патогенеза соматических заболеваний отдела медико-экологических исследований ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины»; 630117 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова 2.
Тел. +79639423525
Email vpolyakov15@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9606-2331>

Формат цитирования

Николаев Ю.А., Поляков В.Я., Магомедов М.Г., Севостьянова Е.В. Новые подходы к лечению больных артериальной гипертензией с коморбидной патологией, проживающих в экологических условиях юга Западной Сибири // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 119-126. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-119-126

Получена 22 мая 2021 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2021 г.

Принята 5 августа 2021 г.

Резюме

Цель. Целью исследования было изучить эффективность комплексного лечения больных артериальной гипертензией коморбидной с дорсопатией, проживающих на юге Западной Сибири, в зависимости от выраженности атеросклеротического поражения сонных артерий.

Материал и методы. Объектом исследования были 80 больных артериальной гипертензией коморбидной с дорсопатией, проходивших обследование и лечение на базе клиники ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» (ФИЦ ФТМ), Новосибирск, мужчины и женщины в возрасте от 18 до 75 лет. Больные проходили клинко-лабораторное и функциональное обследование в условиях стационара ФИЦ ФТМ. Оценка степени атеросклеротического поражения сонных артерий проводилась с помощью ультразвукового дуплексного сканирования артерий.

Результаты. У больных артериальной гипертензией сочетанной с дорсопатией и атеросклеротическим поражением сонных артерий без гемодинамически значимого стенозирования и признаков нестабильности атеросклеротических бляшек комплексное лечение с применением СМТ-терапии или магнитотерапии более эффективно снижало и стабилизировало систолическое артериальное давление на целевых показателях по сравнению с лечением без аппаратной физиотерапии.

Заключение. У больных артериальной гипертензией учет наличия сопутствующей патологии в виде дорсопатии шейного отдела позвоночника и атеросклероза сонных артерий позволяет персонализировать терапию таких больных с использованием методов физиотерапии, снижая время достижения лечебного эффекта, повышая качество жизни больных.

Ключевые слова

Артериальная гипертензия, атеросклероз, сонные артерии, ультразвуковое дуплексное сканирование, дорсопатия, аппаратная физиотерапия.

New approaches to the treatment of patients with arterial hypertension with comorbid pathology living in the environmental conditions of the south of Western Siberia

Yuriy A. Nikolaev¹, Vladimir Ya. Polyakov¹, Magomed G. Magomedov² and Evgeniya V. Sevostyanova¹

¹Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

²Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Vladimir Ya. Polyakov, Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Pathogenesis of Somatic Diseases, Department of Medical and Ecological Research, Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine; 2 Timakova St, Novosibirsk, Russia 630117. Tel. +79639423525
Email vpolyakov15@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9606-2331>

How to cite this article

Nikolaev Yu.A., Polyakov V.Ya., Magomedov M.G., Sevostyanova E.V. New approaches to the treatment of patients with arterial hypertension with comorbid pathology living in the environmental conditions of the south of Western Siberia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 119-126. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-119-126

Received 22 May 2021

Revised 14 July 2021

Accepted 5 August 2021

Abstract

Aim. The aim of the study was to study the effectiveness of complex treatment of arterial hypertension comorbid with dorsopathy depending on the severity of atherosclerotic lesions of the carotid arteries.

Material and Methods. The object of the study were 80 patients with arterial hypertension comorbid with dorsopathy, admitted for examination and treatment at the clinic of Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine (FRC FTM.) in Novosibirsk. Patients were men and women aged 18 to 75 years. They underwent clinical, laboratory and functional examination in the inpatient facility of the FRC FTM. Assessment of the degree of atherosclerotic lesions of the carotid arteries was carried out using ultrasound duplex scanning of arteries.

Results. It was found that in patients with hypertension combined with dorsopathy and atherosclerotic lesions of the carotid arteries without hemodynamically significant stenosis and signs of instability of atherosclerotic plaques, complex treatment with the use of SMT therapy or magnetotherapy more effectively reduces systolic blood pressure than treatment without hardware physiotherapy and more quickly stabilises blood pressure on targets.

Conclusion. In patients with hypertension accounting for the presence of comorbidities in the form of dorsopathy of the cervical spine and atherosclerosis of the carotid arteries that allows the personalization of the therapy of such patients using methods of physiotherapy, reducing the time to achieve the therapeutic effect improved the quality of life of patients.

Key Words

Arterial hypertension, atherosclerosis, carotid arteries, ultrasound duplex scanning, dorsopathy, apparatus physiotherapy.

ВВЕДЕНИЕ

Артериальная гипертензия (АГ) может рассматриваться как патология, в патогенезе которой важную роль играет нарушение процессов адаптации к неблагоприятным климатическим и географическим условиям [1-3]. Современное развитие юга Западной Сибири связано с возрастанием разнообразия и интенсивности воздействия на население экологических производственных и антропогенно измененных природных факторов, что может быть связано с изменениями показателей здоровья. АГ, сохраняя лидирующее положение среди заболеваний человека, является одной из основных причин утраты трудоспособности и смертности и в клинике часто встречается как одна из нозологий у коморбидных пациентов [4]. Сочетанная патология является одной из актуальных проблем в современной клинической медицине. Она связана не только с увеличением количества больных с несколькими заболеваниями, но и сложностями организации диагностики и лечения, с тяжестью состояния этих пациентов, «маскированием» разных нозологий сходными синдромами, ухудшением прогноза и сложностями проведения профилактики осложнений [5-7]. У этой категории больных увеличиваются финансовые затраты на лечение. Артериальная гипертензия часто протекает в сочетании с дорсопатией и атеросклеротическим поражением сосудов. АГ коморбидная с дорсопатией, представляет собой патогенетически взаимосвязанные патологические процессы, которые требуют особого подхода к диагностике, лечению и профилактике [8; 9]. При этом патогенез коморбидных патологий вызывает повышение артериального давления за счет вертеброгенного механизма, синдрома позвоночной артерии [9; 10], синдрома нарушения вегетативной регуляции, синдрома нарушения микроциркуляции с развитием гипоксии и вертебро-базиллярной недостаточности.

Другой важной коморбидностью при АГ можно рассматривать атеросклеротическое поражение сосудов. Не случайно даже утолщение комплекса интима-медиа отнесено к факторам риска осложнений при АГ [11]. Показана взаимосвязь вертебральных и внутрисосудистых атеросклеротических нарушений в формировании цереброваскулярной недостаточности при АГ и прогрессировании когнитивных нарушений [12]. Коморбидность АГ с дорсопатией шейного отдела позвоночника и атеросклеротическим поражением сонных артерий может существенно снижать кровоснабжение головного мозга и способствовать цереброваскулярным ишемическим осложнениям, что влияет на прогноз заболеваний [13]. Сопутствующие заболевания при АГ зачастую через нарушение механизмов нейроэндокринной регуляции, нарушение метаболизма, активацию воспалительных процессов являются дополнительными факторами, повышающими жесткость сосудистой стенки, развитие эндотелиальной дисфункции, появление и прогрессирование атеросклероза [14-16]. На современном этапе развития диагностических методов одним из наиболее эффективных является оценка состояния стенок и кровотока сонных артерий с помощью ультразвукового дуплексного сканирования артерий [17].

Несмотря на широкий спектр имеющихся антигипертензивных препаратов, остается низкая приверженность пациентов к лекарственной терапии и ее низкая эффективность [18-19]. С целью повышения эффективности лечения АГ разрабатываются комплексные подходы с сочетанием медикаментозных и немедикаментозных методов [19].

Таким образом, сочетание АГ с дорсопатией и атеросклеротическим поражением сосудов требует

разработки новых подходов к лечению с учетом региональных особенностей проживания пациентов.

Цель исследования оценить эффективность комплексного лечения пациентов, проживающих в условиях юга Западной Сибири, с артериальной гипертензией, сочетанной с дорсопатией шейного отдела позвоночника в зависимости от степени атеросклеротического поражения сонных артерий

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования было 80 пациентов Клиники «ФГБНУ Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины» (ФИЦ ФТМ), жителей Новосибирска и Новосибирской области, больных АГ сочетанной с дорсопатией шейного отдела позвоночника. Возраст обследованных составил 18-75 лет, средний возраст 59,1±3,4 года. Обследованные были мужского и женского пола. Работа выполнена в соответствии с требованиями Хельсинской декларации для врачей, проводящих медико-биологические исследования с участием людей (в пересмотре 59-ой Генеральной ассамблеи Всемирной медицинской ассоциации, Сеул, 2008 г). Все пациенты давали информированное согласие на включение в исследование.

Ультразвуковое дуплексного сканирования сосудов проводилось на аппарате Vivid E9 (General Electric, США). У обследованных больных оценивались показатели: диаметр общих, внутренних, наружных сонных, позвоночных артерий, толщина комплекса интима-медиа, пиковая систолическая скорость кровотока общих сонных, позвоночных артерий, индекс резистентности на уровне общих сонных артерий; динамика артериального давления, оцененная путем ежедневных измерений по методу Короткова.

Для верификации диагноза дорсопатия шейного отдела позвоночника проводилась рентгенография, по показаниям компьютерная томография, магнитнорезонансная томография шейного отдела позвоночника.

Пациенты получали одинаковую базисную медикаментозную терапию (антагонисты кальция, бета-блокаторы, ингибиторы АПФ, диуретики). Немедикаментозные методы лечения включали магнитотерапию и электроимпульсное лечение. Магнитотерапию проводили от аппарата «Полус 2» (Россия). Цилиндрические индукторы устанавливались симметрично паравертебрально на нижнешейный, верхнегрудной отделы позвоночника. Использовали переменное магнитное поле интенсивностью 35 мТл, частотой 50 Гц, продолжительность процедуры 10-20 мин., на курс 10 сеансов, ежедневно. Электроимпульсное лечение проводилось от аппарата «Амплипульс – 5», (Россия). Электроды располагались на шейно-грудной отдел позвоночника, паравертебрально, режим 1, частота модуляции 100-75 Гц, глубина модуляции 50-75%, длительность послы-паузы 4-6 сек. Силу тока постепенно увеличивали до появления чувствительных, но не болезненных ощущений вибрации. Длительность процедуры 8 мин., на курс 10 сеансов, ежедневно.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием пакета прикладных программ «STATISTICA 10.0» (Statsoft, США) и пакета анализа «Microsoft Excel». Характер распределения исследуемых параметров оценивали графическим способом и с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. При параметрическом распределении исследуемого признака оценку межгрупповых различий проводили с использованием t критерия Стьюдента. При непараметрическом распределении использовали

U-критерий Манна-Уитни. Выявленные различия считали статистически значимыми при величине $p < 0,05$.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пациенты были разделены на две группы, сопоставимые по: возрасту, клинико-функциональным характеристикам, длительности клинических проявлений заболевания. 1 группа, 32 обследованных (12 мужчин, 20 женщин), у которых максимальное утолщение комплекса интима-медиа была менее 1,5 мм без образования атеросклеротических бляшек. 2 группа, 48 обследованных (25 мужчин, 23 женщины), у которых по данным ультразвукового дуплексного сканирования сосудов шеи были диагностированы умеренные, гемодинамически незначимые атеросклеротические изменения сонных артерий.

При комплексном лечении пациентов с применением аппаратной магнитотерапии во второй группе больных систолическое артериальное давление (САД) статистически значимо снизилось к восьмому дню госпитализации. С 8 по 15 день госпитализации в этой группе пациентов были статистически значимо более низкие цифры САД, чем в первый день госпитализации (табл. 1). В этой группе максимальное снижение систолического артериального давления в процессе лечения было на 14,3% со значения $145,8 \pm 4,2$ мм рт. ст. до $125,0 \pm 5,6$ мм рт. ст. Для сравнения в первой группе (без проявлений или с начальными проявлениями атеросклероза сонных артерий) снижение систолического артериального давления было с $134,9 \pm 3,3$ мм рт. ст. до $123,8 \pm 2,4$ мм рт. ст. – только на 8,6% (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная динамика систолического артериального давления в процессе лечения больных с артериальной гипертензией и коморбидной патологией в зависимости варианта лечения и выраженности атеросклеротического поражения сонных артерий

Table 1. Comparative dynamics of systolic blood pressure in treatment of patients with arterial hypertension and comorbid pathology in dependence on the treatment option and the severity of atherosclerotic lesions of the carotid arteries

Показатель/ группа Index/ group	Группа пациентов с применением аппаратной физиотерапии Group of patients using apparatus physiotherapy		Группа пациентов без применения аппаратной физиотерапии Group of patients without using apparatus physiotherapy	
	АСБ нет (гр 1) Without ASB (gr.1)	АСБ есть (гр 2) With ASB (gr.2)	АСБ нет (гр 1) Without ASB (gr.1)	АСБ есть (гр 2) With ASB (gr.2)
САД1 SBP1	134,9 $\pm$ 3,27	145,8 $\pm$ 4,17	137,5 $\pm$ 3,83	138,6 $\pm$ 6,03
САД2 SBP2	132,6 $\pm$ 3,11	138,3 $\pm$ 4,77	133,7 $\pm$ 2,92	138,6 $\pm$ 4,48
САД3 SBP3	132,3 $\pm$ 3,39	138,3 $\pm$ 4,77	131,2 $\pm$ 2,96	133,2 $\pm$ 3,95
САД4 SBP4	127,9 $\pm$ 3,00	137,5 $\pm$ 3,10	127,8 $\pm$ 2,47	134,1 $\pm$ 3,98
САД5 SBP5	128,0 $\pm$ 3,17	134,2 $\pm$ 3,75	129,7 $\pm$ 2,35	142,7 $\pm$ 6,58
САД6 SBP6	127,9 $\pm$ 3,13	133,3 $\pm$ 4,22	126,4 $\pm$ 2,03*	133,2 $\pm$ 4,00
САД7 SBP7	126,4 $\pm$ 2,80	133,3 $\pm$ 4,22	125,1 $\pm$ 2,25*	134,1 $\pm$ 3,29
САД8 SBP8	123,8 $\pm$ 2,43*	125,0 $\pm$ 5,63*	122,5 $\pm$ 1,76*	134,4 $\pm$ 2,60
САД9 SBP9	124,1 $\pm$ 2,34*	126,7 $\pm$ 3,33*	123,0 $\pm$ 1,28*	130,0 $\pm$ 2,43
САД10 SBP10	126,8 $\pm$ 2,89	123,3 $\pm$ 4,22*	124,5 $\pm$ 1,44*	127,7 $\pm$ 1,83
САД11 SBP11	127,8 $\pm$ 2,39	125,0 $\pm$ 3,87*	125,4 $\pm$ 2,08*	130,7 $\pm$ 2,76
САД12 SBP12	127,9 $\pm$ 2,80	126,0 $\pm$ 2,45*	125,4 $\pm$ 2,08*	130,5 $\pm$ 2,17

Примечание: АСБ – атеросклеротическая бляшка, САД – систолическое артериальное давление (мм рт. ст.);

1-12 – дни госпитализации; * – статистически значимое отличие от соответствующего показателя в первый день госпитализации

Note: ASB – atherosclerotic plaque, DBP – diastolic blood pressure (mm Hg); 1-12 – days of hospitalization;

* – statistically significant difference from the corresponding indicator on the first day of hospitalisation

Таким образом, у больных артериальной гипертензией с атеросклеротическими изменениями сонных артерий и дорсопатией шейного отдела позвоночника комплексное лечение коморбидной патологии с применением аппаратной физиотерапии было более эффективным с более стойким гипотензивным эффектом, чем у больных без атеросклеротических бляшек в области сонных артерий.

В группе больных с умеренными атеросклеротическими изменениями сонных артерий при лечении без применения аппаратной физиотерапии снижение систолического артериального давления было только на 5,6% (табл. 1), без статистически значимого отличия показателей САД в конце госпитализации от первого дня лечения. В этой группе больных максимальное снижение артериального

давления было с показателя 138,6±6,0 мм рт. ст. в первый день госпитализации до 127,7±1,8 мм рт. ст. на 10-й день госпитализации. В тоже время, лечение без применения аппаратной физиотерапии оказалось достаточным для достижения целевых показателей систолического артериального давления у больных 1-й группы, у которых снижение САД было на 9,4%. В этой группе больных максимальное снижение систолического артериального давления было с показателя 137,5±3,8 мм рт. ст. в первый день госпитализации до 122,5±1,8 мм рт. ст. на 8-й день госпитализации.

Аналогичные различия между подгруппами в зависимости от вида применяемого лечения были выявлены и для показателей диастолического артериального давления (ДАД) (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная динамика диастолического артериального давления в процессе лечения больных с артериальной гипертензией и коморбидной патологией в зависимости варианта лечения и выраженности атеросклеротического поражения сонных артерий

Table 2. Comparative dynamics of diastolic blood pressure in treatment of patients with arterial hypertension and comorbid pathology in dependence on the treatment option and the severity of atherosclerotic lesions of the carotid arteries

Показатель ДАД (мм рт.ст.) DBP indicator (mm Hg)	Группа пациентов с применением аппаратной физиотерапии Group of patients using apparatus physiotherapy		Группа пациентов без применения аппаратной физиотерапии Group of patients without using apparatus physiotherapy	
	АСБ нет (гр 1) Without ASB (gr 1)	АСБ есть (гр 2) (With ASB) (gr 2)	АСБ нет (гр 1) Without ASB (gr 1)	АСБ есть (гр 2) (With ASB) (gr 2)
ДАД1 DBP1	84,3±1,73	86,3±1,83	84,1±1,77	85,0±3,44
ДАД2 DBP2	83,6±1,69	84,4±1,75	82,6±1,45	83,6±2,25
ДАД3 DBP3	85,0±2,03	84,4±1,75	81,9±1,48	82,1±1,87
ДАД4 DBP4	82,9±1,56	84,1±1,79	81,4±1,73	83,4±2,77
ДАД5 DBP5	83,2±1,62	83,1±1,62	81,9±1,48	84,3±2,51
ДАД6 DBP6	82,4±1,83	83,9±1,43	80,1±1,20	82,1±1,87
ДАД7 DBP7	80,2±1,71	81,9±1,32	80,4±1,28	81,4±1,43
ДАД8 DBP8	79,0±1,42*	79,4±3,05	78,9±1,24*	81,1±1,09
ДАД9 DBP9	77,8±1,11*	80,0±2,58	79,0±1,07*	82,1±1,14
ДАД10 DBP10	79,3±1,50*	78,3±3,07*	78,8±0,88*	81,8 ±1,82
ДАД11 DBP11	78,9±1,82	78,0±3,74*	80,4±0,42	80,2 ±2,04
ДАД12 DBP12	79,4±1,99	81,7±2,14*	80,0±1,07	80,5 ±1,17

Примечание: АСБ – атеросклеротическая бляшка, ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); 1-12 – дни госпитализации; * – статистически значимое отличие от соответствующего показателя в первый день госпитализации

Note: ASB – atherosclerotic plaque, DBP – diastolic blood pressure (mm Hg); 1-12 – days of hospitalization;

* – statistically significant difference from the corresponding indicator on the first day of hospitalisation

При применении комплексного лечения коморбидной патологии с использованием аппаратной физиотерапии происходило плавное снижение ДАД до целевых значений у больных в первой и второй группах (табл. 2). У больных 2-й группы статистически значимое снижение диастолического артериального давления было с показателя 86,3±1,8 мм рт. ст. в первый день госпитализации до показателя 78,3±3,0 мм рт. ст. в 10-й день госпитализации. У больных 1-й группы статистически значимое снижение диастолического артериального давления было с показателя 84,3±1,7 мм рт. ст. в первый день госпитализации до показателя 79,0±1,4 мм рт. ст. на 8-й день госпитализации.

При лечении коморбидной патологии без применения аппаратной физиотерапии в группе 2 снижение диастолического артериального давления было менее выраженным и стабильным, чем в группе 1 (табл. 2).

При проведении корреляционного анализа у обследованных больных были выявлены прямые корреляционные связи толщины комплекса интима-медиа, измеренного В-режиме ультразвукового дуплексного сканирования в области бифуркации общей сонной артерии, с уровнем общего холестерина ($r=0,57$, $p<0,05$) и уровнем липопротеидов низкой плотности ($r=0,72$, $p<0,05$).

В группе больных, проходивших комплексное лечение коморбидной патологии, в первой половине госпитализации выявлялись обратные корреляционные связи пиковой систолической скорости кровотока во внутренних сонных артериях и систолического артериального давления ($r=-0,62$; $p<0,05$). У больных, проходивших лечение без применения аппаратной физиотерапии, были менее выраженные ($r=-0,44-0,5$; $p<0,05$) обратные корреляционные связи систолического артериального давления до 7-го дня госпитализации и пиковой систолической скорости кровотока во внутренней сонной артерии. В конце курса комплексного лечения таких корреляционных связей не выявлялось. При рассмотрении взаимосвязи скорости кровотока во внутренней сонной артерии с уровнем систолического артериального давления от выраженности атеросклеротического поражения сонных артерий было выявлено отсутствие значимых корреляционных связей между показателями у больных с атеросклеротическими бляшками. У больных без изменений стенки сосудов или с незначительными начальными атеросклеротическими изменениями сонных артерий была выявлена значимая обратная корреляционная связь пиковой систолической скорости кровотока во внутренней сонной артерии и уровнем систолического артериального давления, которая прослеживалась на протяжении всего курса лечения.

При коморбидном сочетании артериальной гипертензии, атеросклероза и дорсопатии шейного отдела позвоночника, в патогенетических механизмах поддержания высокого артериального давления могут участвовать как важные компоненты повышенная жесткость артериальной стенки, вертеброгенно обусловленная извитость позвоночной артерии, атеросклеротическое сужение сонных и экстравазальная компрессия позвоночных артерий. В этом случае комплексное лечение с применением СМТ-терапии и магнитотерапии, снимающая спазм мышц, отечность мягких тканей, улучшая микроциркуляцию в области шеи, уменьшая симптомы воспаления в

шейном отделе позвоночника способствуют уменьшению извитости артерий области шеи, их сдавливания, восстанавливая локальные гемодинамические нарушения, тем самым влияя на патогенетические механизмы поддержания высокого артериального давления и оказывая лечебный, гипотензивный эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, комплексное лечение АГ сочетанной с дорсопатией шейного отдела позвоночника и атеросклерозом сонных артерий до умеренной степени выраженности без гемодинамически значимого стенозирования и признаков нестабильности атеросклеротических бляшек с применением аппаратной физиотерапии (СМТ-терапии, магнитотерапии) дает эффект более выраженного, равномерного и стабильного снижения артериального давления, повышения качества жизни пациентов, улучшения характеристик кровотока в каротидном и вертебральном бассейнах.

Полученные данные могут быть использованы при сравнительных исследованиях взаимосвязи между показателями здоровья и состоянием экологии в различных географических регионах, для разработки принципов и методов оценки медико-социальных показателей здоровья населения, методических подходов к лечению и профилактике коморбидной патологии с учетом экологических региональных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев Ю.А., Митрофанов И.М., Поляков В.Я., Долгова Н.А., Полякова М.Г., Аникина Е.В. Региональные особенности встречаемости факторов риска хронических неинфекционных заболеваний у больных артериальной гипертензией сочетанной с заболеваниями желчевыводящих путей // Фундаментальные исследования. 2014. Т. 10. N 2. С. 333-338.
2. Поляков В.Я., Николаев Ю.А. Роль геоэкологических ритмов в адаптационных процессах сердечно-сосудистой системы у больных артериальной гипертензией // Экология человека. 2011. N 5. С. 36-42.
3. Melnikov V.N., Polyakov V.Ya., Krivoschekov S.G., Baranov V.I., Rechkina S.Yu. Structural-functional characteristics of brachiocephalic vessels in hypertensive patients under changed atmospheric pressure // Human Physiology. 2016. V. 42. N 7. P. 95-98.
4. Севостьянова Е.В., Николаев Ю.А., Митрофанов И.М., Поляков В.Я., Долгова Н.А. Роль факторов риска хронических неинфекционных заболеваний в развитии трансоэкологической полиморбидной патологии в современной терапевтической клинике // Клиническая медицина. 2017. Т. 95. N 8. С. 735-741.
5. Белялов Ф.И. Лечение болезней сердца в условиях коморбидности. Иркутск. 2014. 311 с.
6. Fortin M., Lapointe L., Hudon C., Vanasse A., Ntutu A.L., Maltais D. Multimorbidity and quality of life in primary care: systematic review // Health Qual Life Outcomes. 2004. V. 2. Article: 51. DOI: 10.1186/1477-7525-2-51
7. Nikolaev Yu.A., Mitrofanov I.M., Polyakov V.Ya., Dolgova N.A. Arterial hypertension associated with somatic pathology in present-day practice of internal

- diseases // Health. 2014. V. 6. N 1. P. 94-98. DOI: 10.4236/health.2014.61015
8. Савенков М.П., Иванова С.В. Артериальная гипертензия при патологии шейного отдела позвоночника // Российский кардиологический журнал. 2006. Т. 11. N 5. С. 65-69. DOI: 10.15829/1560-4071-2006-0-65-69
9. Юнонин И.Е., Хрусталев О.А., Курапин Е.В., Юнонина Л.В. Артериальная гипертония и шейный остеохондроз позвоночника: проблемы, решения // Российский кардиологический журнал. 2003. N 4. С. 88-94.
10. Carretero O.A., Oparil S. Essential hypertension. Part I: definition and etiology // Circulation. 2000. V. 101. N 3. P. 329-335. DOI: 10.1161/01.CIR.101.3.329
11. Чазова И.Е., Ратова Л.Г., Бойцов С.А., Небиеридзе Д.В., Карпов Ю.А., Белоусов Ю.Б., Волкова Э.Г., Галевич А.С., Гринштейн Ю.И., Ерегин С.Я., Зыков К.А., Карпов Р.С., Кисляк О.А., Кобалава Ж.Д., Кухарчук В.В., Литвин А.Ю., Лопатин Ю.М., Мартынов А.И., Медведева И.В., Милиагин В.А., Мычка В.Б., Недбайкин А.М., Недогода С.В., Никитин Ю.П., Оганов Р.Г., Остроумова О.Д., Ощепкова Е.В., Перепеч Н.Б., Подзолков В.И., Поздняков Ю.М., Рогоза А.Н., Симонова Г.И., Скворцова В.И., Скибицкий В.В., Терещенко С.Н., Ткачева О.Н., Тувев А.В., Тюрина Т.В., Фомин В.В., Чихладзе Н.М., Чумакова Г.А., Шалаев С.В., Шальнова С.А., Шестакова М.В., Якушин С.С. Диагностика и лечение артериальной гипертензии (Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертонии и Всероссийского научного общества кардиологов) // Системные гипертензии. 2010. N 3. С. 5-26.
12. Дамулин И.В. Легкие когнитивные нарушения // Consilium medicum. 2004. V. 6. N 2. P. 149-153.
13. Tu S.T., Wang I.W., Lin H.F., Liao Y.-Ch., Lin R.-T., Liu Ch-S., SHH J. Carotid intima-media thickness and stiffness are independent risk factor of atherosclerotic disease // J Investig Med. 2010. N 6. P. 786-790. DOI: 10.2310/JIM.0b013e3181e8019d
14. Ердакова Т.К., Саламатина Л.В., Буганов А.А. Особенности эндотелиальной функции у больных артериальной гипертензией на Крайнем Севере // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. 2007. N 2. С. 34-38.
15. Nagano M., Nakamura M., Sato K., Tanaka F., Segawa T., Hiramori K. Association between serum C-reactive protein levels and pulse wave velocity: a population-based cross-sectional study in a general population // Atherosclerosis. 2005. V. 180. N 1. P. 189-195. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2004.11.019
16. Pietri P., Vyssoulis G., Vlachopoulos C., Zervoudaki A., Gialernios T., Aznaouridis K., Stefanadis C. Relationship between low-grade inflammation and arterial stiffness in patients with essential hypertension // J Hypertens. 2006. V. 24. N 11. P. 2231-2238. DOI: 10.1097/01.hjh.0000249701.49854.21
17. Coll B., Betriu A., Feinstein S.B., Valdivielso J.M., Zamorano J.L., Fernández E. The role of carotid ultrasound in assessing carotid atherosclerosis in individuals at low-to-intermediate cardiovascular risk // Rev Esp Cardiol (Engl Ed). 2013. V. 66. N 12. P. 929-934. DOI: 10.1016/j.rec.2013.05.030
18. Блинова В.В., Скворцов Ю.И., Мартынова Е.Ю. Оптимизация диспансерного наблюдения за больными артериальной гипертензией с метаболическими нарушениями // Саратовский науч.-мед. журн. 2010. Т. 6. N 2. С. 325-328.
19. Маркова Е.Н., Николаев Ю.А., Митрофанов И.М., Поляков В.Я., Пospelova Т.И., Долгова Н.А. Качество жизни у больных артериальной гипертензией при применении импульсной электротерапии и хлоридных натриевых ванн // Бюллетень СО РАМН. 2014. Т. 34. N 4. С. 67-72.

REFERENCES

- Nikolaev Yu.A., Mitrofanov I.M., Polyakov V.Ya., Dolgova N.A., Polyakova M.G., Anikina E.V. Regional features of risk factors occurrence of chronic non-communicable diseases in patients with arterial hypertension combined with biliary tract disease. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. 2014, vol. 10, no. 2, pp. 333-338. (In Russian)
- Polyakov V.Ya., Nikolaev Yu.A. Role of geoecological rhythms in adaptive processes of cardio-vascular system in patients with arterial hypertension. Ehkologiya cheloveka [Human ecology]. 2011, no. 5, pp. 36-42. (In Russian)
- Melnikov V.N., Polyakov V.Ya., Krivoschekov S.G., Baranov V.I., Rechkina S.Yu. Structural-functional characteristics of brachiocephalic vessels in hypertensive patients under changed atmospheric pressure. Human Physiology. 2016, vol. 42, no. 7, pp. 95-98.
- Sevast'yanova E.V., Nikolaev Yu.A., Mitrofanov I.M., Polyakov V.Ya., Dolgova N.A. The role of risk factors of chronic non-communicable diseases in the development of transnosological polymorbidity in a modern therapeutic clinic. Klinicheskaya meditsina [Clinical medicine]. 2017, vol. 95, no. 8, pp. 735-741. (In Russian)
- Belyalov F.I. *Lechenie boleznei serdtsa v usloviyakh komorbidnosti* [The treatment of heart disease in the context of comorbidity]. Irkutsk, 2014, 311 p. (In Russian)
- Fortin M., Lapointe L., Hudon C., Vanasse A., Ntutu A.L., Maltais D. Multimorbidity and quality of life in primary care: systematic review. *Health Qual Life Outcomes*. 2004, vol. 2, pp. article: 51. DOI: 10.1186/1477-7525-2-51
- Nikolaev Yu.A., Mitrofanov I.M., Polyakov V.Ya., Dolgova N.A. Arterial hypertension associated with somatic pathology in present-day practice of internal diseases. *Health*, 2014, vol. 6, no. 1, pp. 94-98. DOI: 10.4236/health.2014.61015
- Savenkov M.P., Ivanova S.V. Hypertension in the pathology of the cervical spine. Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal [Russian journal of cardiology]. 2006, vol. 11, no. 5, pp. 65-69. (In Russian) DOI:10.15829/1560-4071-2006-0-65-69
- Yunonin I.E., Khrustalev O.A., Kurapin E.V., Yunonina L.V. Arterial hypertension and cervical spine osteochondrosis: problems, solutions. Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal [Russian journal of cardiology]. 2003, no. 4, pp. 88-94. (In Russian)
- Carretero O.A., Oparil S. Essential hypertension. Part I: definition and etiology. *Circulation*, 2000, vol. 101, no. 3, pp. 329-335. DOI: 10.1161/01.CIR.101.3.329
- Chazova I.E., Ratova L.G., Boitsov S.A., Nebieridze D.V., Karpov Yu.A., Belousov Yu.B., Volkova E.G., Galyavich A.S., Grinshtein Yu.I., Eregina S.Ya., Zykov K.A., Karpov R.S., Kislyak O.A., Kobalava Zh.D., Kukharchuk V.V., Litvin A.Yu., Lopatin Yu.M., Martynov A.I., Medvedeva I.V., Milyagin V.A., Mychka V.B., Nedbaikin A.M., Nedogoda S.V., Nikitin Yu.P., Oganov R.G., Ostroumova O.D., Oshchepkova E.V., Perepetch N.B., Podzolkov V.I., Pozdnyakov Yu.M., Rogozha A.N., Simonova G.I., Skvortsova V.I., Skibitskii V.V., Tereshchenko S.N., Tkacheva O.N., Tuvayev A.V., Tyurina T.V., Fomin V.V., Chikhladze N.M., Chumakova G.A., Shalaev

- S.V., Shal'nova S.A., Shestakova M.V., Yakushin S.S. Diagnostics and treatment of arterial hypertension (Recommendations of the Russian Medical Society for Arterial Hypertension and the Russian Scientific Society of Cardiology). *Sistemnye gipertenzii* [Systemic hypertension]. 2010, no. 3, pp. 5-26. (In Russian)
12. Damulin I.V. Mild cognitive impairment. *Consilium medicum* [Consilium medicum]. 2004, vol. 6, no. 2, pp. 149-153. (In Russian)
13. Tu S.T., Wang I.W., Lin H.F., Liao Y-Ch., Lin R-T., Liu Ch-S., SHH J. Carotid intima-media thickness and stiffness are independent risk factor of atherosclerotic disease. *J Investig Med*, 201, no. 6, pp. 786-790. DOI: 10.2310/JIM.0b013e3181e8019d
14. Erdakova T.K., Salamatina L.V., Bugarov A.A. Features of endothelial function in patients with hypertension in the Far North. *Profilaktika zabolevaniy i ukrepleniye zdorovia* [Disease prevention and health promotion]. 2007, no. 2, pp. 34-38. (In Russian)
15. Nagano M., Nakamura M., Sato K., Tanaka F., Segawa T., Hiramori K. Association between serum C-reactive protein levels and pulse wave velocity: a population-based cross-sectional study in a general population. *Atherosclerosis*, 2005, vol. 180, no. 1, pp. 189-195. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2004.11.019

16. Pietri P., Vyssoulis G., Vlachopoulos C., Zervoudaki A., Gialernios T., Aznaouridis K., Stefanadis C. Relationship between low-grade inflammation and arterial stiffness in patients with essential hypertension. *J Hypertens*, 2006, vol. 24, no. 11, pp. 2231-2238. DOI: 10.1097/01.hjh.0000249701.49854.21
17. Coll B., Betriu A., Feinstein S.B., Valdivielso J.M., Zamorano J.L., Fernández E. The role of carotid ultrasound in assessing carotid atherosclerosis in individuals at low-to-intermediate cardiovascular risk. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2013, vol. 66, no. 12, pp. 929-934. DOI: 10.1016/j.rec.2013.05.030
18. Blinova V.V., Skvortsov Yu.I., Martynova Ey.U. Optimization of dispensary monitoring of patients with arterial hypertension and metabolic disorders. *Saratovskiy nauch.-med. zhurn* [Saratov sci-med. Journ.]. 2010, vol. 6, no. 2, pp. 325-328. (In Russian)
19. Markova E.N., Nikolaev Yu.A., Mitrofanov I.M., Polyakov V.Ya., Pospelova T.I., Dolgova N.A. Life quality of patients with hypertension in the application of pulse electrotherapy and sodium chloride bath. *Byulleten SO RAMN* [SB RAMS Bulletin]. 2014, vol. 34, no. 4, pp. 67-72. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юрий А. Николаев и Магомед Г. Магомедов, концепция и организация проведения исследования, редактирование текста. Владимир Я. Поляков, концепция исследование, проведение ультразвукового исследования пациентам, сбор, обработка, анализ материалов, написание текста. Евгения В. Севостьянова, концепция исследования, редактирование текста. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yuriy A. Nikolaev and Magomed G. Magomedov conceived and organised the study and edited the text. Vladimir Ya. Polyakov, conceived the study, carried out ultrasound examination of patients, collected, treated and analysed materials and wrote the text. Evgeniya V. Sevostyanova conceived the study and edited the text. 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

Юрий А. Николаев / Yuriy A. Nikolaev <https://orcid.org/0000-0002-1690-6080>
 Владимир Я. Поляков / Vladimir Ya. Polyakov <https://orcid.org/0000-0002-9606-2331>
 Магомед Г. Магомедов / Magomed G. Magomedov <https://orcid.org/0000-0003-1897-6784>
 Евгения В. Севостьянова / Evgeniya V. Sevostyanova <https://orcid.org/0000-0003-1132-3801>

Original article / Оригинальная статья

УДК 614.8

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-127-141

The use of a risk-orientated approach in comprehensive assessment of natural and technogenic emergency situations in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region, Russia

Tatyana V. Ovchinnikova, Nikolay D. Razinkov, Pavel S. Kuprienko,
Tatyana V. Ashikhmina, Anastasia V. Shmygol, Anastasia A. Pavlenko
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Principal contact

Tatyana V. Ovchinnikova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Technosphere Safety and Fire Safety, Voronezh State Technical University; 84, 20-letiya Oktyabrya St, Voronezh, Russia 394006.

Tel. +79204669695

Email tvo0104@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7780-1231>

How to cite this article

Ovchinnikova T.V., Razinkov N.D., Kuprienko P.S., Ashikhmina T.V., Shmygol A.V., Pavlenko A.A. The use of a risk-orientated approach in comprehensive assessment of natural and technogenic emergency situations in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 127-141. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-127-141

Received 14 August 2020

Revised 21 December 2020

Accepted 26 April 2021

Abstract

The article reviews methodological approaches to risk assessment based on a comprehensive analysis of the frequency of natural and technological hazards in the territory of the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region.

Aim. The purpose of this article is to assess and calculate the risks of emergency situations, based on a comprehensive analysis of the frequency of occurrence of natural and technological hazards in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region, Russia.

Methods. The risk assessment methods employed were based on the combined characteristics of damage and frequency of occurrence of negative environmental or man-caused processes or hazardous events. Events associated with certain losses or people impacted upon by dangers were considered as negative processes.

Results. The Kashirsky Municipal District is exposed to high risks of flooding, wildfires, biological and social processes, hazards associated with certain housing and communal service regimes and transportation accidents. There are also hydraulic structures and potentially hazardous facilities which increase risks of property damage in the area.

Conclusion. It is necessary to reduce the level of social risk by carrying out preventive activities aimed at minimizing casualties. All scheduled maintenance requirements should be complied with in order to prevent a rise of risk of accident in life sustaining systems and infrastructures. The development of governmental departmental emergency monitoring systems, quarantine procedures and timely observational measures are recommended with the objective of reducing potential biological and social emergencies.

Key Words

Risk, measures, flood, construction, system, warning, erosion, accident, quarantine.

Использование риск-ориентированного подхода в комплексной оценке природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на территории Каширского муниципального района Воронежской области

Татьяна В. Овчинникова, Николай Д. Разиньков, Павел С. Куприенко,
Татьяна В. Ашихмина, Анастасия В. Шмыголь, Анастасия А. Павленко
Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Контактное лицо

Татьяна В. Овчинникова, кандидат биологических наук, доцент, кафедра техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет; 394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.
Тел. +79204669695
Email tvo0104@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7780-1231>

Формат цитирования

Овчинникова Т.В., Разиньков Н.Д., Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Шмыголь А.В., Павленко А.А. Использование риск-ориентированного подхода в комплексной оценке природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на территории Каширского муниципального района Воронежской области // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 127-141. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-127-141

Получена 14 августа 2020 г.
Прошла рецензирование 21 декабря 2020 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

В статье рассматриваются методологические подходы оценки рисков, которые основаны на комплексном анализе частоты развития природных и техногенных опасностей на территории Каширского муниципального района Воронежской области.

Цель. Дать оценку и рассчитать риски чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые основаны на комплексном анализе частоты развития природных и техногенных опасностей на территории Каширского муниципального района Воронежской области.

Методы. В основу методов оценки природного и техногенного риска положена комбинированная характеристика ущерба и частоты негативного природного или техногенного процесса или события. В качестве негативных процессов рассматриваются события, связанные с определёнными потерями (отказами) или реципиентами опасности.

Результаты. Территория Каширского района подвержена рискам, связанным с половодьем, природными пожарами, биолого-социальными процессами, в системах ЖКХ и транспорте. На территории района имеются гидротехнические сооружения и потенциально опасные объекты с повышенными рисками материальных ущербов.

Заключение. Для снижения уровня социального риска необходимо проводить превентивные мероприятия, направленные на уменьшение потерь. С целью недопущения роста риска аварий на системах жизнеобеспечения следует проводить все виды планового ремонта. С целью уменьшения биолого-социальных ЧС рекомендуется развивать ведомственные системы мониторинга ЧС, своевременно вводить карантинные и обсервационные мероприятия.

Ключевые слова

Риск, мероприятие, половодье, сооружение, система, оповещение, эрозия, авария, карантин.

INTRODUCTION

The major hazards in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region are:

1. *Natural*: exogenous – gully formation and upland erosion; hydrospheric – spring flooding; weather extremes (strong winds, downpours, hailstorms, snowdrifts, frosts and dry spells with associated wildfires).
2. *Technological*: anthropogenic – hydrodynamic accidents in waterwork systems; accidents in housing and communal services facilities (water supply network, electric power and heating systems); accidents at hazardous industrial facilities and traffic accidents (road and rail).
3. *Biological and social*: epidemics, epizootics and epiphytotics.

MATERIAL AND METHODS

The Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region was the object of this research. Its located in the Oka-Don Lowland with a total area is 1,060.20 sq. km. It is distinguished by incised river valleys and a less pronounced dissection of the ravine-beam network relative to other areas of the region in the Russian Plain and Kalach Upland. The district's hydrographic network is represented mainly by the Don and Hovorstan Rivers. Relief does not exceed 170 m above sea level. Suffusion depressions are often found, with the largest forms being more than 100 m with depths of $1.5 \div 2$ m.

The district has a mostly temperate continental climate. Maximum annual relative humidity is 80–85%. Average annual rainfall is 571 mm. Westerly winds are dominant (22%) throughout the year but southerly wind changes are also very typical (14%) [1].

Surface and underground waters are characterized by low water availability, the district occupying an intermediate position according to the volume of water resources in the region per head of population. Local surface water runoff resources are more than 50 thousand m^3 per km, while the operational resources of fresh groundwater are 70-90 thousand m^3 per day.

The Kashirsky District has floodplain meadows and forests in the basins of the Don and Hovorstan Rivers. In its western part there are pine and broad-leaved-pine forests which pose a threat of large wildfires during forest fire seasons [2; 3].

A comprehensive assessment of environmental and technogenic emergencies investigated in the district included: statistics of emergency accidents at objects of the same type as has occurred in the past; a graphoanalytical study of the causal relationships of factors leading to accidents; expert assessments of hazardous environmental and technogenic processes; results of express analysis of observed parameters of functioning objects; "hazard indices" (specially designed hazard scales for potentially hazardous substances and relevant quantities) and risk assessments of regional and federal governmental departments, in particular emergency situations of a biological and social nature.

Operational forecasting methods of Russian EMERCOM were used in predicting the parameters of damaging impacts and their territorial distribution.

Approved methods and scientific work carried out under the supervision of the Russian Academy of Sciences, Russian EMERCOM and the Russian Scientific Society for Risk Analysis were used to determine different types of damages [4].

Industrial facilities zoning and facilities separation based on acceptable risk criteria was carried out using methodological approaches developed by the Russian Scientific Society for Risk Analysis and normative documents of the Russian Ministry of Emergency Situations [1; 5]. The acceptable level for risk of emergencies in the Voronezh Region is considered to be $5.72 \cdot 10^{-6}$ 1/year [6]. The maximum allowable value of social risk in terms of the "victim" indicator was adopted as 10^{-4} cases per year in relation to an expected less than 10 number of victims [7].

Natural and man-made risk assessment methods for the Kashirsky District were based on the combined characteristics of the damage and the frequency of negative natural or man-caused processes or accidents. Only those events that are associated with certain losses (failures) of the hazard recipient were considered in negative key.

In order to assess environmental risks, the physical risk of damage in the territory was assessed. It should be noted that this group of risk is crucial for calculating other types of risk, in particular the economic risk of land reduction as a result of exogenous processes. This is expressed by a function [8]:

$$R_e(H) = R_f(H)d_e, (1)$$

where – $R_f(H)$ is the physical risk of land loss (m /year, ha/year, km^2 / year and etc.);

d_e is the distribution of material value (cost of material distribution) (rub./ m^2 , rub./ha, rub./ km^2 and etc.).

In order to found a new indicator of the social risk, d_e can be replaced with population density d_p (inhabitants per square km or inhabitants per hectare) in the formula above:

$$R_p(H) = R_f(H)d_p, (2)$$

This type of risk determines the ability of processes (one or more) to be in the zone of catastrophic development during a certain period of time and, accordingly, economic, material and physical losses, including fatal consequences.

In cases when social and other types of risk are mapped from hazardous natural and technogenic processes which are isolated in the field of fixing losses, their specific indicators which directly characterise the possible damage are used. Accordingly, the individual risk of affecting the population with a certain result, which determines the probability of being an injured member of the risk group in the zone of possible damage, is a specific indicator and criterion for ranking the territory. This type of risk is expressed as the formula below:

$$R_s(H) = R_f(H)d_pP(I) = d_p(H)P(I), (3)$$

where d_p is the population density (inhabitants per square km or inhabitants per hectare);

$P(I) = 1/m$ means the probability that one in the risk zone will be injured (unit fraction);

m is the size of the group (members); $R_s(H)$ is the total social risk of injured population (member/year).

More detailed information about risk assessment in different backgrounds is connected with an additional account of the vulnerability of individual objects of the economy, population and biocenoses which are under the influence of dangerous natural and technogenic processes of a certain intensity and phenomena, destructive power and duration of exposure.

The mathematical risk models considered are used to assess elementary negative effects from dangers of certain genesis, intensity (destructive force) and duration

of effect on homogeneous objects (territories, structures, population groups, etc.). The sum of the elementary danger events for all possible cases of risks, which differ in frequency of occurrence, intensity or rate of development and negative consequences, expresses the full differentiated (private) risk from this danger as inside one as inside all objects in the affected area. The sum of the differentiated risks from all genetic types of hazards affecting an object (s) determines the integral (total) risk of direct losses in the physical, economic, social or environmental spheres of their occurrence.

RESULTS AND DISCUSSION

Risk assessment of environmental emergency

The risk of exogenous processes. The Kashirsky Municipal District is subject to ravine erosion and medium-intensity karst development (Fig. 1). The results of monitoring studies in this regard were produced by TC Voronezhgeomonitoring AO Centralnoe PGO.

According to actual data obtained about the types of exogenous process, by analogy and extrapolation with known values, data obtained (with an allowable error of $\pm 0.5\%$) is shown below in Table 1.

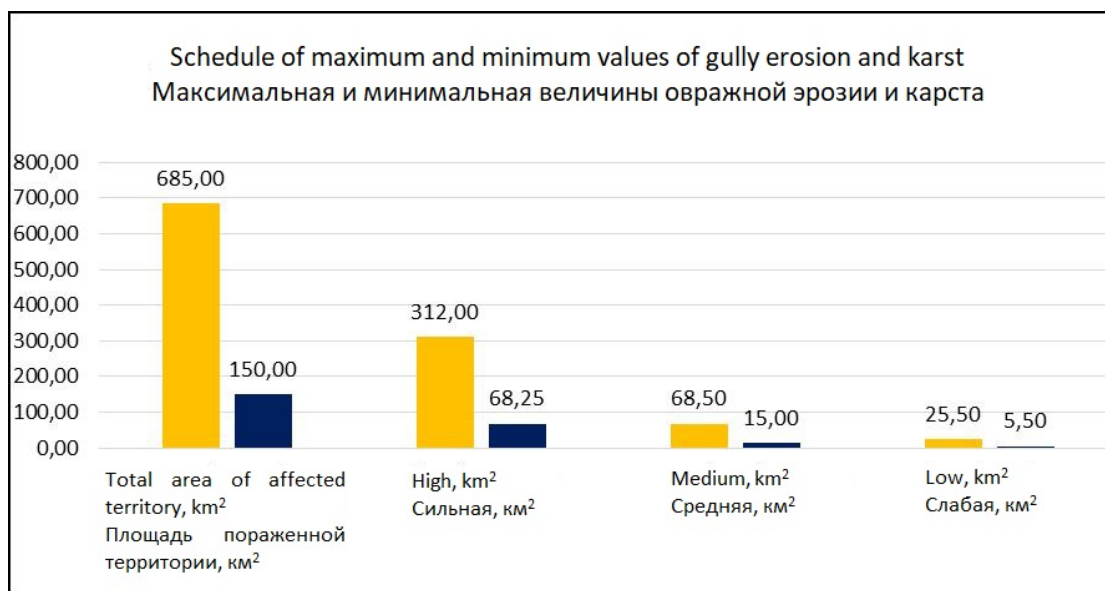


Figure 1. Schedule of maximum and minimum values of gully erosion and karst

Рисунок 1. График максимальной и минимальной величины овражной эрозии и карста

Table 1. The Exogenous Processes of the Kashirsky Municipal District

Таблица 1. Экзогенные процессы Каширского муниципального района

Form of exogenous processes Вид экзогенного процесса	Total area of affected territory, km ² Площадь пораженной территории, км ²	Range of influence on the territory Степень пораженности территории		
		High, km ² (%)	Medium, km ² (%)	Low, km ² (%)
		Сильная, км ² (%)	Средняя, км ² (%)	Слабая, км ² (%)
Gully erosion Овражная эрозия	685	312 (45,5%)	68,5 (10%)	25,5 (3,7%)
Karst Карст	150	68,25 (45,5%)	15 (10%)	5,5 (3,7%)

a) The methodology developed in "Assessment and Management of Natural Risks" [8] and SNiP 22-01-95 "Geophysics of Hazard Natural Processes" were used to assess the risk of gully erosion. In accordance with this SNiP, the range of gully erosion was assessed as low (100 m²/km²). Therefore, the actual risk of loss of the territory as a result of erosion will be:

$$R_{ij}(C) = R_{fs}(C)S_j = 100 \cdot 312 = 31200 \text{ m}^2/\text{km}^2 (3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{km}^2)$$

Accordingly, full ravine erosion and specific economic risks of losses in the district will be:

$$R_c(C) = R_{ij}(C)d_c = 3,1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 1,12 = 34 \text{ thousand rub/year;}$$

$$R_{cs}(C) = R_c(C)/S_j = 34/312 = 109 \text{ rub/km}^2 \text{ year}$$

b) Karst risk is calculated using the above cited methodology [8]. The area intensity of karst deformations for the middle category of karst hazard is $R_{fs}(C) = 0,016 \text{ m}^2/\text{km}^2 \text{ year}$ and the density of the natural-technical system is equal to 1.12 million rub/km².

The karst risk of loss of territory is:

$$R_{ij}(C) = R_{fs}(C) \cdot S_j = 0,016 \cdot 15 = 0,24 \text{ m}^2/\text{km}^2 \text{ year.}$$

The final values of the social and individual karst risks for the population of the Kashirsky Municipal District are defined as a medium range risk.

c) Flood risk. A number of settlements in the Kashirsky District periodically fall into the flood zone (Table 2).

The amount of compensation payments was taken according to real payments for the year 2018 based on possible flooding ranges (expert assessment).

In order to assess social and material damages for appropriate flood protection, the method of aggregate indicators was applied [8]. It is considered advisable to use this method in the absence of detailed data about the situation in areas affected by accidents and sufficient data in geographic information systems. In accordance with this method, the average statistical data of object characteristics and the population density of the territory under consideration are used.

Table 2. Number of Flooded Buildings**Таблица 2.** Количество затопляемых домов

No	Location Населенный пункт	Bodies of water Водные объекты	The number of buildings flooded at the highest water level P % Количество домов, затопляемых наивысшим уровнем воды с вероятностью превышения P%				
			1	5	10	25	50
1.	Biryuchenskoye Бирюченское	Hvorostan Хворостань	19	16	11	2	0
2.	Mosalskoye Мосальское	Hvorostan Хворостань	47	41	8	0	0
Total Всего			66	57	19	2	0
Compensation payments, million rubles Компенсационные выплаты, млн руб.			1,76	1,52	0,52	0,04	0

Assessment of social and material damages were carried out in accordance with local regulatory requirements [6].

As a result of plans established for each area, the locations of Buryachenko (11 buildings), Mosalskoye (9 buildings) were found as points inside the zone with average flood impact.

d) Calculation of risks associated with weather extremes such as strong winds, heavy rain, hail, snow drifts, frosts and droughts are based on a statistical method. The statistical information was taken from the existing database of the territorial centre for monitoring and forecasting emergencies. Social and individual risks for this type of emergency were not considered. Frequencies of accidents that turn into emergencies are taken from available statistics for the past 10 years.

Over the past 10 years, the recorded number of emergencies of these types of environmental events was 18. The number of registered municipalities in the region is 34 (31 municipal regions and 3 urban districts).

Thus, the frequency of the types of noted emergencies: F_{wind} ; $F_{rainfall}$; $F_{hailstorm}$; F_{SD} ; F_{frost} ; F_d , where F_{wind} is $1,8 \cdot 1/34 = 1,8 \cdot 2,94 \cdot 10^{-2} = 5,3 \cdot 10^{-2}$ 1/year. If the emergency level for the district is considered as municipal, therefore, economic damage for assessing financial risk is taken as the equivalent of 500 minimum wages [9], which means 5.640 million rubles for the year 2019. The amount of financial risk is calculated as:

$$R_G = 1,8 \cdot 2,94 \cdot 10^{-2} \cdot 5,640 = 0,3 \text{ million rub./year.}$$

e) Risk assessment of wild fires. Statistical data from the existing database of the territorial centre for monitoring and forecasting emergencies was utilised in calculating risk associated with forest fires. The frequency of wildfires is determined based on statistics of the last 10 years. The social and individual risks for this type of emergency were not considered.

To assess this type of emergency risk, it is incorrect to employ overall statistics for the region, because forest cover of municipal districts varies significantly and significant differences are also observed in forest structure. There are some fragments of pine and broad-leaved forest in the western part of the region. A forest fire has been recorded once (local scale) in the last 10 years.

Thus, the frequency of this type of emergency of the municipal area is $F_{forest} = 1 \cdot 10^{-1}$ 1/year. The emergency level for the area was considered as local, therefore, economic damage to assess financial risk is taken to be the

equivalent of 500 minimum wages. The amount of financial risk is:

$$R_G = 1 \cdot 10^{-1} \cdot 5,640 = 0,564 \text{ million rub./year.}$$

Risk assessment of man-made emergencies

a) Hydro-technical installations accident risks.

There are two potentially dangerous waterworks in the Kashirsky Municipal District:

1) The Moskovsky Pond (reservoir) in the Kondrashkin Log Ravine, 0.5 km to the east of the M-4 road. The hydro-technical installation is federal property of the Federal State Budget Institution, Voronezhmeliovodkhoz. In 2018, the structure was repaired and the waterworks are in a satisfactory condition.

Should dam destruction occur, the M-4 federal road is located along the hydrodynamic flow path. Thus the roadway could be damaged on the reservoir side, requiring repair work (Fig. 2);

2) The Mosalsky Pond (reservoir) in the municipal ownership of the Kashirsky District administration (although it is located closer to Mosalskoye which is at a distance of 0.75 km to the northeast).

The Mosalskoye settlement is located inside a zone of potential danger; 9 houses of Nine Yanvary Street could be damaged by the influence of a potential breakout wave (the first level, in the destruction zone, 3 buildings and on the second, in the flooding zone, 6 buildings. Currently, the hydro-technical installation requires repair (Fig. 3).

To determine the hydrodynamic accident indicators of this hydro-technical installation, programme modules Volna OOO NPP Titan-Optima were used, the results being shown in Tables 3 and 4.

The frequency of emergencies in Table 3 are taken on the basis that the hydraulic facility state is in a balance and, based on the assigned service life of the established relevant class, accident frequency assessment corresponds to an acceptable level of risk for a hydraulic facility of class IV.

b) Risk of accidents at hazardous industrial facilities in the Kashirsky Municipal District.

There are two potentially dangerous facilities in the Kashirsky Municipal District located at Kolodeznyi:

1) Solvent-extraction plant manufacturer – Branch of OOO BUNGE SNG (Safety Data Sheet dated 2015);

2) Prom-Neft-Service Petroleum Products Company (Safety Data Sheet dated 2013) [10].



Figure 2. Locational plan of the M-4 road, 0.5 km from the Moskovsky Pond (M 1: 10 000)

Рисунок 2. Ситуационный план трассы М-4 на 0,5 км от пруда «Московский» (М 1: 10 000)

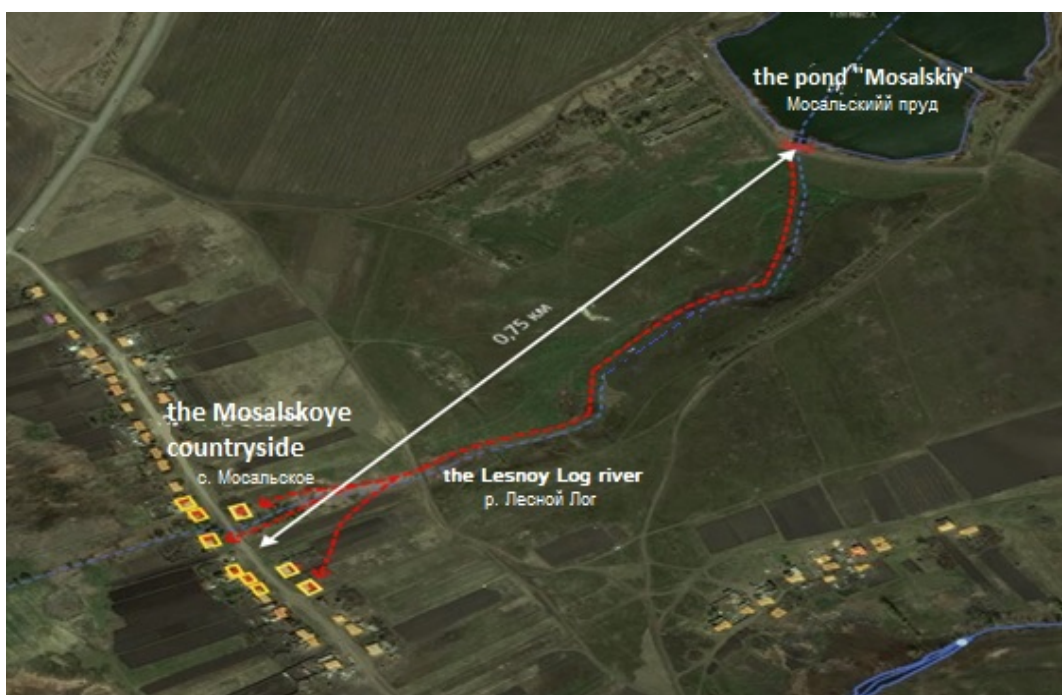


Figure 3. Locational plan of the Mosalskoye settlement, 0.75 km from the Mosalskiy Pond (M 1: 10 000)

Рисунок 3. Ситуационный план с. Мосальское на 0,75 км от пруда «Мосальский» (М 1: 10 000)

The main indicators characterizing the safety of these industrial installations are summarised in Table 4 (Fig. 4).

c) Risk of emergency at housing and public utilities.

Emergencies related to housing and communal services are considered as a daily possibility of violating the living conditions of the population of the Kashirsky Municipal District.

Calculations of the emergency risk assessment of housing and utilities services are based on statistical methodology. Statistics were taken from the database of the territorial centre for monitoring and forecasting emergency situations and the Department of Housing, Utilities Services and Energy of the Voronezh Region. Data

about frequency of accidents has been determined from statistics of the last 10 years. Social and individual risks for these types of accidents have not been considered.

1. The frequency of emergency situations of the electric power system of the Kashirsky Municipal District is $F_{EPS} = 2 \cdot 10^{-1}$ 1/year. The emergency level is classed as of the municipal type. Economic damage for assessing financial risk is taken to be the equivalent of 500 minimum wages. The amount of financial risk is calculated as:

$$R_G = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 5,640 = 1,128 \cdot 10 \text{ million rub./year.}$$

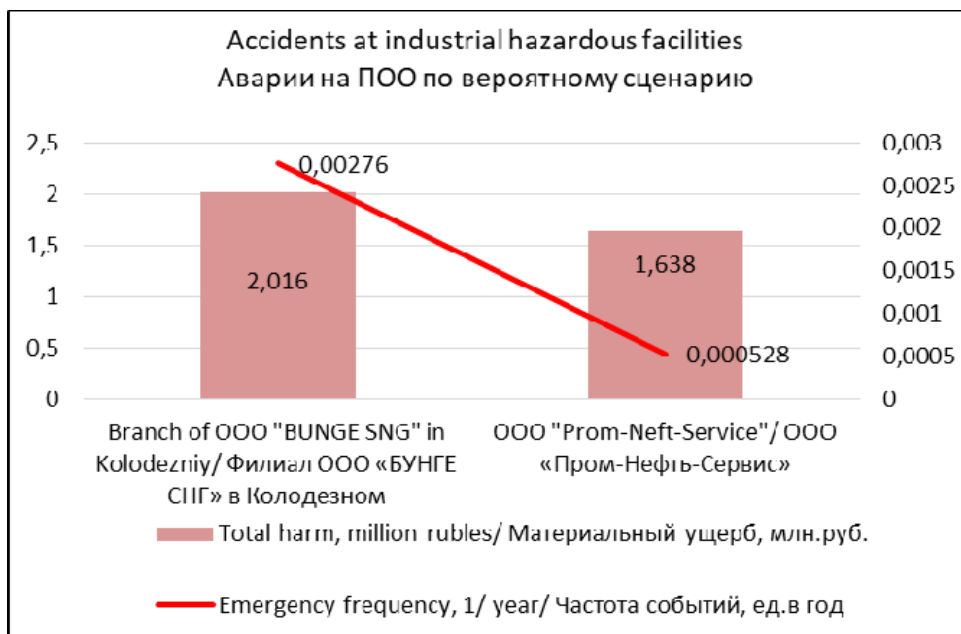
2. There has been no emergency in the water supply systems during the last ten years.

Table 3. Accidents at hydraulic structures**Таблица 3.** Риск ЧС на ГТС

Name of Hydraulic Facilities Наименование ГТС	Event frequency 1/year Частота события 1/год	Number of buildings with low destruction Количество домов со слабым разрушением	Number of buildings with middle type of destruction Количество домов со средним разрушением	Death toll Количество погибших	Number of casualties Количество пострадавших	Property damages, million rubles Имущественный ущерб, млн руб.	Moral hazard assessment, million rubles Оценка морального вреда, млн руб.	Total harm, million rubles Величина общего вреда, млн руб.
Moskovsky Pond Пруд Московский	$1 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	-	5,64	-	5,64
Mosalsky Pond Пруд Мосальский	$1 \cdot 10^{-2}$	-	9	1	2	5,4	2,2	7,6

Table 4. Accidents at hazardous industrial facilities**Таблица 4.** Риск ЧС на ОПО

Name of industrial facility Название опасного производственного объекта	Emergency scenario Сценарий ЧС	Emergency frequency, 1/year Частота ЧС, 1/год	Death toll Погибших, чел.	Number of victims Пострадавших, чел.	Total harm, million rubles Ущерб, млн руб.
Branch of ООО BUNGE SNG in Kolodeznyi Филиал ООО «БУНГЕ СНГ» в Колодезном	Worst Наихудший	$3,1 \cdot 10^{-10}$	3	-	10,012
	Most probable Наиболее вероятный	$2,76 \cdot 10^{-3}$	-	-	2,016
ООО Prom-Neft-Service ООО «Пром-Нефть-Сервис»	Worst Наихудший	$3,23 \cdot 10^{-6}$	4	5	96,859
	Most probable Наиболее вероятный	$5,28 \cdot 10^{-4}$	-	1	1,638

**Figure 4.** Risk indicators for accidents at industrial hazardous facilities in the Kashirsky Municipal District according to the most probable scenario**Рисунок 4.** Аварии на ПОО в Каширском муниципальном районе по вероятному сценарию

3. Regional statistics of heating systems of the Voronezh Region as a whole have been used because there is no statistical data for the Kashirsky Municipal District as an entity. Boiler rooms with their heating system are taken as an object (housing and communal services) to be studied (there are 2,088 in the Voronezh Region). Nevertheless, according to the statistical data regarding incidents involving heating equipment in the Kashirsky Municipal District, there were 11 emergencies.

Thus, the frequency of the study object emergency, including the heating system of the region is calculated as being:

$$F_{\text{heat}} = 1,1 \cdot 1/2088 = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ 1/year (Fig. 5).}$$

According to the information available, there are 58 such objects in the region. Therefore, the total risk indicator will be:

$$F_{\text{heat}} = 5,3 \cdot 10^{-4} \cdot 58 = 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ 1/year.}$$

Economic damage in the assessment of financial risk is taken as the equivalent of 500 minimum wages, because the emergency level is classed as of a municipal type. The amount of financial risk is:

$$R_G = 3,1 \cdot 10^{-2} \cdot 5,640 = 1,75 \cdot 10^{-1} \text{ million rub./year.}$$

d) Risk of transport accidents (Fig. 6).

1. Road traffic accident risk assessment. The result was obtained with reference to the statistical data of the traffic police of the Kashirsky Municipal District. The frequency of emergency is $F_{\text{road}} = 2 \cdot 10^{-1}$ 1/year. The emergency level is local and of municipal type. The economic damage for assessing financial risk is taken as the equivalent of 500 minimum wages. The amount of financial risk is:

$$F_{\text{road}} = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 5,640 = 1,128 \cdot 10^0 \text{ million rub./year.}$$

If the average annual number of deaths from road traffic accidents is 8 people (over the past 10 years), then the individual risk of an accident will be:

$$R_{\text{roadt}} = 8/23802 = 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ 1/year.}$$

2. Railway accident risk assessment. There is no information about emergency statistics relating to railroad accidents in the Kashirsky District during the past 10 years. Thus, calculations were based on regional statistics of the number of emergencies of the Voronezh Region over the past 10 years: i.e. 1 territorial emergency, 4 local and 4 community emergencies. Municipalities in the region with railways number 28. Accordingly, frequencies of railway transport incidents in the municipal area are calculated as:

– for the worst type of scenario

$$F_{\text{railway}} = 1 \cdot 10^{-1} \cdot 1/28 = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ 1/year;}$$

– for the most probably type of scenario

$$F_{\text{railway}} = 8 \cdot 10^{-1} \cdot 1/28 = 2,9 \cdot 10^{-1} \text{ 1/year.}$$

The worst type of emergency is at the regional level, while the most probably type of scenario is at the municipal level. Therefore, the economic damage through financial risk assessment is taken to be in the amount of 247,5 million-ruble as an average criterion for a regional type of emergency [11] and the equivalent of 500 minimum wages is taken as the most probably type of scenario (Fig. 7). Accordingly, the amount of financial risk is:

– for the worst type of scenario

$$R_G = 3,6 \cdot 10^{-2} \cdot 247,5 = 8,91 \cdot 10 \text{ million rub./year;}$$

– for the most probably type of scenario

$$R_G = 2,9 \cdot 10^{-1} \cdot 5,640 = 1,64 \cdot 10^0 \text{ million rub./year.}$$

Social and individual risks of railway accidents were not calculated due to the lack of statistics.

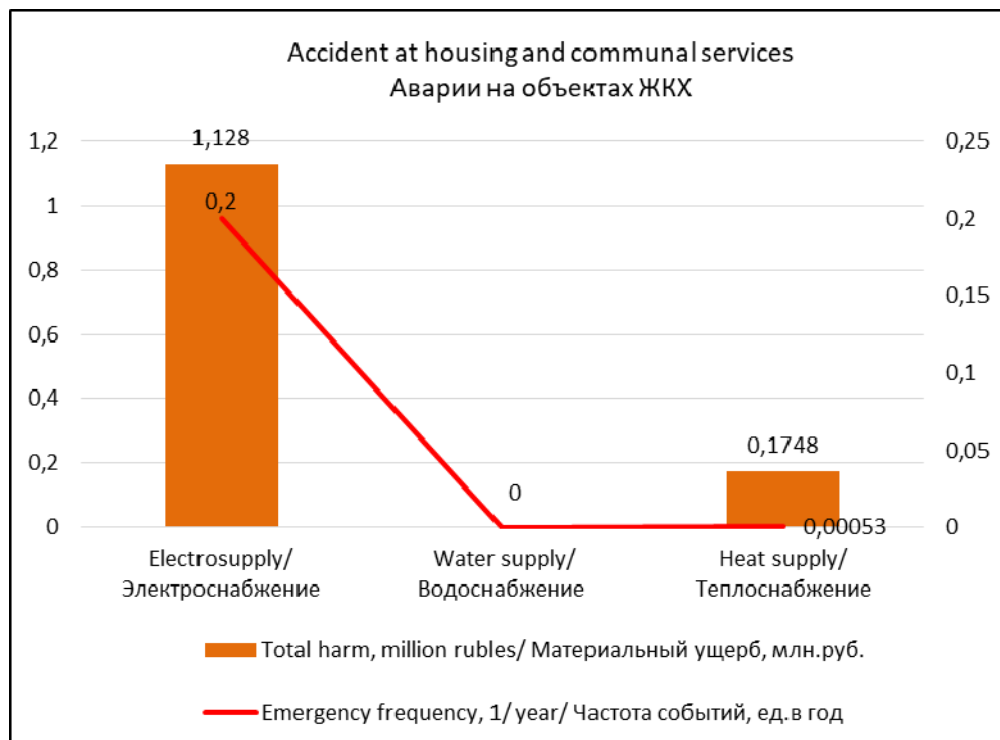


Figure 5. Dependence graph of financial damage of an accident occurring with housing and communal services

Рисунок 5. График зависимости финансового ущерба при наступлении аварии на объектах ЖКХ

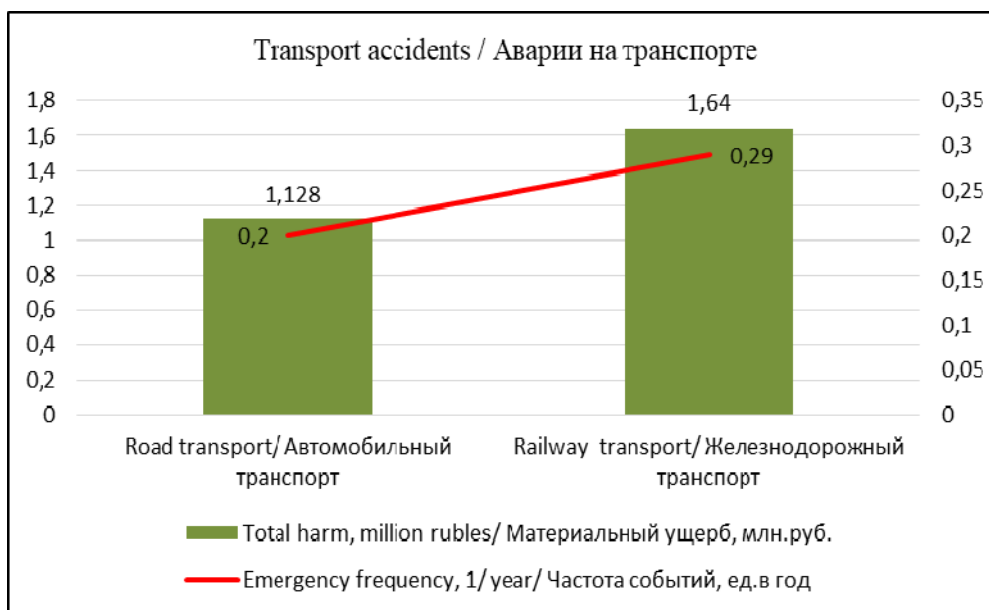


Figure 6. Graph of financial damage of an accident according to different modes of transport
Рисунок 6. График зависимости финансового ущерба при наступлении аварии

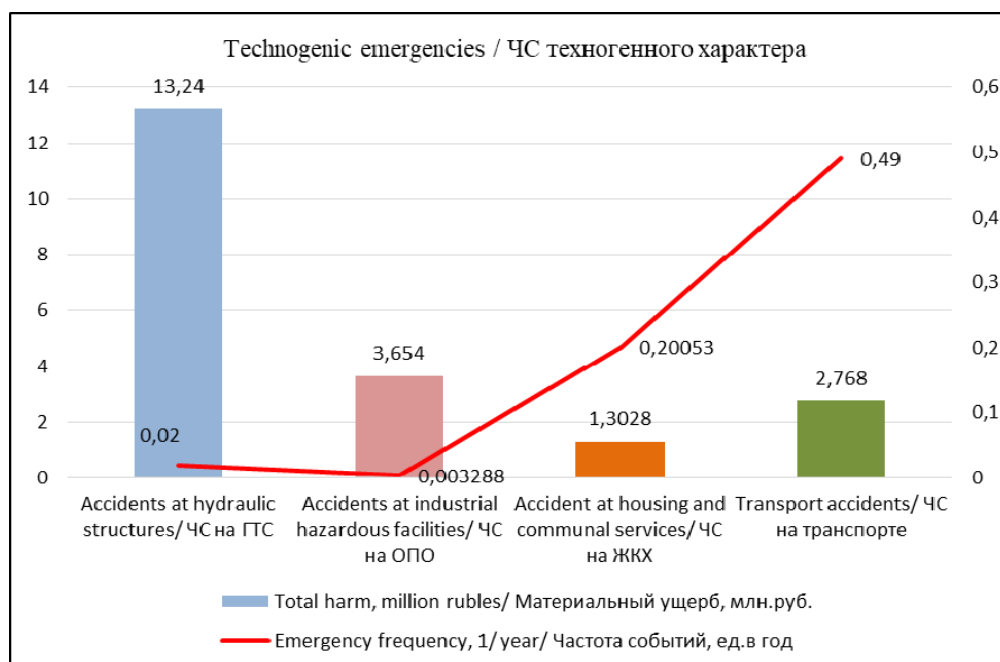


Figure 7. General assessment of the risk of material damage to technogenic emergencies
Рисунок 7. Общая оценка риска материального ущерба техногенных ЧС

Risk assessment of socio-biological emergencies

a) Risk of epidemics. Regional statistics were used to assess the risk of emergencies in the territory of the Kashirsky Municipal District, because there were no emergencies with an extremely high index of the incidence or mortality rate in this area (i.e. exceeding the average annual by more than 3) [11].

The municipal level of emergency epidemic situations has been registered once in the Voronezh Region over a 10 year period. Based on the information that the Kashirsky Municipal consists of 32 territories, the frequency of this type of emergency is calculated as:

$$F_{\text{social.}} = 1 \cdot 10^{-1} \cdot 1/32 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ 1/year.}$$

The economic damage for assessing financial risk is taken as the equivalent of 500 minimum wages, because the type of emergency on the area is considered as municipal.

In this case, the amount of financial risk is:

$$R_{\text{social.}} = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot 5,640 = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ million rub./year.}$$

b) Risk of epizootics. There are no cattle farms and pig farms in the Kashirsky Municipal District. Consequently, statistics of the animal incidence of the Voronezh Region as a whole were used to assess the risk of emergencies in the Kashirsky Municipal District.

Emergency situations of epizootics have been registered once on a municipal level in the Voronezh Region (32 municipal districts) for the last ten years. Thus, the frequency of this type of emergency (taking into account the absence of pig farms in the municipal district) is calculated as:

$$F_{\text{animals.}} = 1 \cdot 10^{-1} \cdot 1/32 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ 1/year.}$$

The emergency level of epizootics in the Kashirsky District is classed as of municipal type. The economic damage for assessing financial risk is taken as the

equivalent of 500 minimum wages.

The amount of financial risk is calculated as:

$$R_G = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot 5,640 = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ million rub./year.}$$

c) Risk of epiphytotics. The prevailing hazardous pests and diseases of crops and forests are considered in the territory of the Kashirsky Municipal District:

Pests affecting crops:

- Rodents – these occur annually during the spring-summer or autumn-winter periods when there are favorable weather conditions in most of the area.

- Locusts – a local population which has no economic value.

- Moths – 1-2 times during the season over a period of 6-12 years. Pest outbreaks with increased density may occur if weather conditions have been favourable in May-June for two consecutive years (i.e. $T = 20-25^\circ\text{C}$ and humidity of more than 75 %). It is possible that moths migrate from adjacent territories that provide natural habitat foci.

- Bugs – approximately every 10 years, individual foci occur with high numbers. If weather conditions are favourable in the spring-summer period with the earth to 20°C , the insect begins to move in active searching of winter cereal crops.

- Colorado beetle – outbreaks occur every year, insecticide treatments being used against the larvae of the pest's first generation, while treatment of 30-50% of the entire sown area of potato is required against larvae of the second generation [12].

2. Crop diseases:

- Septoria leaf spot – occurs every two years when there is a combination of favourable weather conditions (wet) a month before crops starting to sprout;

- Brown leaf rust – occurs every two to three years, its progression being based on a relatively warm winter, rainfall in the first half of the growing season and cool, humid weather in August and September. Treatments are carried out when the disease occurs, during tillering and exit into the tube.

Regional statistics were used to assess the risk of crops succumbing to diseases and pests in the territory of the Kashirsky Municipal District.

The territorial level of emergency situation has been registered once in the Voronezh Region during last 10 years. 32 municipalities in the region were taken into consideration. Thus, the recurrence of the risk of crops death from diseases and pests is calculated as:

$$F_c = 1 \cdot 10^{-1} \cdot 1/32 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ 1/year.}$$

The emergency level is classed as of the municipal type. The economic damage for assessing financial risk is taken as the equivalent of 500 minimum wages. The amount of financial risk is calculated as:

$$R_G = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot 5,640 = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ million rub./year;}$$

d) Pests and diseases of the forest.

1. Forest pests: Forest cockchafer – a local population which has no economic value.

2. Forest diseases: *Heterobasidion annosum* – extensive foci of this disease require radical control measures. It is the principal cause of drying of pines over large areas. Regional statistics of the Voronezh Region were used because there is no statistical data about the Kashirsky Municipal District specifically. Conifers constitute 24% of the total forest value of the Voronezh Region (118.5 thousand ha). Environmental reports of the territorial administration of Rosprirodnadzor indicate that radical measures for the control of *Heterobasidion annosum* require annual processing of about 9 thousand hectares (Fig. 8) [13].

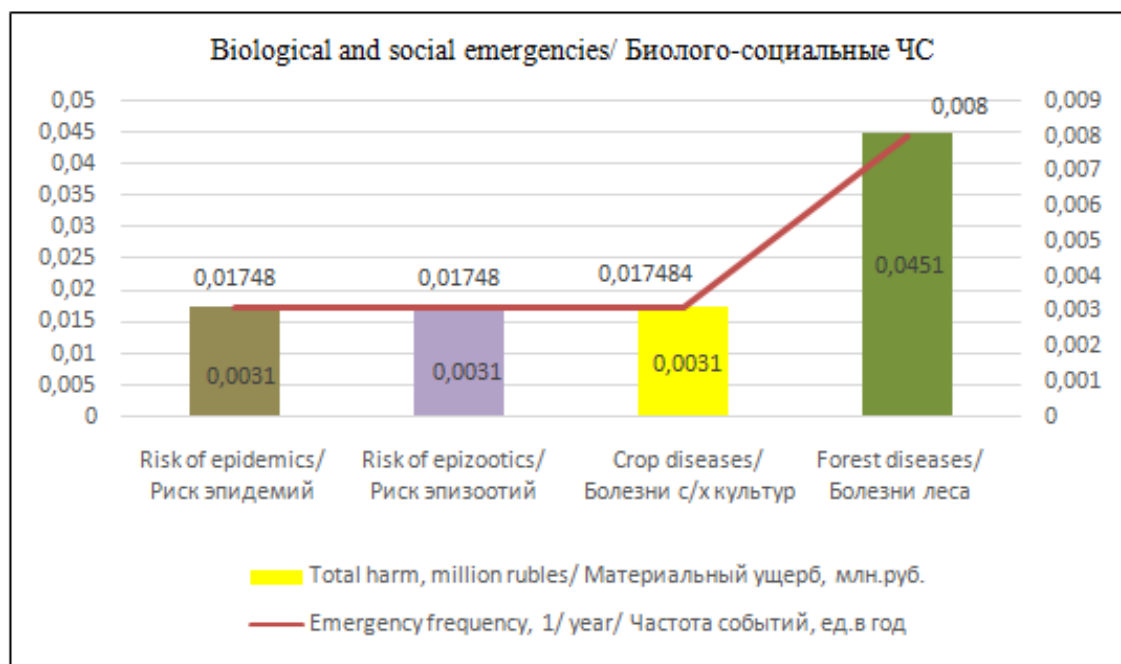


Figure 8. General assessment of the material damage risk of biological and social emergencies

Рисунок 8. Общая оценка риска материального ущерба биолого-социальных ЧС

The area of coniferous forest in the district is 3.58 thousand ha and the risk of coniferous forest disease is determined as follows:

$$F_{\text{forest}} = (9/118,5) \cdot 3,58 \cdot 1/34 = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ 1/year.}$$

The emergency level is classed as of the municipal type and the economic damage for assessing financial risk

is taken as the equivalent of 500 minimum wages. The amount of financial risk is calculated as:

$$R_G = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 5,640 = 4,51 \cdot 10^{-2} \text{ million rub/year.}$$

Analysis of risk assessment results

The frequency of the most possible risks of emergencies in the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region is presented in Table 5.

Table 5. The main possible risks of an emergency on the territory of the Kashirsky municipal district of the Voronezh region

Таблица 5. Основные возможные риски возникновения ЧС на территории Каширского муниципального района Воронежской области

Processes Процессы	Risk Риск	Risk indicator – frequency of accident, 1/year Показатель риска – частота реализации события, 1/год	Specific of manifestations Конкретные проявления	
Environmental emergency / Природные ЧС				
a) exogenous экзогенные	Gully erosion Овражная эрозия	0.06	Occupies 64.6% within the territory of the municipal area Занимает 64,6% в пределах территории муниципального района	
	Karst Суффозионные процессы (карсты)	0.02	Occupies 0,10% within the territory of the municipal area Занимает 0,10% в пределах территории муниципального района	
b) hydrospheic гидрологические	Spring flood on the river Hvorostan Весеннее половодье на р. Хворостань	0.04	Floods the settlement Biryuchenskoye Подвержен затоплению населённый пункт Бирюченское	
		0.03	Floods the settlement Mosalskoye Подвержен затоплению населённый пункт Мосальское	
c) weather extremes климатические экстремумы	Strong wind Сильный ветер	0.04	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
	Rainfall Ливни	0.04	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
	Hail Град	0.03	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
	Snow drifts Снежные заносы	0.03	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
	Frost Замороски	0.04	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
	Drought Засуха	0.03	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района	
d) fires пожары	Forest Лесные	0.04	Areas of pine and broad-leaved forests are located in the Western part of the region В западной части района расположены фрагменты соснового и широколиственного леса	
Technogenic emergencies / Техногенные ЧС				
Accidents / Аварии	a) hydrodynamic гидродинамические	Hydrotechnical facilities closer to the Kondrashkin Log ravine ГТС в балке Кондрашкин Лог	0.06	The pond "Moskovskiy" is placed 0.5 kilometers to the east of the M-4 route Восточнее от трассы М-4 на 0,5 км – расположен пруд «Московский»
		Hydrotechnical facilities near the Mosalskoye countryside ГТС у с. Мосальское	0.04	The pond "Mosalskiy" is placed at a distance of 0.75 km to the Northeast На удалении 0,75 км на северо-восток – расположен пруд «Мосальский»
	b) Industrial промышленные	Branch of ООО "BUNGE SNG" in Kolodezniy Филиал ООО «БУНГЕ СНГ» в Колодезном	0.04	The territory of Kolodezniy п. Колодезный
		ООО "Prom-Neft-Service" ООО «Пром-Нефть-Сервис»	0.06	The territory of Kolodezniy п. Колодезный

c) objects of housing and communal services объекты ЖКХ	Electro-power systems Системы электроснабжения	0.03	On electro-power systems within the territory of a municipal area На электро-энергетических системах в пределах территории муниципального района
	Water systems Водоснабжение	0.03	Water systems within the territory of a municipal area Системы водоснабжения в пределах территории муниципального района
	Heating systems Теплоснабжение	0.04	Heat supply systems within the territory of a municipal area Системы теплоснабжения в пределах территории муниципального района
d) transport транспортные	Road Автомобильные	0.14	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района
	Railway Железнодорожные	0.06	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района
Sociobiological emergencies / Биолого-социальные ЧС			
a) epidemics эпидемии	The result was obtained from the average statistical data of the Voronezh region Результат получен по ср. стат. данным по Воронежской обл.	0.02	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района
b) epizootics эпизоотии	The result was obtained from the average statistical data of the Voronezh region Результат получен по ср. стат. данным по Воронежской обл.	0.02	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района
c) epiphytotics эпифитотии	Crop pests; Crop diseases; forest pests; forest diseases Вредители с./к. культур; болезни с./к. культур; вредители леса; болезни леса	0.06	Within the territory of the municipal area В пределах территории муниципального района

The principal output of the risk assessment for the territory of the Kashirsky Municipal District of the Voronezh Region was the construction of the following diagrams of social risk and risks of damage to property (F / N-F / G-diagrams) (Figs. 9 & 10).

An analysis of Fig. 9 defines the social risk for the area as slightly higher than the maximum allowable. This is based, first of all, on the presence of 11 zones of inundation from flooding and from 2 ponds (reservoirs) which pose a direct threat to population.

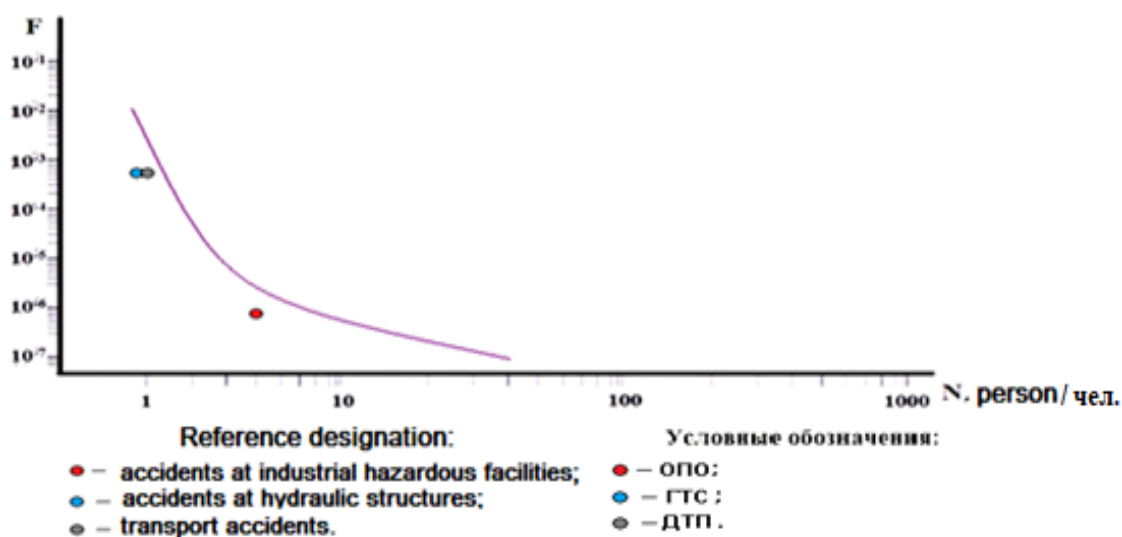


Figure 9. Social risk

Рисунок 9. Социальный риск

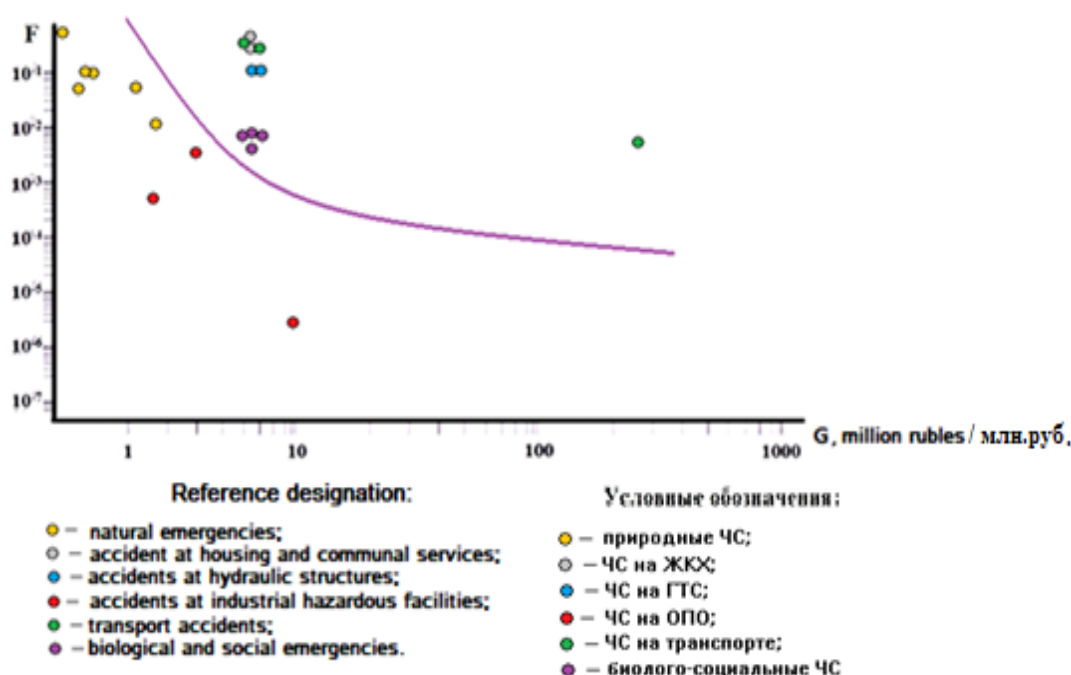


Figure 10. Risks of damage to property
Рисунок 10. Риск материального ущерба

Based on analysis of Fig. 10, the following conclusions can be drawn: the territory of the Kashirsky District is subject to dangers from floods, the presence of potentially dangerous hydraulic facilities, wildfires, biological and social dangers; moreover, there are risks of accidents from housing and communal systems and with transport. The risks of property damage are high enough for emergencies within potentially dangerous situations, but, nevertheless, they can occur.

Potentially hazardous facilities with worst type of scenarios are in the zone of acceptable risk of emergency. According to the most probably type of scenarios, the level of regulatory acceptability is exceeded [8].

CONCLUSION

Recommendations for reducing the risk of emergency

So as to minimise the levels of social risk, preventive measures aimed at reducing losses caused by floods must be achieved by:

- bringing hydraulic structures into compliance with safety level requirements of regulatory documents and developing measures to alert populations at a time of threat - which should significantly reduce potential mortality.
- clearing riverbeds to increase the flow capacity of flood waters, considering the question of possible dam construction in certain areas and conducting other related engineering activities.

It is advisable to increase the reliability of safety regimes of hazardous facilities and of hydraulic structures operations to minimise the consequences of emergencies. In these cases, procedures should be implemented to accelerate operational services' response time, to improve emergency equipment and to develop warning systems for populations located in areas of potential risk.

In order to reduce the risk of forest fires and mitigate their consequences during the fire hazard period,

it is necessary to restrict access to forests and to prepare and equip voluntary units to extinguish forest fires.

Recommendations for reduction of the negative impact of exogenous processes on the Kashirsky Municipal District and its economy through stabilization and protection of vulnerable lands include 2 groups of approaches:

- for gully erosion: embankments and afforestation of developing ravines; planting of bottom plantations for sludge filtration (poplar, willow) in order to reduce bottom erosion; limitation of water-retaining capacity shafts on slopes to reduce soil erosion; meadow formation for side ravines in places of pipeline incision together with strengthening with stones.
- for karst processes: regional planning which involves filling fissures with clay, backfilling of funnels, water-collecting plumbing systems with channels to drain rain and melt water.

In order to prevent the risk of a rise in accidents to life sustaining systems of housing and communal services, scheduled repair compliance, gas system and electricity monitoring and a review of water payment protocols are recommended. This is because any disconnection which arises from malfunction places the life support system and infrastructure at risk.

Based strictly on the objective of reducing potential biological and social emergencies, it is recommended that government departmental emergency monitoring systems be developed whose units will be located in the territories where dangers may occur. Moreover, their equipment, quarantine and observational measures must be improved.

REFERENCES

1. Ovchinnikova T.V., Kuprienko P.S., Smolyaninov V.M., et al. *Shagi resheniya kontseptsii «Bezopasnyi region»* [Steps to Solving the Safe Region Concept]. Voronezh, Cifrovaya Poligrafia Publ., 2018, 333 p. (In Russian)

2. Faleev M.I., ed. *Upravlenie riskami tekhnogennykh katastrof i stikhiinykh bedstvii (posobie dlya rukovoditelei organizatsii)* [Management of Technogenic Risk and Disasters (Organization Leaders Manual)]. Moscow, 2016, 270 p. (In Russian)
3. Decree of the Government of the Russian Federation dated 17.08.2016 No.806 "On the application of a risk-based approach in the organization of certain types of state control (supervision) and amendments to some acts of the Russian Federation". (In Russian)
4. Order of Rostekhnadzor dated 11.04.2016, no. 144, Safety Guide "Methodical bases on conducting hazards analysis and accident risk assessment at hazardous production facilities". (In Russian)
5. *GOST R 55059-2012 BChS. Menedzhment riska chrezvychainoi situatsii. Terminy i opredeleniya* [GOST R 55059-2012 BChS. Emergency Risk Management. Terms and Definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2018, 13 p. (In Russian)
6. *GOST R 22.10.02-2016 BChS. Menedzhment riska chrezvychainoi situatsii. Dopustimyi risk chrezvychainoi situatsii* [GOST R 22.10.02-2016 BChS. Emergency Risk Management. Acceptable Risk of Emergency]. Moscow, Standartinform Publ., 2019, 18 p. (In Russian)
7. Methodologies for assessing the risks of emergency situations and standards for acceptable risk of emergency situations. Approved by First Deputy Minister of Russian EMERCOM, R.H. Calikov, dated 09.01.2008, No.1-4-60-9. (In Russian)
8. Ragozin A.L., ed. *Otsenka i upravlenie prirodnymi riskami. Tematicheskii tom* [Assessment and Management of Natural Risks. Thematic Tome]. Moscow, KRUK Publ., 2003, 320 p. (In Russian)
9. Order of Russian EMERCOM dated 08.07.2004, No.329 "On the approval of emergency information criteria" (In Russian)
10. Order of Russian EMERCOM dated 04.11.2004, No.506 "On approval of a standard safety data sheet for a hazardous facility" (reg. by Ministry of Justice of the Russian Federation dated 22.12.2004 No. 6218). (In Russian)
11. Order of Rostekhnadzor dated 29.03.2016, No.120 «On approval of the methodology for determining the amount of damage that may be caused to life, health of individuals, property of individuals and legal entities as a result of an accident in a hydraulic structure (except for navigable and port hydraulic engineering structures)". (In Russian)
12. Federal law dated 27.12.2002, No.184-FZ (29.07.2017 edition) "On technical regulating" (In Russian)
13. Federal law dated 22.07.2008, No.123-FZ (29.07.2017 edition) "Technical regulations for fire safety requirements" (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatyana V. Ovchinnikova and Nikolay D. Razinkov collected data on natural and technical risks and wrote a manuscript. Pavel S. Kuprienko, Tatyana V. Ashikhmina, Anastasia V. Shmygol and Anastasia A. Pavlenko analyzed the data and calculated the results obtained, participated in writing the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овчинникова Т.В., Куприенко П.С., Смольянинов В.М. и др. Шаги решения концепции «Безопасный регион». Воронеж: «Цифровая полиграфия», 2018. 333 с.
2. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций). Под общ. ред. Фалеева М.И. Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 270 с.
3. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 N 806 «О применении рискориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесения изменений в некоторые акты.
4. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
5. ГОСТ Р 55059-2012 БЧС. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018. 13 с.
6. ГОСТ Р 22.10.02-2016 БЧС. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Допустимый риск чрезвычайной ситуации. М.: Стандартинформ, 2019. 18 с.
7. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций. Утв. первым заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Р.Х. Цаликовым 9.01.2008 N 1-4-60-9.
8. Оценка и управление природными рисками. Тематический том. Под ред. Рагозина А.Л. Москва: «КРУК», 2003. 320 с.
9. Приказ МЧС России от 08.07.2004 N 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях».
10. Приказ МЧС России от 04.11.2004 N 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» (зарег. в Минюсте РФ 22.12.2004 N 6218).
11. Приказ Ростехнадзора от 29.03.2016 N 120 «Об утверждении Методики определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)».
12. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании».
13. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна В. Овчинникова и Николай Д. Разиньков собрали данные по природно-техническим рискам, написали рукопись. Павел С. Куприенко, Татьяна В. Ашихмина, Анастасия В. Шмыголь, Анастасия А. Павленко проанализировали данные и проводили расчеты полученных результатов, участвовали в написании рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Татьяна В. Овчинникова / Tatyana V. Ovchinnikova <https://orcid.org/0000-0002-7780-1231>

Николай Д. Разиньков / Nikolay D. Razinkov <https://orcid.org/0000-0001-8637-1029>

Павел С. Куприенко / Pavel S. Kuprienko <https://orcid.org/0000-0002-7430-8118>

Татьяна В. Ашихмина / Tatyana V. Ashikhmina <https://orcid.org/0000-0002-2451-2321>

Анастасия В. Шмыголь / Anastasia V. Shmygol <https://orcid.org/0000-0003-4885-9394>

Анастасия А. Павленко / Anastasia A. Pavlenko <https://orcid.org/0000-0001-8943-227X>

Review article / Обзорная статья

УДК 01.10.2021

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179

This research was undertaken as a Socio-Ecological Production Landscape (SEPL) Case Study for the International Partnership for the Satoyama Initiative

Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus

Guy Petherbridge¹, Magomed M. Ismailov², Shamil M. Ismailov², Murtazali Kh. Rabadanov¹, Alimurad A. Gadzhiev¹, Abdulgamid A. Teymurov¹, Murtuzali R. Rabadanov¹, Madina G. Daudova¹ and Abdul-Gamid M. Abdulaev¹

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia²Verkhnee Gakvari School, Verkhnee Gakvari, Russia

Principal contact

Guy Petherbridge, Professor, Caspian Centre for Nature Conservation, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79886340050

Email caspianconservation@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

How to cite this article

Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov Sh.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.-G.M. Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 142-179. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179

Received 28 June 2021

Revised 14 July 2021

Accepted 15 August 2021

Abstract

Aim. To examine the contribution structured systems of social mores (adat) and religious and secular public education have made to developing and sustaining socio-ecological environment management in one community, Verkhnee Gakvari, in the upper valley of the Andiiskoe Koisu in the Dagestan Caucasus, from deep antiquity to the present day.

Discussion. The research involved an extensive review of the relevant literature and on-line resources dedicated of the region. Communities were visited across the region and discussions were undertaken with their representatives, as well as with other stakeholders. A particular emphasis was placed on the exemplary system of environmental education provided at the Verkhnee Gakvari School and its positive impact in sustaining the socio-ecological production landscape of its territory. Significant progress was made in researching and documenting the range of issues fundamental to understanding the formation and continuity of the interdependencies with nature and the cultural landscapes unique to these agro-pastoral cultures of the upper Andiiskoe Koisu. This includes a comprehensive documentation of the contributions the Verkhnee Gakvari School has made to the preservation of its community's socio-ecological production landscape.

Conclusion. Verkhnee Gakvari and other traditional communities of the upper Andiiskoe Koisu present a unique multi-millennial cultural continuum of global significance for understanding the evolution of human society and are a remarkable survival in Europe of successful and harmonious socio-ecological production landscape interdependencies. As the combined impacts of modern society and climate change now inevitably impinge upon the ability of the inhabitants of this ancient homeland to sustain the benefits which they have so successfully crafted from their environment, the region is in priority need of national and international recognition and support.

Key Words

Socio-ecological production landscape, environmental management, agro-pastoral community, Dagestan, Caucasus.

Верхнее Гаквари: вклад адата, религиозных убеждений и народного образования в коллективное управление окружающей средой в агро-пастырском сообществе Дагестанской части Большого Кавказа

Гай Петербридж¹, Магомед М. Исмаилов², Шамиль М. Исмаилов², Муртазали Х. Рабаданов¹, Алимурат А. Гаджиев¹, Абдулгамид А. Теймуров¹, Муртузали Р. Рабаданов¹, Мадина Г. Даудова¹, Абдул-Гамид М. Абдулаев¹

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Верхнегакваринская Школа-Сад, Верхнее Гаквари, Россия

Контактное лицо

Гай Петербридж, Профессор, Каспийский центр охраны природы, Институт экологии устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367001 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +79886340050

Email caspiansconservation@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

Формат цитирования

Петербург Г., Исмаилов М.М., Исмаилов Ш.М., Рабаданов М.Х., Гаджиев А.А., Теймуров А.А., Рабаданов М.Р., Даудова М.Г., Абдулаев А.-Г.М. Верхнее Гаквари: вклад адата, религиозных убеждений и народного образования в коллективное управление окружающей средой в агро-пастырском сообществе Дагестанской части Большого Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 142-179. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179

Получена 28 июня 2021 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2021 г.

Принята 15 августа 2021 г.

Резюме

Цель. Изучить вклад структурированных систем социальных нравов (адатов), религиозного и светского государственного образования в развитие и поддержание управления социально-экологической среды в сообществе Верхнее Гаквари, расположенном на верхнем участке р. Андийское Койсу в высокогорном Дагестане от глубокой древности до наших дней.

Результаты. Исследование включало обширный обзор соответствующей литературы и онлайн-ресурсов, посвященных региону. Посетили сообщества по всему региону и провели обсуждения с их представителями, а также с другими заинтересованными сторонами. Особый акцент был сделан на образцовой системе экологического образования в школе Верхнее Гаквари и ее положительном влиянии на сохранение социально-экологического производственного ландшафта территории. Значительный прогресс был достигнут в исследовании и документировании ряда фундаментальных вопросов для понимания, формирования и непрерывности взаимозависимостей с природными и культурными ландшафтами, уникальными для этих агро-пастбищных систем верхнего участка р. Андийского Койсу. Это включает в себя исчерпывающую документацию о вкладе школы Верхнее Гаквари в сохранение социально-экологического производственного ландшафта своего сообщества.

Заключение. Верхнее Гаквари и другие традиционные сообщества верхнего участка р. Андийского Койсу представляют собой уникальный многовековой культурный континуум глобального значения для понимания эволюции человеческого общества и являются удивительным пережитком с гармоничной взаимозависимостью социально-экологического производственного ландшафта. Современное общество и климатические изменения оказывают влияние на возможность сохранения природных благ жителями этой древней родины. Таким образом, рассматриваемый регион в первую очередь нуждается в государственной поддержке и международном признании.

Ключевые слова

Социально-экологический производственный ландшафт, природопользование, агро-пасторальное сообщество, Дагестан, Кавказ.

INTRODUCTION

This study was undertaken to document and raise awareness of the long, uninterrupted course of human occupation in harmony with nature of the upper Andiiskoe Koisu region in the high Caucasus of Dagestan from the perspective of the role played by social mores (*adat*) and religious and secular education in collective environmental management with a focus on the exemplary contributions of the Verkhnee Gakvari community and its school.



Figure 1. Minaret of Verkhnee Gakvari: View across the Andiiskoe Koisu to the Bogossky Ridge

Three interconnecting rivers systems (Koisu) drain the inner fastnesses of the south-west of the Dagestan Caucasus. The turbulent headwaters of the most remote of them, the Andiiskoe Koisu, slice a dramatic course amongst towering snowy ranges, still being sculpted by remnant glaciers of the great ice sheet which enclosed the entire high Caucasus during the last Ice Age (c. 110,000-11,000 years ago) [1-12].

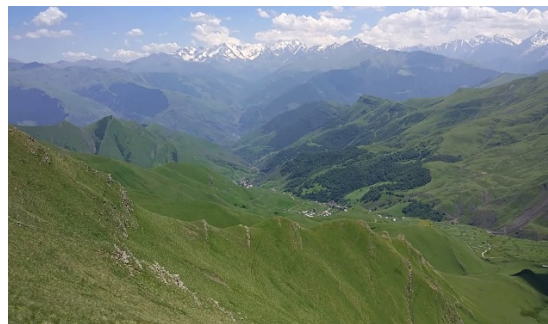


Figure 2. View from the Snegovoy Ridge across the valley of the Gakvarinka River and the territories of Verkhnee and Nizhnee Gakvari to the Andiiskoe Koisu and the Bogossky Ridge

Here, as climatic conditions gradually ameliorated following the last Ice Age, a complex of post-glacial high altitude landforms were ultimately to provide a home for the rich and diverse range of alpine and subalpine flora and fauna and habitats which characterize the region today. Man, having survived in the glacial refugia provided by the adjacent lowlands of Transcaucasia following the first appearance of hominids in Eurasia there some 1.8 million years ago, was to return to hunt and forage and find a uniquely compatible ecosystem, sheltered by geology from outside view and intrusion and blessed by nurturing microclimates and bounteous soils. By some 6,000 years ago, Neolithic man was optimizing a range of fertile bio-

niches in the Dagestan highlands for permanent habitation on the basis of high altitude cereal-based agriculture and stock-raising, maximizing the benefits of what nature had to offer and in symbiosis and co-evolution with it [13].

For the first 50 km of its course the Andiiskoe Koisu cuts a massive south-north gorge through a post-glacial topography fed by deeply incised tributary valleys on either side flowing off the mountain peaks of the Snegovoy Ridge to the west (highest 4,285 m) and the Bogossky Ridge to the east (highest 4,151 m) [14]. Today this richly geodiverse territory is administratively the Tsudmadinskiy District of Dagestan (Fig. 3-4).



Figure 3. Map of the western Caspian Sea area and eastern Caucasus. First European map to indicate the existence and approximate location of "Awaria" (Avaria), through which runs the Andiiskoe Koisu. By Joseph Nicholas de l'Isle, 1727

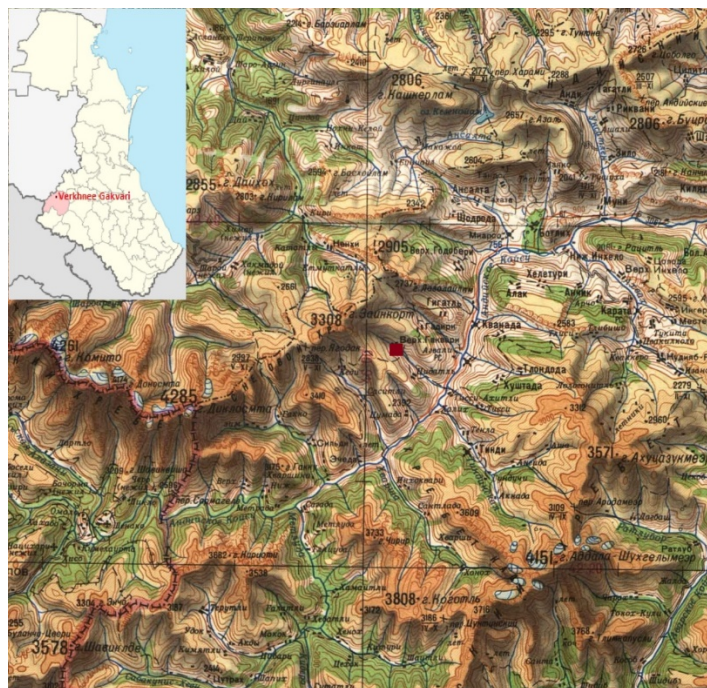


Figure 4. Topographic map of the Tsumadinsky District and neighbouring districts with the valley and tributaries of the Andiiskoe Koisu. Verkhnee Gakvari is located in the valley in the centre of this image. Inset indicates location of the village and district in the Republic of Dagestan

The Andiiskoe Koisu eventually changes to a more open course to the northeast below the regional agricultural and market centre of Botlikh as the geology abruptly changes, allowing orchard and other crops to be grown in broad man-made stone-walled terraces along the river banks in an area of rain shadow which is drier than the moister upper reaches.

Upstream the settlers of the communities of the north-central upper headwaters region of the Andiiskoe Koisu chose to occupy and optimize unique geomorphological and associated ecological resources of fertile pockets of arable alluvial and glacial soils which had accumulated between sub-alpine and alpine altitudinal zones in each of the tributary valley systems feeding into the Koisu.

The equitable microclimate which characterizes the north-central section of the headwaters gorges and tributary valleys was an important factor in the choice of settlement locations in terms of both human comfort and mobility and agricultural requirements. Winters are rarely extremely cold and snow generally did not lie on the ground for long periods, there being persistent snow cover only on the highest peaks bordering the Koisu. Summers are mild and sunny with frequent downpours of rain. Of major significance also was that these altitudes were above the “fever zone”, the areas of endemic malaria which plagued populations of the coastal lowlands and lower levels of the river systems of Dagestan [15]. High mountain crops likewise were little affected by the insect pests to which they were subjected in lowland areas.

Unlike in many other parts of highland Dagestan, where much ingenuity, time and effort has been expended over many millennia in constructing substantial tiers of terraced fields to retain sparse soil resources, post-glacial pockets of deep argillaceous soil in the north-central landscapes of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu

were available to be used with much less human engineering effort. The inherent slope stability of these soils meant that terraces sculpted by hoe to create even fields kept their form without masonry retaining walls.

Research into the genetics and linguistic histories of current populations in the headwaters region of the Andiiskoe Koisu indicates that already by some six millennia ago, groups had begun creating what were to become unique cultural enclaves in each of the major tributary zones along the gorge, each developing its own language and ethnic traditions but sharing the same ways of utilizing the landscape and its resources. Today these enclaves (often never larger than a few thousand individuals) survive having preserved their geographic, linguistic and cultural identities intact for thousands of years without any fundamental disruption. Their languages – Godoberi, Botlikh, Chamalal, Bagulal, Tindi and Khvarshi – belong to the Avar-Andic-Didoic group. There is also a section in the left central flank of the headwaters region of the Koisu where the indigenous language is Avar (Fig. 5, 6). The combination of geography and patriarchal endogamy has produced a highly structured regional population exhibiting great linguistic diversity, with genetically isolated societies existing more or less autonomously within a relatively small geographic territory [16-27].

The subsistence economies of these agro-pastoral communities evolved with a reliance on benefits (a) produced by man in interaction with and reliance on nature and (b) produced by and directly obtained from nature. Traditional subsistence was based on the cultivation of cereals (much later supplanted by potatoes and corn) and the raising of sheep and the robust, small cattle, as well as the use of products sourced from forests and the vegetation of more open natural habitats. These resources are still the mainstay of existence in the high mountain communities of the Andiiskoe Koisu.

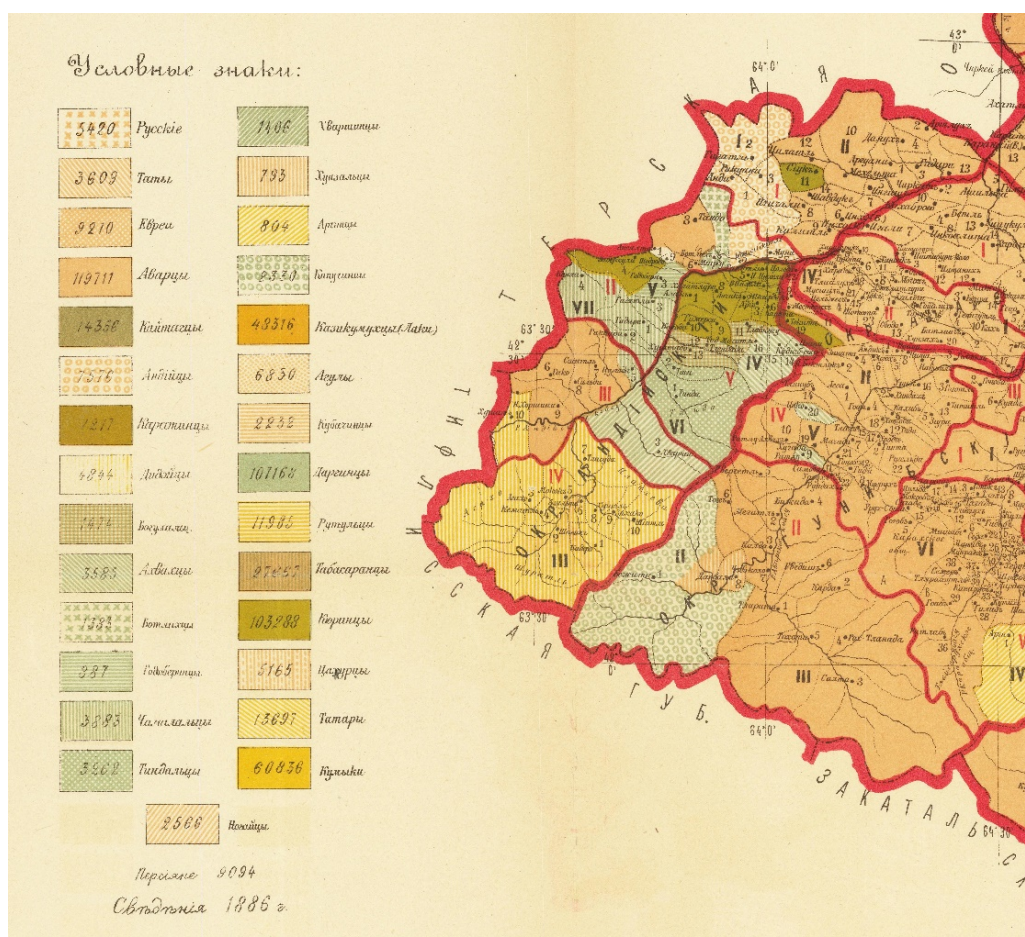


Figure 5. Detail of Russian ethnographic map of the Dagestan oblast of 1886 demarcating the Andiiskoe Okrug and the ethno-linguistic enclaves of the “Botlikhtsi, Godoberintsi, Chamalaltsi, Bogulaltsi, Tindaltsi and Khavarshintsi” The Chamalals numbered 3,883

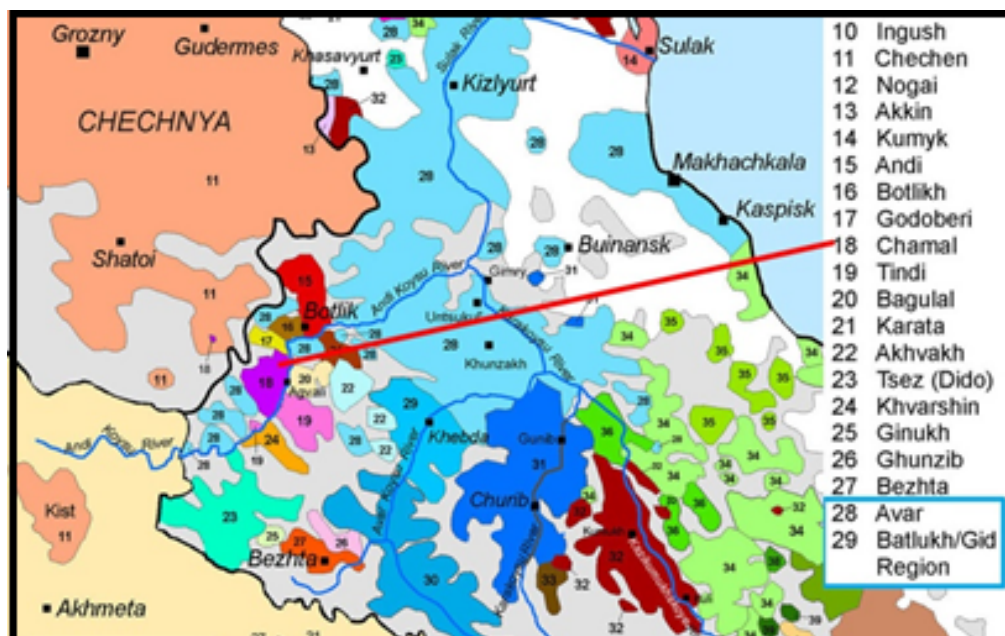


Figure 6. Map showing areas where West Dagestanian languages are spoken: Botlikh, Karata, Chamalal, Bagvalal, Tindi and Avar and the Didoic of Khvarshi

Eco-Functional Altitudinal and Geomorphological Zonation

A key feature of the common agro-pastoral culture developed by communities in the region is that their territories are divided according to clear patterns of eco-functional altitudinal and geomorphological zonation, which, once successfully established, have been

consciously maintained for millennia in ways which mirror the Japanese Sotoyama relationships [28].

These functional zones can be schematically represented thus for the generality of high mountain settlements on either side of the Koisu (Fig. 7).

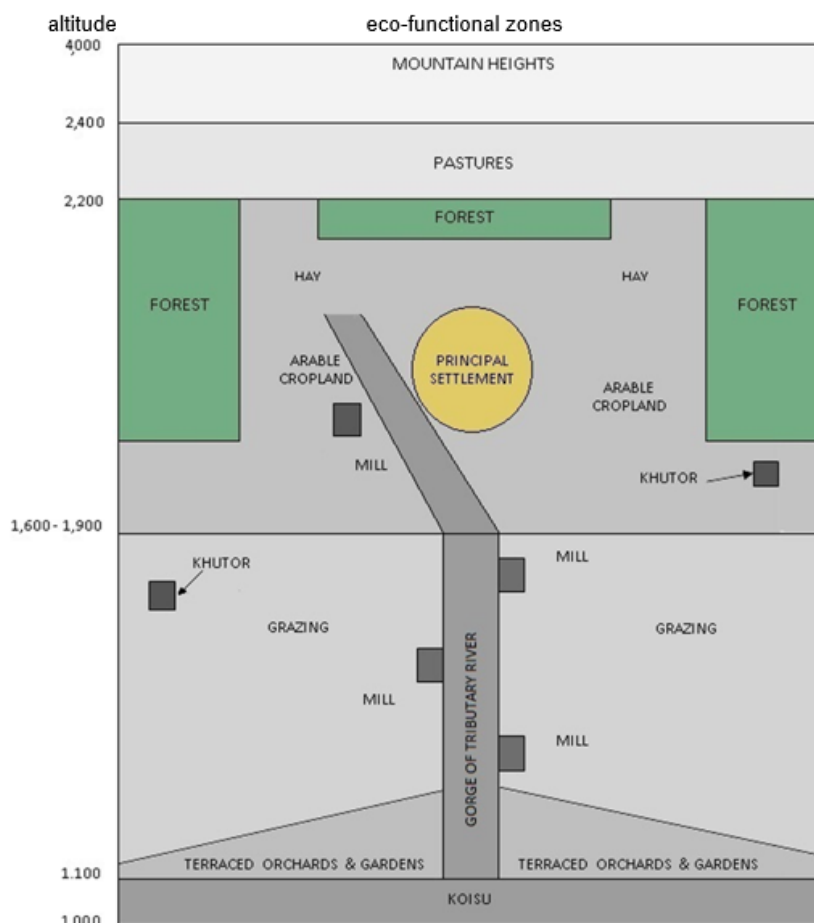


Figure 7. Generalised schematic of eco-functional zones according to altitude of the high mountain communities on either flank of the northern upper reaches of the Andiiskoe Koisu

The principal settlements of the Andiiskoe Koisu valley are all situated at the upper levels of sustainable human comfort in terms of temperature and year-round accessibility within a boundary zone between what are generally accepted as subalpine and alpine altitudes at these latitudes, that is between approximately 1.650 and 2.150 m asl.

From the level of the Koisu to the high peaks, each settled tributary zone has distinct functions relating to altitude and geomorphology, as follows:

- What is in essence the vertical axis of community territory is a tributary river draining the high peaks behind the settlement and flowing through or adjacent to it.
- An eco-functional zone around the settlement serves as the functional core of a broad area of agricultural cropland (i.e. land ploughed for cereal and other staple cultivation) in an altitude range from sub-alpine to alpine.
- Embracing the settlement area as a whole or not far distant is a considerable area of forest dominated by pine (*Pinus sosnowskyi* Nakai) in the central region of the upper Koisu where timber is cut for building and fuel and the making of agricultural and other implements. The forest and its periphery is also a resource for a range of edible and medicinal wild plants.
- Above the settlement and core cropland are open lands used as hay fields and for grazing of cattle. At the higher levels of this zone grassy alpine slopes and meadows are used for pasturing flocks of Dagestani mountain fat-tailed sheep in the warmer months until they are driven to distant winter pastures in the piedmonts and

plains behind the Caspian coast. Various shrubby plants on the verges of this zone provide a range of edible berries gathered in season.

- At the highest elevations behind the village are untamed rocky wilderness areas of mountain peaks, the habitat of wild game.
- Below the central settlement and agricultural zone, the tributary river characteristically cuts a deep, narrow gorge where watermills are situated to exploit the faster flowing water. The sides of these tributary gorges are used for the free range grazing of cattle and donkeys. Here a range of herbs grows which are collected for domestic use.
- The lowest community territorial zone is where the tributary river meets the main course of the Koisu. Here stone terraced fields are characteristically constructed where orchards of fruit and vegetable may be grown at the higher temperatures there and where there is also the possibility of irrigation.
- Each community territorial zone is linked to its immediate neighbours by a system of well-engineered and maintained trails passable on foot or by donkey at the high altitude levels of the settlements themselves. Travelling by these routes the upland settlements are actually not far from one another and quite accessible by locals. Only since roads were built along the Andiiskoe Koisu have these highland trails been superseded, considerably extending the distance of travel between settlements as the roads follow the river and then up the tributary valleys of each community.

Core community settlement and cropland zone

The core settlement of traditional tiered stone-built dwellings and ancillary structures is generally situated within the lower levels or periphery of a substantial agricultural zone used for the growing of cereal crops and hay on tillable boulder-free glacial soil. Soils are ploughed with a wooden plough (fitted with an iron share) usually drawn by two steers of the small local cattle. Settlements



Figure 8. View of village of Verkhnee Gakvari from the east. The microdistrict of Egdada is in the foreground and that of the old village centre and mosque behind. The microdistrict of Mazhbal is in the right centre of the photograph

The larger settlements were distinguished by having a Friday mosque and community cemetery.

Some small villages such as Gigikh, Sasitli and Ssuidi were dependent on the larger ones. They did not have their own cemeteries, meeting place or Friday mosque and matters related to their internal life were decided at gatherings of the larger villages with representatives these smaller settlements.

A key factor in each community's chosen location was the availability of a reliable source of water for drinking and domestic purposes for the settlement itself and for watering gardens and livestock. Throughout the Caucasus sources of drinking water are highly valued for their particular taste or minerals perceived as beneficial to health [29]. Water is also essential for ritual religious ablutions, so much so that immediately adjacent to each central village mosque water is made available either in a separate ablutions room or via a fountain from which water is gathered by local residents for general use. Villagers also pay proper attention to the physical maintenance of particularly valued natural springs in their territories, ensuring that they are clean and accessible and not damaged by livestock. In some cases, like the gushing clear mountain torrent of Inkhokvari in one of the tributaries of the Koisu, they are a source of local pride, their pure waters attracting visitors and revenue to the community.

Traditionally, small hamlets (khutora) used by one or a small group of households, were also built, either on

are often built on a rocky outcrop adjacent to or overlooking the axial river tributary which generally bears the name of the cultural group or settlement (e.g. Gakvarinka River) through whose flows its territory. Traditionally the main construction materials for dwellings and service buildings were locally-sourced stone, wood and clay (Fig. 8, 9).



Figure 9. View from the old central quarter of Verkhnee Gakvar to the west with the minaret and microdistrict of Egdada. The Verkhnee Gakvari School is the long building situated horizontally in the centre of the picture

the fringes of community territory for easier access to fields or where springs were available for watering livestock (and where fodder could be stored and animals stabled). These hamlets were not condoned officially during the Soviet period (all residents being required to live in a central collective location) but in some cases they continued to be used as they were the location of essential springs for watering fields and animals [30]. Small mosques or prayer rooms equipped with prayer rugs are often built along trails and roads for the use of whoever may be in the locality at prayer times. There is usually some natural source of water for ablutions nearby.

The major central altitudinal zone of the village territory was that devoted to the growing of cereal staples (Fig. 10-13). Locally adapted winter wheat, winter barley, spelt, rye and oats (many varieties of which were endemic and the result of a very long and process of both natural and purposeful human selection) grew excellently on these soils at these altitudes, although the quantities produced were sometimes insufficient for community needs. Extra grain was bought in regional markets (Botlikh, Khunzakh, Buynaksk) in exchange for dairy products (cheese, butter, and skins) obtained from the village's sheep and cattle (a donkey journey to the latter might take three weeks). Peripheral areas bordering crop land or fields in fallow were used to produce hay which was cut, dried and stored in late summer and autumn as winter fodder for cattle (Fig. 14-17).



Figure 10. Ploughing a field near the village with steers of the small mountain cattle of Verkhnee Gakvari



Figure 11. Preparing a field for planting in the cropland above the village of Verkhnee Gakvari. Rotary cultivators are increasingly taking the place of the traditional plough



Figure 12. Summer growth in fields of Verkhnee Gakvari

The principal subsistence agricultural products of these communities prior to the 19th century were grains (wheat, barley, spelt, rye and oats), root vegetables (carrots and beet), cabbages, onions, pumpkins, beans, peas and fruits (apples at high altitudes and apricots – native to the slopes of the upper reaches of the Koisu – at lower, warmer levels), cherries, plums, pears, persimmons, walnuts and grapes. In the 19th century both potatoes and corn were introduced and became staple crops. Following the Soviet state-imposed halt in the 1950s on wheat cultivation in the region, industrially-milled white flour from more central regions of the USSR became widely available and water mills began to close. Corn has become a favoured source of flour for the flat, round, unleavened breads of traditional home cuisines. It is also used for khinkal, the staple “pasta” of much of inland Dagestan (otherwise made from wheat

flour). Both wheat and corn flour were also used to make chudu, flat pan-fried cakes filled with nettles, soft cheese, meat or mashed potatoes which are still standard food items. A popular porridge was also prepared from oatmeal (Fig. 18-24).

Although corn is a labour-intensive crop, it is favoured because of its high yield. It is also easy to store. Individuals in certain high altitude communities such as Khvanada sell their own stone-ground flour in the weekly market in the regional centre of Agvali as a premium product in demand because of its organic purity. Potatoes have also become a standard staple crop, easily tended and at these altitudes are not affected by the insect pests which ravage potato fields in some parts of Russia. They are also easily stored.

One of the principal foods provided by nature is honey; prior to the availability of beet sugar it was the principal sweetener used. Hives are set where wild herbs and trees were in bloom. A noticeable feature of the warm months in

the Tsumadinskiy District is the abundance of bees, bumble bees and other insects busily engaged in pollinating cultivated and wild flowers – a testimony to the healthy status of local biodiversity.



Figure 13. Threshing grain with donkeys and flinted threshing board. Verkhnee Gakvari



Figure 14. Preparing scythes for cutting hay. Verkhnee Gakvari



Figure 15. A family cutting hay in late summer. Verkhnee Gakvari



Figure 16. Transporting hay by donkey to family hay loft. Verkhnee Gakvari



Figure 17. Donkeys feeding on hay. Their wooden saddles are used to transport hay and sheaves of unthreshed grains. Verkhnee Gakvari



Figure 18. Women tending potato plants



Figure 19. Women harvesting potatoes



Figure 20. Traditional wooden bucket of local manufacture with Arabic inscription. Selling potatoes in Saturday market in Agvali in spring



Figure 21. Picking carrot crop in field beside the village. Verkhnee Gakvari

Flax was also grown but not to make linen, the dark flax seeds being a much valued-ingredient in urbech.

In the late 19th century salad vegetables such as tomatoes, peppers and cucumbers began to be grown in domestic gardens. Today these, as well as greens like sage, sorrel, parsley, dill and coriander, beet, cabbage, onion and

pumpkins, are grown in small domestic plots in soils nourished by manure from adjacent family cattle byres or chicken coups. Wild greens are extensively gathered to be used as salads or ingredients in cooking traditional fried specialities in early spring and summer.



Figure 22. Stripping corn cobs from their stalks. The stalks will be dried and used as winter fodder. Verkhnee Gakvari



Figure 23. Harvesting corn. Verkhnee Gakvari



Figure 24. Mountain stream flowing into an animal watering trough in pasture land zone above the village of Verkhnee Gakvari

The preserving of fruits, vegetables and meat was a primary element of the domestic economy and was done when these foodstuffs were at their seasonal peak. Today locals wait until there is a glut in the national market for tomatoes, peppers and aubergines when they can be bought in bulk at the regional weekly markets in Agvali cheaply. Some are processed and bottled, while some are cut up and packed in domestic freezers. Local meat which was traditionally cut up or made into sausages and air dried in winter is nowadays also placed in domestic freezers after slaughtering. The community thus ensures itself of low cost, nutritious organic foods all year round.

Community forest zone

Embracing and adjacent to or at a slightly higher elevation to all these north-central Andiiskoe Koisu headwaters communities within their surrounding croplands is a natural forest zone usually dominated by Sosnowskiy pine (also known as *Pinus kochiana* or *Sosna kokha*) endemic and specific to this region of mountain Dagestan [31], which provided easily accessible timber for building and the manufacturing of utensils and tools as well as fuel for cooking and heating. Further upstream the forests of the Andiiskoe Koisu are of birch or mixed birch and pine [32].

Here it is important to stress to what degree the common highland culture of this region is linked to the

local plant world. Unlike most communities of traditional Dagestan, which have habitually used earthenware pottery for millennia, those of the upper Andiiskoe Koisu region are characterised by a remarkably non-ceramic culture. Ceramics were not made locally, although it is reported that those from the traditional pottery making centre of Balkhar in the Akushiinskiy District of east central Dagestan were popularly traded items.

Traditional settlement sites along the Andiiskoe Koisu are accordingly remarkable for the absence of ceramic sherds, so useful to archaeologists and ethnologists for dating and cultural attributions. Instead many forms of traditional containers, plates bowls, spoons, kneading troughs, saddles etc. were locally made of wood (often decoratively carved) [33]. Even today in the principal regional weekly market held on Saturdays in Agvali, the district administrative centre, potatoes in season are presented in fine-walled cylindrical wooden buckets, some still inscribed in Arabic script. Local plants also provided materials for utilitarian basketry items, such as baskets for carrying produce, mountain backpacks and saddle baskets for donkeys. These were often produced domestically. Certain items of metal made in other places of Dagestan which specialise in metalwork were also part of the traditional repertoire of housewares. Metal pitchers and large jugs for carrying water and large cauldrons and frying

pans were standard items in every household in the region. Expensive metal utensils were purchased at the bazaars of Khunzakh, Agvali, Botlikh, Buynaksk and other places. Today these items have largely been replaced by similar forms industrially produced of plastic or metal.

A blacksmith worked in most larger settlements, producing a range of practical iron items used in agriculture such as ploughs, hoes, picks and rakes, as well as fittings, tools and utensils used for a multitude of building and domestic purposes.

Precious domestic supplies of grains, seed and dried goods are housed in carefully constructed wooden storage structures (in Russian generally called *ambar* – but with variants in each of the local indigenous languages) of interlocking evenly adzed timbers, installed outdoors but immediately adjacent to the stone built dwellings. They provide a secure rodent-free and dry storage environment. As in other regions of mountain Dagestan, grain was also stored indoors in large wooden grain bins which were a major decorative feature of household interiors. Wood for

building was cut in the forest by itinerant brigades of specialists who visited the settlements each year and crafted the various timbers used in the local vernacular traditions. The massive dimensions of some of the pine beams in older buildings are testimony to the scale of the conifers that once grew in these forests. They are potentially important sources of dendrochronological and climatic data.

The neighbouring forests and the vegetation on their verges provided an abundance of wild edible seeds, cones, nuts and fruits. The acidic soils of the area supported a range of plants producing wild berries. Some were used for teas as were wild herbs such as oregano, thyme and mint. Clear nutritious birch sap was also collected.

Pasture zones

Stockbreeding of sheep and cattle was a fundamental component of traditional village subsistence throughout the alpine communities of the Andiiskoe Koisu (Fig. 25-28).



Figure 25. Cattle grazing on periphery of central cropland zone of Verkhnee Gakvari



Figure 26. Evening milking in cattle byre. Note construction formed by rough trunks from adjacent forest



Figure 27. Villagers collaborating to build a rough stone wall to corral cattle



Figure 28. Sheep grazing in pasture lands above the central cropland zone of Verkhnee Gakvari

The small cattle of the highlands exemplify the results of the productive interplay between man and nature in these mountains of Dagestan. Originally domesticated from the mighty wild auroch, by the Bronze Age taurine cattle across their domesticated range had been selected for certain desirable traits, including a much smaller size [34-38]. Hardy small short-horned breeds were adapted to the climate and natural food resources of the high mountains of Dagestan. They also possessed a range of positive behavioral features. Their small size meant that they had a correspondingly small environmental footprint. One of their most noteworthy aspects is their docility and minimal need for herding by humans. Without any prior training, they may be let out of their byres in the morning and find their own way along village verges and mountain sides procuring sufficient food in the myriad small clumps of native vegetation. In the evening they gradually tread their way back to their byres. This is generally how milch cows are pastured throughout high mountain Dagestan but in villages such Verkhnee Gakvari steers which are bred for meat may be herded daily to more distant pastures and then gathered back in the late afternoon without any supervision during the day. In previous times, when natural predators such as wolves and bears were a real threat, a constant herder presence was required but this not really an issue today for livestock except for sheep grazing near forests at high altitude.

The small stature of these cattle meant that were very manageable, not demanding large quantities of stored winter fodder or requiring large byres. Their milk is rich and they are good milkers relative to their size and a single steer would provide a convenient amount of meat for a family. The mountain environment was in itself a blessing as it allowed air-dried meat and sausages to be produced (seasoned with wild herbs such as mint, oregano and thyme), which was the form in which meat was kept until the introduction of modern electric freezers. Fresh milk was generally not consumed but made into airan, sour cream, tvorog or as cheese, which was eaten fresh or stored in brine to be consumed throughout the year. Cheese and butter were exchanged for grain. Cattle hides were traditionally used for boots. Cattle manure was used as an annual fertilizer in both cropland and domestic vegetable plots. It was also added to make soils with a high clay content (and therefore hard to plough when dry) easier to plough and till.

Small sturdy steers were used to draw the plough and the low two-wheeled mountain carts used to carry heavy materials such as rocks and wooden beams for the construction of buildings.

Flocks of the local breed of fat-tailed Dagestan mountain sheep [39] are pastured on the rich alpine mountain meadows and open grassy mountain slopes in summer. Their large fatty tails (kurdiouk) are air dried as a nutritious high protein mountain delicacy, eaten raw and sliced thinly like a cheese or fried in various dishes. Large flocks are driven in autumn down to the lowlands behind the coast where there are extensive pastures in the hands of families originating from the regions of the upper Andiiskoe Koisu and re-settled there in the Soviet period. In late spring they return again to their mountain pastures. An impressive and majestic sight is an oncoming droving procession, sheep and goats filling the roadway with the flock led by the shepherd on a horse slung with his gear and preceded hieratically by a group of mature goats with magnificent dark vertically growing twisted horns like tall

ritual mitres. Sheep dogs with hair the colour of the sheep are in constant movement among the flock. A small group of donkeys with supplies or carrying newly born lambs accompanies them. Goats are raised for their meat.

Alpine pasture and wilderness zones

At higher alpine altitudinal zones above the main settlements are rich natural grassy pasture lands, while higher and more inaccessible are the rocky terrains and peaks which are the natural habitat of the large indigenous mammals, the Dagestan tur, the bezoar goat and chamois (roe deer were found at lower altitudes). Tur were formerly hunted for their meat, but nowadays are hunted purely as a regulated trophy sport by outsiders using rifles. Firearms have been known in the northern Caucasus since the 16th century but became widespread only in the 18th century. Bows and arrows were traditionally used for hunting tur and deer and for village defense well into the 19th century in some such remote areas of Dagestan [40]. Pecked and incised images of tur and deer found on the stonework of traditional masonry structures in the headwaters communities of the Andiiskoe Koisu are witness to the special societal connections with the earlier pursuit of these species of wild game. Wild boars were also hunted in the forest as were birds, mainly partridges and ulars, living on alpine meadows.

River tributary gorge zone

In the typical altitudinal functional zonation of these communities, the relatively even expanses of flat crop lands around the core settlement change to a much steeper gradient as the axial tributary river cuts a narrow defile downwards to eventually flow into the Andiiskoe Koisu below. Horizontal water mills were often located where the tributary river takes a more rapid course in this zone. Many communities had more than one mill (they had been a standard feature of mountainous life of the core areas of Islamic world since the beginning of the first millennium CE). Although they were largely abandoned in mountain Dagestan following the massive introduction of industrially milled flours from the central grain belts of the USSR from the 1960s onwards and the introduction of diesel powered mills, a number continue to be serve the headwaters region of the Andiiskoe Koisu [41]. With their clean power source, they are used to grind wheat and corn into flour as needed and to grind urbech (a nutritious paste or butter made of ground nuts, kernels and seeds – apricots, linseed, hazel nuts, walnuts, etc.) which is an energy-sustaining culinary icon of Dagestan mountain life). Fresh stone-ground flour has a more favoured texture than modern industrially-produced flours and the miller has complete control over the quality of his product.

The steep open slopes of the tributary gorge zones serve as rangelands for both cattle and sheep.

River junction zone

The lowest community territorial zone is where its axial tributary river meets the main course of the Koisu. Here terraced fields with carefully built retaining walls are constructed where orchards of fruits and vegetables may be grown at the higher riverine temperatures at the lower altitude of 1,000 m near the river and where there is the possibility of irrigation. The Gavarinka River valley is unusual in that its waters reach the Koisu through a waterfall and therefore is no cultivated land there.

Transportation infrastructure

Each community territorial zone is linked to its immediate neighbours by a system of well-engineered and maintained trails passable on foot or by donkey along the shared elevation levels of the settlements themselves, reducing the distance and time required to travel between them. Only since roads serving automobiles were built along the edge of the Andiiskoe Koisu and then along the tributary valleys have these highland trails been superseded, considerably extending the distance of travel between settlements in comparison to the former upland direct cross country routes.

Introduced from northeast Africa into the Near and Middle East some 7,000 years ago, donkeys became the principal form of animal transport and an essential component of the agricultural life of these high altitude Caucasus communities, whose networks of mountain trails, often constructed of narrow stone slabs along near vertical cliff walls, was only passable by man or by donkey. Robust and easily cared for, they were both ridden and carried all manner of goods and agricultural supplies throughout each village territory and also onto regional markets. They were also used to thresh grain, hauling flint embedded threshing boards over the dry sheaves of grain. As new all-weather roads are now being constructed to most settlements, donkeys are no longer needed as much as before and their numbers have decreased sharply, although they are still used to carry burdens from some agricultural locations which are difficult to reach by motor vehicle.

The magnificent mountain horses of the Caucasus were more of a status animal in this highland region, requiring much more care than the donkey (e.g. donkeys do not require metal shoes). Horses, however, are essential in herding the large flocks of sheep and goats along the droving routes from alpine to lowland pastures at the beginning and end of winter. They are also occasionally used to pull a plough.

Russian Administration

The millennia old system of mountain communities living in synergy and harmony with the natural environment was still functioning when encountered by the Russian Tsarist administration when it prevailed in 1858-1859 over the Muslim forces of Imam Shamil and the Imamate of the Dagestan and Chechnya lands which he led in resistance against occupation.

The Russian colonisers became well aware of geography and demography of the headwaters territory of the Andiiskoe Koisu as it was along this valley that Imam Shamil's forces first attacked Russian forces in Georgia which had ceded to Russia in 1801 and it was along this route that the conquering Russian troops later proceeded to occupy the valley communities of the Koisu. Imam Shamil's grandfather, Denga, was a Chamalal, either from Gakvari or Gigatli. Five of the Imam's naibs (deputies) were from Gakvari and many Gakvarins fought in his campaigns.

The initial Tsarist administrative structure reflected the ethnic realities of the region in the form of the Andiiskiy Okrug which was formed as part of the Dagestan oblast in 1861. The Okrug covered the whole territory of the valley of the Andiiskoe Koisu south from the mountain passes leading from Chechnya into Dagestan and incorporated the ethno-linguistic enclaves of the region as administrative subdivisions. After the socialist revolution in 1921, the Dagestan ASSR was formed and continued to incorporate the Andiiskiy Okrug. In 1928, the Tsumadinskiy

(kanton) district administration was formed and included all Chamalal villages with the exception of those that belonged to Chechnya. Starting with the All-Union census of 1939, the Chamalals were included among the Avars. This Soviet ethnic reconceptualising of the many disparate local ethno-linguistic identities into a single grouping as Avars neither reflects historical or ethnographic reality nor the locals inhabitants' perception of themselves.

Verkhnee Gakvari

This case study of a traditional socio-ecological production landscape in highland Dagestan examines one characteristic agro-pastoral community in the Andiiskoe Koisu headwaters region, Verkhnee Gakvari, and the impressive contribution structured systems of public education and communally shared beliefs have made to developing and sustaining viable socio-ecological management in successive phases of its long history.

Verkhnee (Upper) Gakvari is the uppermost of two villages (the other is Nizhnee (Lower) Gakvari) which occupy the valley of the Gakvarinka River which is a left-bank tributary of the Andiiskoe Koisu. The village itself lies at approximately 1,800 m above sea level (coordinates 42°32'53"N, 46°01'59"E) and has some 400 permanent residents. Its stone masonry dwellings are tiered one above the other with a mosque on a rocky outcrop at the lower levels of a long, open, alluvially eroded glacial valley with deep, clayey glacial soils backed on the west by the high peaks of the Snegovoy Range bordering the Chechen Republic and the Republic of Georgia.

Open arable land and pastures surround the village with birch forests on the slopes to the immediate south. The river flows along one side of the village in a valley which becomes increasingly steeper as it descends to flow into the Andiiskoe Koisu through and beyond the village of Nizhnee Gakvari. The vestiges of peripheral khutora remain as witness to their earlier important function in village agricultural life.

The inhabitants of Verkhnee and neighbouring Nizhnee Gakvari are a separate ethnic component (Gakvarins) of the Chamalal Andian subgroup of the Avar-Ando-Tsez group of the peoples of Dagestan. Their self-designation is chamalal. The Chamalal language belongs to the Andian subgroup of the Avar-Ando-Tsez (Avar-Ando-Dido) group of the Nakh-Dagestan branch of the Northeast Caucasian family of languages. It remains an unwritten language. Chamalal has three distinct dialects: Gadiri (Gachitl-Kvankhi), Gakvari (Agvali-Richaganik-Tsumada-Urukhi), and Gigatli (Gigatli). Chamalal people refer to their language as Chamalaldub mitss (lit. "the language of the Chamalal"). The exact meaning of the word "Chamalal" is obscure, but it is probably an Avar loanword meaning 'dried apricot' (this tree is endemic to the slopes of the Andiiskoe Koisu basin) [42].

There are no precise figures of the number of Chamalal speakers, since they are often misclassified as "Avar". Estimates range from some 5,000 to 12,000. The UNESCO Atlas of the World's Languages in Danger [43] classifies the language as "definitely endangered" (the number of young Chamalal speakers is decreasing under the influence of the rural exodus and life in a society where Russian and Avar are the dominant languages).

The Andic family is the group of Dagestanian languages that has been least studied and is particularly poorly represented in terms of audiovisual documentation. The first to pay attention to Chamalal as an independent

linguistic group were R. Erckert and A. Dirr in the late 19th and early 20th century [44; 45]. More systematic research commenced only after World War II (A. Bokarev and Z. Magomedbekova) [46; 47]. In recent years Kristian Roncero of the Department of Linguistics and Cultural Evolution, Max Planck Institute of Evolutionary Anthropology in Leipzig has been engaged in fieldwork with the Chamalals of Verkhnee and Nizhnee Gakvari and has deposited online a range of very informative online audiovisual and interview resources documenting the Chamalal language, history, customs and practices, including ethnobotanics, drying meat, elaboration of urbech, food for winter, gardens, herding, hunting, hunting and fishing, growing flax [48, et al.].

The territory of settlement of the Chamalals stretches for approximately 12 km along the slopes of the central left bank of the Andiiskoe Koisu along the southern and east-facing slope of the high Snegevoy Ridge. The main upland settlements from north to south are Gigatli, Gadir, Sasitli, Gigikh, Nizhnee Gakvari, Verkhnee Gakvari, Richaganikh and Tsumada, while at the river level the settlements of Gigatli Uruk, Agvali, Kochali and Tsumada Uruk are located. The neighbors of the Chamalals are: the Godoberins in the north; the Chechens in the west; the Georgians (Republic of Georgia), Avars and Khvarshins in the south and the Tindals and Bagulals in the east.

Part of the Chamalal population also lives in the Shatoisky District of the Chechen Republic. They also live in Soviet-era resettlement villages of the Babayurtovskiy, Kizlyarskiy and Kizilyurtovskiy Districts and in the cities of Makhachkala, Khasavyurt, Buynaksk, Kizilyurt and Kizlyar.

During the Soviet period until 1930, all Chamalal farms were united into partnerships for the joint grazing of cattle. Subsequently, collective farms were created, the formation of which was completed in the first half of 1938. Over time, they turned into diversified collectives specializing in their traditional community practices of farming, gardening and animal husbandry, mainly due to the possession of land on the lowland plains (which permitted winter sheep grazing). In the 1980s in connection with the transition to a new Perestroika period farming system, all collective farms switched to family contracts, which led to the release of part of the work force who left to work in neighbouring regions and republics, contributing further to the diaspora of the indigenous inhabitants of the Tsumadinskiy district and neighbouring regions which is a characteristic of this population today.

Nowadays, those inhabitants of Verkhnee Gakvari who actually live there can be said to sustain themselves primarily through their traditional subsistence economy. Incomes derived from external sources are limited to government salaries which are earned by school teachers, nurses and a few other state administration employees. There is no public transport between the village and the regional administrative centre of Agvali some 8 km away, which means that it is not feasible to commute daily to work there (many villagers do not yet have cars). Many natives of the village have left to live and earn incomes in neighbouring Agvali or elsewhere in Dagestan and in other parts of Russia. Some work in seasonal agriculture in the plains in summer and return home for the rest of the year. Many return each year to visit their families for important Muslim, state and school holidays and to help pick and process apricots for drying in season. Many would prefer to live in the home village, if sufficient and sustainable local sources of income could be developed.

Historical Regional Economics

Besides sharing common agro-pastoral life styles, historically communities across the headwaters region were linked together in a broad regional economy. The principal regional market was in Botlikh, which was situated above the Andiiskoe Koisu where it emerges from its north-south orientated upper gorges region and turns towards a more open riverine morphology to the east. This flourishing orchard town was a major commercial centre for the inner Dagestan Caucasus (a local "Paris", as it was described in the late 19th century). Apart from serving as a bazaar for the necessary sale and exchange of locally made goods and services (e.g. of dairy products and grain) it was a major source of desirable goods sourced in Georgia. As Tsarist Russian influence came to dominate Botlikh and adjacent territories, this profitable trade became a major thorn in the side of local Russian administrators who considered it to be an unwelcome competitor to the burgeoning exports of Russian-made industrial wares which were an fundamental driver of Tsarist expansionist policies into the Caucasus (as also into Central Asia at the same period). Russian dictates blockading and prohibiting this trade were strongly resisted locally and fueled the regional resistance to Tsarist expansion which was manifested in the strong regional support for the Islamic Imamate in the first half of the 19th century.

The trade route from the Georgian Transcaucasus passed along well-maintained upper altitude foot and donkey trails connecting the communities of the upper Koisu region and was a structural feature of the economy. In this context, it is important to emphasize that it is a common misconception that the Central Caucasus Range constituted a massive barrier to north-south trade which could only be by-passed via Derbent and the Caspian coastal lowlands trade route or through the Dariel Pass which was to become Russia's strategic Georgian Military Road linking the Transcaucasus to the steppes of southern Russia.

Islam in the upper headwaters region of the Andiiskoe Koisu

It appears that Islam penetrated the upper Andiiskoe Koisu valley not by invasion but through a gradual supplanting of Christianity in an upstream direction from the coastal hinterland by Kazi-Kumukh missionaries, supported by the substantial Chamalal community of Gigatli. In 1590 a well-crafted masonry mosque with fine stone carvings and elaborate massive wooden supports was built in Gidatli and in the 16th century and 17th century similar fine mosques with stone minarets were built in the Bagulali communities of Khvanada and Tlondoda and still function as the spiritual centre of their communities. An impressive mosque with the billowing stepped external mihrab profile characteristic of the region was built in Khushtada in 1588. Listed as a monument of national heritage importance, it was tragically burnt in recent years, leaving only a shell whose magnificent southern wall is in a very unstable condition. Nizhnee Gakvari has an 18th century mosque of finely cut stone masonry.

In the southern Koisu ethnic centre of Tindi, an impressive two story 18th century mosque with minaret and other unique community buildings were built across a defile in the rocky ridge along which the settlement was constructed. The Tindi community was a flourishing centre of Islam and supporter of Imam Shamil at the time of the Imamate. A mosque was built in Khvarshi in 1859.

Although, as with much of the earlier history of the region, the precise chronology of the adoption of Islam is still to be determined through the dedicated work mainly of local historians, it brought with it an intensity of religious belief which is the region's most ubiquitous and distinctive cultural feature, each community's juma'at being the core of the community's identity and traditional governance. A regional heritage of venerated religious figures within the Sufi tariqah tradition, whose ancestries are often linked to the family of the Prophet Muhammad is reflected in well-tended shrines at their grave sites in the cemeteries of many villages. Policies of religious suppression by dominant authorities (including the destruction of community, mosque and personal libraries during the Soviet period) have done little to erode the strength of local adherence to community religious beliefs so long validated by traditional devotional practice and inheritance.

Doctrines fundamental to Islam elucidate a mandatory respect for the environment as a divine creation and benefice to mankind. In a natural landscape of a scale which has always awed and impressed its human inhabitants and which is so evidently the provider of their subsistence, these core Islamic beliefs play a very real and fundamental role in the way the Muslims who constitute the overwhelming majority of the region's peoples view their relationships with the natural world. Consequently, it underpins the importance local inhabitants give to the modern science of ecology and its objectives of the rational and equitable use of natural resources.

This study stresses the role the structured systems of belief shared by the local populations of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu played in sustaining a holistic sense of awareness of the intersecting role of man and nature in sustaining the socio-ecological production landscapes which had been shaped by their predecessors over millennia.

Pre-Islamic Belief systems and Shared Communal Mores

Long before Islamic monotheistic values permeated the perceptions of nature of the peoples of this region, there were shared polytheistic belief systems reflecting an awe of the ever-visible and overwhelming dominance of nature in the mountainous landscape and alpine climate in which humankind was dependent and vulnerable to the elemental forces of nature and landscape. In the absence of indigenous written historical sources, Russian and other

scholars have researched the oral and other folk traditions of the North Caucasus to better understand these beliefs. There is strong evidence of ancient mountain cults in the region [49]. During a drought, for instance, inhabitants of the villages nearby went to the lake near the Gadari mountain in Chamalal territory and sacrificed a foal, which was bled into the lake, where they also threw the head and recited prayers addressed to the deity so that he would send rain [42].

A thorough understanding of the natural world in which people lived and on which they depended was a fundamental aspect of the subsistence ago-pastoralism of the region and gave rise in each community to the articulation of shared social mores or adat. For more than six millennia from the beginning of human habitation and subsistence in this high mountain zone a complex of customs and belief systems defining human relationships and responsible agricultural practice developed which arose from and responded to the obvious powers of the natural environment.

We can also obtain some sense of the common perceptions relation to the environment through the petroglyphic symbolism frequently found pecked or chased in rock slabs placed in the walls of traditional buildings in the region. While impossible to correctly interpret, there surely can be no doubt that the images of hunting and animals such as deer and tur, abstract symbols such as labyrinths and spirals (and what may have represented cosmic phenomena) often found reflect an interdependence and reliance on the numinous natural world (Fig. 29-34). Here there must be also taken into consideration the links between the illiterate (i.e. without a system of writing) nature of the ethno-linguistic enclaves of the upper Andiiskoe Koisu and the use of repeatedly encountered petroglyphic symbols. Just as it has been noted that throughout palaeolithic Europe there was actually a limited but widespread range of abstract symbols used in rock art so the petroglyphs on masonry found in settlements of the Andiiskoe Koisu are also quite restricted and constant in variety of imagery [50]. In 1986, Kotovich attempted to classify and comparatively quantify by form and chronology rock art images of animals (horse, bull, donkey, dog, bezoar goat, mouflon, deer, birds and snakes) found in rock art sites in other parts of mountain Dagestan (Vitturzivalu, Trisanchi and Sanchi) [51].



Figure 29. Marble corner stone of building with petroglyph showing hunting mountain tur or bezoar goat with dog and bow and arrow. Avar. Provenance unknown



Figure 30. Stone in wall of building in Verkhnee Gakvari with petroglyph depicting a spiral labyrinth symbol and the image of a stag with antlers shaped as though encircling a celestial symbol (sun?)



Figure 31. Corner stone with petroglyph of stag, a swastika and a range of circular and arcaded symbols. The coloured overpainting is modern. Chamalal village of Gigatli



Figure 32. Corner stone with petroglyph of two tur or bezoar goats. Ssuidi (Tsuidi), an abandoned hamlet with excellent masonry work in the eastern part of Chamalal Gakvarin territory



Figure 33. Corner stone with petroglyph of stag of similar iconography to those in Figs. 30, 31 & 34, a cross symbol and a hand with a swastika. Ssuidi (Tsuidi), Chamalal Gakvarin territory



Figure 34. A stone forming part of the gateway to the cemetery of Tlyach, Shamil'skiy District

These enigmatic petroglyphic traditions constituted a sort of early symbolic graphic language expressing specific concepts with consistent forms which retained potency for millennia as indicated by their purposeful placement on buildings up to pre-modern times in the region. This graphic “language” which probably originated in the earliest phases of human settlement in mountain Dagestan continued well into later Islamic times, as evidenced by the depiction of mounted hunters with guns pursuing deer incised into a masonry slab in the entrance gateway of the cemetery of Tlyach in Gidatli, Shamil'skiy District. This intersection of earlier beliefs relating to nature with those which superseded them through the adoption of Islam are found in other areas of the Islamic world which have blended their pre-Islamic traditions with Islam. For example, among the Uighur Muslims in north western China or those of Brusho-Shaman culture in the Karakoram mountains of northern Pakistan, nature is regarded as holy in ways not arising from mainstream Islamic philosophies.

Apart from earlier religious beliefs and symbolic ways of representing the universe, there were also strict community rules and understandings about the usage of lands on each village's territory, no matter who the nominal owner. Although we, as yet, have no specific information in this regard for communities in the upper Andiiskoe Koisu, there is good ethnographic information about customs in neighbouring Avar regions where the transfer of land or usage of such was strictly forbidden to any outsiders. Such shared community mores include defining precisely when land should be ploughed and crops harvested. No villagers could infringe these without specific fines and condemnation. All these community mores (*adat*) worked to strictly maintain and sustain the inherited socio-ecological landscape as productively and harmoniously as

possible [52]. A central dynamic of *adat* in the formation and maintenance of the cultural landscape of communities like Verkhnee Gakvari, where all members were related, was collaboration amongst households in all activities including those of general benefit, such as construction of roads, trails and stone walls for corralling livestock, etc.

Christianity left no such record of text or depictions relating to the natural world in the region, except in the fine scrolling arabesque frieze which may have drawn on Georgian church architectural decoration over the internal doorway to the 16th century Juma mosque of Gigatli. Evidence of Christianity in the region includes Christian graves of 11th-14th century in Sasitli and Gakko, historical documentation of a church at Khushkada [53] and Christian artifacts found in the community cemetery in Verkhnee Gakvari.

Islamic Environmental Ethics in the Traditional World of the Dagestan High Caucasus

Attitudes to the environment were intellectually reinforced and codified by Islamic religious tenets relating to the world of creation and the obligation on all Muslims to respect and properly use nature. Islam articulated a whole range of concepts which are reflected in contemporary scientific narratives and ideologies relating to ecology, environmental ethics and sustainable environmental utilisation [54-66]. These values continue to be embedded in the mindsets of a substantial portion of the Tsumadinskiy population who are practicing Muslims, the scriptural content of the Islamic creed making it compelling to those with a profound religious commitment.

In the process of Islam being consolidated as the principal religion of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu, with a mosque and minaret as structures central to

each community, it is important to emphasize the advanced level of Islamic learning among respected senior Muslim clerics and scholars (ulama) in communities in the region, many of whom possessed significant private libraries or had access to community libraries, and who were able to fully transmit to their students and members of their juma'at the standard doctrines of Islam in Arabic relating to the created world and its sustainable utilization. It was important for parents that their children were educated, as it was considered desirable to be able to read the Quran. Systems of Islamic education common to other parts of the Muslim world were employed in maktabas, mosques and madrasas across the region.

As profound adherents of Islam, the members of each community in the upper Andiiskoe Koisu region perceived it as an independent juma'at with an elected member functioning both as its imam and community leader. The Muslim ummah or community is accordingly the instrument through which Quranic ideals and commands are translated and resonate at the social level.

Islamic environmental ethics are based on legal foundations which Muslims hold to be formulated by God and prescribed in the sources of the Sharia; i.e. Quran, Hadith and fiqh. These legal instructions have been revealed in such a way that the conscience approves and acknowledges them to be correct. Thus the law itself becomes a part of human conscience, thereby guaranteeing its application and its success. According to Islam, the environment is God's creation and to protect it is to preserve its values as a sign of the Creator. According to a tradition, Prophet Muhammad taught that "all creatures are like a family of God; and He loves the most those who are the most beneficent to His family".

Islamic environmental ethics are moral principles which define what is good for society, based on the concept that all human relationships are established on justice ('adl) and equity (ihsan): "Surely Allah enjoins justice, kindness and the doing of good to kith and kin, and forbids all that is shameful, evil and oppressive" (Sura An-Nahl 16:90). According to this Quranic revelation, human relationships should be just and therefore human relationships with nature should also be just. The Quran says, "And the earth, He has set it for living creatures." Humanity is not the only community of living beings in the world, therefore all living creatures are worthy of protection and kind treatment. Man, animals and plants all depend on earth.

In Islamic philosophy, man accepted nature as a trust (amana) for his moral struggle. God expressed his confidence in the ability of man to preserve nature as his responsibility. In the Quranic theology of creation God created this cosmos which humans are guardians of for a limited period of time. Man is further distinguished as the only creature in this universe endowed with intellect. The Quran says, "Man is gifted with intellect and the power of conceptualization". Thus man should utilize his power of intellect for preserving and protecting his fellow creatures. Islam blames those who do not employ their intellectual faculties of thinking, reasoning and meditating, "We created many of the jinn and mankind for hell. They have hearts they do not understand with; they have eyes they do not see with; and they have ears they do not hear with. Such people are like cattle – no, they are even more misguided. Such are the heedless" (Sura Al-Araf 7:179). After this life Almighty Allah will audit and judge individuals for using or misusing the world. All acts performed in

accordance with the Islamic world-view and when done intentionally for the sake of God are considered and rewarded as acts of worship.

"The Lord has created and balanced all things and has fixed their destinies and guided them" (Sura Al Ala 87:2-3). The foundation for environmental protection in Islam mirrors that of modern concerns for preservation of biological diversity and ecological relationships and is based on the principle that all aspects of the natural world were created with functions carefully determined and meticulously balanced by God. Another Quranic verse says, "There is no moving creature on earth but its sustenance depends on God: He knows the time and place of its temporary deposit: all is in a clear record".

Islamic values are considered unalterably accurate and Muslims are obliged to obey what God has ordered. The natural world thus is brought under moral control.

Islam permits the utilization of the natural environment but this should not involve unnecessary extravagance, destruction or wastage. The Quran says, "O Children of Adam, dress yourself properly whenever you are at worship: and eat and drink but do not be wasteful: God does not like wasteful people" (Sura Al-Araf 7: 31).

The environment is not in the service of the present generation alone. Rather, it is the gift of God to all ages, past, present and future. The Quran says, "Cheat not in maintaining the balance. Establish just measure and do not fall short in maintaining the balance".

The interaction between the creatures and the environment in their service to one another represents a symbolic scenario supporting the doctrinal belief in Islam that it was God who created this interactive system and that all of its elements should be nurtured and maintained. The Quranic verse says, "There is no moving creature on earth but its sustenance depends on God: He knows the time and place of its temporary deposit: all is in a clear record".

The relationship between human beings and their environment includes more than subjugation and utilization. Our relationship to nature also includes meditation, contemplation and enjoyment of its beauties. The component parts of nature are entities in continuous praise of their Creator. The beauty of nature is an accolade for Allah. Man's dependence on earth is not only physical and biological but spiritual and aesthetic as well. The Quran says, "He who has made for you the earth like a carpet spread out; has enabled you to go about there in by roads (and channels), and has sent down water from the sky".

Islam has enjoined upon Muslims a relationship of rights over animals. All living things are partners to man in existence and submission to God, thus man must be merciful toward animals and strive to ensure the preservation of different species. Muslims are strongly enjoined to treat animals with compassion and not to abuse or kill them except for food, the latter permission having to be carried out in accordance with the Sharia. The Prophet Muhammad said, "If without good reason anyone kills a sparrow, or a creature lesser than that even, the living creature will put his complaint to God on the Day of Judgement", saying, "So-and-so killed me for no purpose". To be considerate with animals and plants even during war is the teaching of Islam. The Prophet's companion, Abu Bakar Siddiq said, "Do not cut down trees and do not kill animals except for food". Islam thus prohibits the cutting or destruction of trees and plants and encourages people to plant, protect and increase plants for the great spiritual

reward associated with this. According to Islam plants are creatures that praise God and are worthy of respect. Tree planting is advised to Muslims in the prophetic hadith on the authority of Anas bin Malik, "There is none amongst the Muslims who plants a tree or sows seeds, and then a bird, or a person or an animal eats from it, but is regarded as a charitable gift for him".

In another hadith the Prophet said, "If the Hour starts to happen and in the hand of one of you is a palm shoot or seedling; then if he is able to plant it before the Hour happens, let him plant it". This explains Islam's concern that the earth be green and full of produce until the end of man's life on earth. It encapsulates the principles of Islamic environmental ethics. Even when all hope is lost, planting should continue for planting is good in itself. The planting of the palm shoot continues the process of development and will sustain life even if one does not anticipate any benefit from it.

Similarly, Man's dependence on earth is not only physical and biological but spiritual and it is necessary to maintain and not transgress the balance of the Universe created by God, since "everything is measured by him". The Quran says, "He created man and taught him clear expression. The sun and the moon both run with precision. The stars and the trees bow down in prostration. He erected heaven and established the balance, so that you would not transgress the balance. Give just weight do not skimp the balance. He laid out the earth for all living creatures". Another verse says, "Do not mischief in earth after it hath been set in order". Thus concepts central to modern environmental conservation have been commonly practiced by Muslims for centuries.

Wastage is prohibited in Islam. Earth is of the Lord and is the inheritance of the righteous. Man is invited to enjoy all it has to offer for the comfort and enjoyment of man, to eat and drink but not to commit waste. Only humans need the guidance of a scripture in this regard, as only the human species has free will; all other species do their God-given tasks automatically. There is a hadith which says that the Prophet passed by his companion Sa'd, who was washing for prayer, and said, "What is this wastage, O Sa'd?". "Is there wastage even in washing for prayer?" asked Sa'd and he said, "Yes, even if you are by a flowing river!".

Environmental ethics has played pivotal role in shaping environmental policy in Muslim countries throughout history. The concept of himil (protection of certain zones) and rima (involving the ruler's or the government's protection of specific unused areas) are good examples of how Islamic rule established infrastructural systems that offered protection for nature. The protected area system had essentially the same minimum requirements required by modern conservation standards, which made Muslims very nature friendly long before this was practiced in the west. The concept of himil can still be seen in many Muslim countries, such as Saudi Arabia, where it is practiced by the government to protect wildlife.

The preservation of water for the nourishment of humankind, animal life, bird life and vegetation is a practice that gains Allah's pleasure. The Quran says, "Then let man look at his food, (and how We provide it); for that We pour forth water in abundance; and We split the earth in fragments; and produce therein corn; and grapes and nutritious plants; and olives and dates; and enclosed gardens, dense with lofty trees; and fruits and fodder; for

use and convenience for you and your cattle" (Sura Abasa 80:24-32).

The Quran and the hadith place a number of obligations and responsibilities to conserve existing water supplies in the best possible way, to prevent any activity that might lead to the pollution of water resources or spoil the purity and characteristics of the water, and never to adopt an extravagant or irresponsible attitude in the consumption of water. It is God's will that all living beings on earth depend for their existence on water: "...We made from water every living thing..." (Sura Al Anbya 21:30). This has provided the religious justification for the protection of water resources. Water is seen by Quran as a sacred cleaning agent, tahir, used in ablutions in preparation for prayer (wudu), as well as for variety of other religious actions in Islam. It gives life to earth and is used to clean man physically and spiritually. Human health, agriculture, forests, and aquatic life, in fact the whole ecosystem is affected by problems associated with water. Islam forbids wasting water and using it without benefit.

It was this basis of codified and shared community attitudes to the environment and its conservation as taught and reinforced in lessons and dialogues in local mosques over centuries that provided the foundation for the remarkable use in the Chamalal settlement of Verkhnee Gakvari of the its school in the Soviet and post-Soviet systems of public school education as the platform for a robust community-wide system of care for the environment, which has become entrenched in the shared value system of the people of Verkhnee Gakvari.

Soviet Public School Education in Verkhnee Gakvari

As the political situation in the new USSR stabilised in the 1920s following bitter regional conflict following the October 1917 Bolshevik revolution, communities and traditional crafts and industries and agricultural systems throughout Dagestan were regrouped into standard state systems and specialists were sent from more central European areas of the USSR to establish schools, clinics and core administrative functions.

From the first days of the existence of Soviet power in Dagestan, the government of the republic paid serious attention to the need to raise the general educational and cultural level of the working people. Public education in the republic experienced great difficulties as there were not enough teachers and funds to open new schools and there was no formalised educational and material base except that of traditional Islamic education in makhtabs, madrasas and mosques [67-68] (Fig. 35, 36). Arabic was also used as a language of business communication and public administration and in correspondence. Its role was very significant, particularly given the fact that the indigenous languages of peoples in the upper reaches of the Andiiskoe Koisu were unwritten. The role of the Arabic language as an accepted language of instruction, religious culture, and also as a means of communication is difficult to overestimate.

The problem of spreading literacy in Russian Dagestan took a long time to be resolved. One contentious issue in traditional communities for the new atheist administration was the transition from writing and reading Arabic script to the universal comprehension and use of Cyrillic in Russian in all writings and printings [69-72]. Besides overt power politics, the central Soviet administration had to use more covert means to strengthen its regime, with its principal aim of transforming the social order and the psychology of the local populace.

The new educational system was a tool to this end. As the Chamalals were considered too few to have their own written language, Avar was initially used for schooling. During the years of the republic's first five-year plan (1928-1933), it was intended to introduce universal compulsory

primary education throughout Dagestan and to completely eliminate illiteracy among highland dwellers aged 16 to 25 years. It was thus in 1932-1933 that the first schools appeared in the mountainous regions of Dagestan.



Figure 35. Lithograph by Baltic-German Painter, Vasili Fedorovich Timm (1820-1895), of a group of Imam Shamil's compatriots. St Petersburg, 1859. Timm had a particularly perceptive documentary eye and was appointed 'battle painter' during the second phase of the Caucasian War. This work well portrays the spirit of those pious and learned Muslim warriors endeavouring to advance the social and religious goals of the Imamate



Figure 36. Wooden school tablet with handle for teaching Arabic (*chei*), collected in the region of the Andiiskoe Koisu (Karata) by A.K. Serzhputovsky (1864-1940) for the then Department of Ethnography of the Peoples of the Russian Empire and Neighboring Countries of the Emperor Alexander III Russian Museum (now the Russian Ethnographic Museum)

In the second five-year plan (1933-1937), the following tasks were set in the field of public education in Dagestan: to provide a complete general education in the native language; to completely eliminate illiteracy and semi-literacy of the adult population and to introduce a seven-year programme of universal education. During these years, the construction of schools in mountainous regions, including the Tsumadinskiy District, was especially active.

For centuries grandparents and parents had sowed seeds of knowledge in the souls of the Gakvarin people. Prior to the Russian administration involving itself in the

provision of public education, the highlanders had studied in local mosques, receiving lessons in the Arabic language, Muslim law (Sharia) and the canons of Islam from educated Ulama scholars. During the years of Soviet power with its atheist doctrine, the school rather than the mosque became the place for acquiring knowledge. In the village of Verkhnee Gakvari in 1932-1933, the first reading hut (izbachitalnya) was established in 1932-1933. This was a unique community club-like institution, providing a centre for cultural and educational work in the Russian language in the villages and towns of the USSR [72-73]. According to

the first pupils, the building was situated in the Egdada section of the village of Verkhnee Gakvari.

The first teacher was Gadzhi-Magomed from the village of Tindi. A village elder (aksakal), Gadzhi Abdurazakov, recalls that youths from ten to twenty years of age studied together with him.

The school in the village of Verkhnee Gakvari was built in a central location in 1933-1934 by local masters from the Dibirov, Nasibov and Akilov families: It was opened in 1935 as an elementary school providing initial education. In the pre-World War II years, the formation of the Soviet educational system in the village was difficult. Villagers were dubious about some of the teachers – who had been students at the school, some with only a four-year education. There was distrust of Russian women teachers, who brought elements of Russian culture with them to a human environment in which Muslim laws had for centuries been in force. But even in these conditions there were enthusiasts from the region itself who managed to prevail in spite of mistrust and doubts. They held numerous conversations with the villagers, convincing them of the benefits of education. Although the first teachers were Russian, eventually more and more students from the community and neighbouring regions themselves received a pedagogical education in various specialties in centres of teacher education in Buynaksk, Makhachkala, Dagestan's capital city and other places.

One such enthusiast was Hamsat Kuramagomedova (1912-1990), who devoted her life to teaching and raising children for which she was awarded the Order of Labour Valour [73]. Her path was repeated by other Gakvarians in 1935-37: N. Aliev, Usman Magomedov and Aizanat Hasanova. From 1938-1945, Z. Magomedova and A. Magomedov from the village of Tindi and Sazhid Magomedov from the village of Verkhnee Gakvari worked in the primary school. Neighbours from the village of Nizhnee Gakvari a few kilometres further down the valley also worked as teachers at the school.

These years witnessed the formation of a solid basis for general public education which took over the role of that previously provided by traditional Islamic education. The Ministry of Education regularly sent teachers from various regions of the USSR to the republic. In 1946-1960, Russian and Ossetian teachers worked at the Verkhnee Gakvari School. The language barrier, alien cultural disposition and traditions did not prevent them from teaching and educating the youth of Verkhnee Gakvari as best they could. They were long remembered.

A state decision was made to deploy a network of district schools in 1949. In accordance with the letter of the Ministry of Education and taking into account the plan of universal coverage of children with universal compulsory seven-year education, the Executive Committee of the district council decided to reorganize the Verkhnee Gakvari primary school into a seven-year school (1953-1973). Neighbours from the village of Nizhnee Gakvari a few kilometres further down the valley also worked as teachers at the school.

From 1973 to 1981, the school was transformed into an eight-year school, a new school being built. The first graduation took place in 1975. Young villagers, overcoming all difficulties, prepared to leave their homeland to study further afield. This was particularly difficult for mountain women, as parents did not want to let their daughters go to study far away in the city (an uncomfortable eight hours bus ride). But still there were those who were not afraid to

go and study, entering universities, colleges and technical schools. Many of them became teachers, doctors, drivers, nurses, machine operators, etc. A number of well-known figures in the republic have studied in the Verkhnee Gakvari School.

Amongst the school's notable women figures was Saniyat Osmanova, who graduated from the Buynaksk Pedagogical College. She was the first woman teacher from the village and showed all its women the way to the world of a solid education. Salimat Magomedovna Askhabova was the first woman in the village to receive a higher education. She graduated from the Gamzat Tsadasi Pedagogical Institute and subsequently worked as a teacher in the villages of Gadiri and Agvali. From 1981 to this day she has been working as a teacher of Russian language and literature in her native school. Thanks to her, many girls from the village have gone on to study at university and other centres of higher education. Her students now work in different parts of the republic and abroad.

The first graduation from Verkhnee Gakvari secondary school occurred in 1983, the school having become one of the best in the area. In 2000, it was renamed after Huseynov Zakaria Dengaevich, who died at the hands of bandits invading the Tsumadinskiy District. From 2003 to the present day, the school has been headed by Magomed Magomedovich Ismailov [73]. The school is currently fully staffed with local inhabitants. Many teachers are ex-pupils and apprentices of those teachers who were at the origins of state public education in the village.

Despite the relatively small number of students at the Verkhnee Gakvari School, the results of their participation in regional and republican academic events and sports are impressive. In a discussion with a local resident about the reason for the particularly high level of academic accomplishment compared to urban students among those who had received their education at this and other small community schools in the district, the answer was that this was not only because of the quality of teaching in itself but because village school classes were small and that the teachers were often relatives and thus commanded respect and attention.

In 2008, the school won the competition for the Best School of the District and received a presidential grant of one million rubles. The school is included in the National Register of Leading Educational Institutions of Russia (2011).

The school pays great attention to the upbringing of its children and (like those of other communities in the Tsumadinskiy District) is noteworthy today for the dedication and erudition of its staff. Environmental education occupies a significant place in its pedagogical priorities. Whereas the Islamic values underpinning community consciousness for so many centuries has a theological basis, under the new state school system the orientation of subjects relating to the natural world and its use was imbued with the empirical objectives of Russian Tsarist and Soviet research into all aspects of science relating to native flora and fauna, biology and ecology [74] as well as applied sciences in the fields of agronomy, agricultural production, forestry etc. The primary underlying intention of state public education was to educate students across the USSR with consistent and commonly-shared educational values who could contribute to advances in the quality of life and the quantity and

quality of state production in all related fields of endeavour.

The Place of Environmental Education in Verkhnee Gakvari School today

Practical environmental education in Verkhnee Gakvari School is considered the basis of the school educational process. It is consistent with modern post-soviet public and higher education with an increasing emphasis on understanding and respecting the environment, the sustainable utilisation of natural resources and agricultural systems and the preservation of natural biodiversity and ecological management in response to human impacts and climate change. In a settlement with a devout practicing Muslim population of teachers and students there is also now freedom to introduce Islamic concepts relating to nature into teaching in school.

The school's expressed philosophy in this regard is as follows:

In recent years, the process of awareness of the need for the conservation and rational use of nature, the importance of environmental knowledge and skills for the further development of society and the preservation of the life of present and future generations of people has been advancing at an ever increasing pace. Therefore, we are in need of a new ecologised culture that will transform a person's social environment and turn it towards the true values of civilization – freedom to work in a calm and dignified life in a normal stable environment.

The ecological crisis and the need to find ways out of it dictate the need for the legislative support of the environmental policy of the Russian Federation.

Ecology today is a new methodological approach that should permeate all school education. This requires a change to many stereotypes of thinking throughout the educational process and in all academic subjects.

Environmental education and enlightenment of the population is the most effective way to solve the global problems of mankind.

Today, no one doubts that environmental education in general is of great importance for the formation of Russia's environmental culture and, as a result, a decrease in its anthropogenic load on the biosphere. It is also obvious that the main emphasis of environmental education should be placed on general education in schools. Today the school is the only social institution through which, in one way or another, the entire population of Russia passes.

School is the place where people can be taught to take concerted action aimed at improving the environmental situation of the region where they live and of the country as a whole. The sprouting of new education in the interests of sustainable development is possible only where there is a system of continuous education about the environment.

In the Verkhnee Gakvari School work is undertaken to protect flora and fauna and to identify, describe and protect unique natural monuments. The protection of the water and soil resources of each settlement is of no small importance in the education of a patriot who loves and protects his homeland and its nature."

During the Soviet period significant work was done by the state forestry services to protect and utilise the vast forest resources of the upper headwaters region of the Andiiskoe Koisu.

The Tsumadinskiy State Forestry Enterprise was established in 1934 and deals with the protection and rational use of district forest resources. The main role of the forests is not economic but in nature conservation and protection. The importance of forests in water regulation, prevention of soil erosion, prevention of landslides, talus and mudflows is invaluable; it also improves the microclimate.

The average forest cover of Dagestan is 7.3%, while the average forest cover of the Tsumadinskiy District is 15%. In terms of vegetation zoning, the territory of the forestry belongs to the high-mountain forest-growing area of pine and birch forests. Pine forests prevail – 62.6%, birch forests – 29.1%, oak – 3.6%. Small areas are occupied by hornbeam, aspen, alder, linden and others.

By the late 1960s some of Verkhnee Gakvari School's teaching staff had an education relating to biology, ecology and forestry, stimulating them to take advantage of the professional foresters working locally in the district to establish a school forestry around 1970. The instigators of the school forestry were two great enthusiasts of environmental protection at the school and in the village generally: Khakim A. Abdurazakov, biology teacher and Magomed A. Osmanov, geography teacher. Under the latter's leadership, a significant local pine plantation was established by cutting down a mixed birch forest on an area of 5 hectares and replanting pine. Following the collapse of the USSR, this school forestry ceased its activities.

Establishment of New School Environmental Organisations

The legacy of the Soviet period school forestry amongst ex-students and teachers, which together with growing public interest in biology and ecology among new teachers with relevant backgrounds and enthusiasm in these areas and the religious beliefs within the community relating to nature, led to new major new initiatives at the Verkhnee Gakvari School which have impacted on the community to the present day in its maintenance of the long traditional interrelationships between the various sectors of the local ecosystem which have contributed to the community's distinctive socio-ecological production landscape or cultural landscape (Fig. 37, 38).

Thus, two new environmental organisations were established at the school, the Edelweiss Eco-Group (founded 2009) and the Berezka School Forestry (founded 2010), both groups collaborating in many activities.

The ecological education provided at the school is helping to develop citizens who observe environmental norms and rules and lead healthy lifestyles.

In the classroom and in extracurricular activities teachers pay especial attention to students' ecological education. Lesson by lesson in Verkhnee Gakvari teachers endeavour to convince children that man is not the king of nature but a part of nature and that the future of man himself depends on the attitude of man to the environment. Through its activities the school is achieving the goal that its children become aware of the need to maintain global balance and of everyone's involvement in environmental problems. This can be judged by their meaningful abstracts, presentations, performances at competitions, Olympiads and conferences at both regional and republican level.

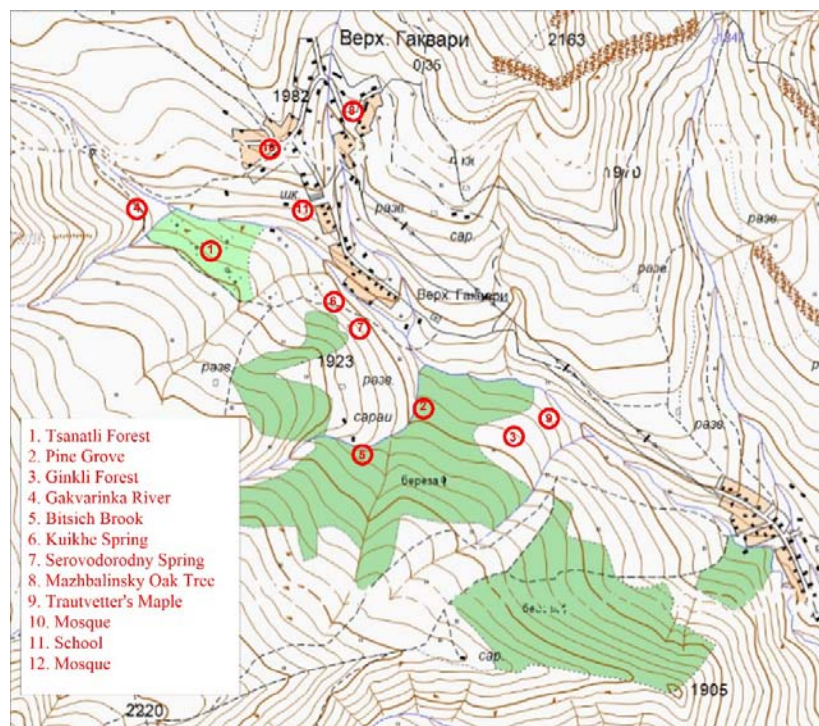


Figure 37. Topographic map with indication of key features (red circles) under environmental management by the students and staff of Verkhnee Gakvari School. Cartographic annotations by Abdulgamid Teymurov

Note: The areas in green on this map do not accurately represent the areas under forest today – see Fig. 39 for accurate depiction

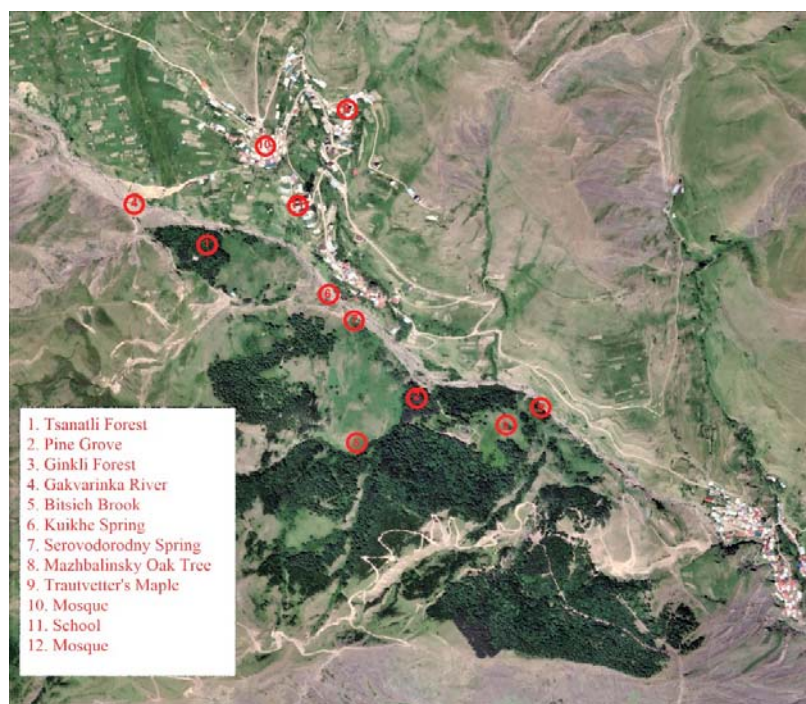


Figure 38. Satellite image of features (red circles) in the territory of Verkhnee Gakvari under environmental management by the village school and community. The village of Verkhnee Gakvari appears in the lower right corner of this photograph. Cartographic annotations by Abdulgamid Teymurov

Edelweiss Eco-Group

The Edelweiss Eco-Group's goals and objectives are:

- Cleaning the territory of the village and school of garbage.
- Organising and conducting environmental raids and subbotniks (weekend voluntary community clean ups – inherited from the Soviet period).
- Fostering environmental culture among students and adults through organizing community

lectures, production of wall newspapers and promotional appeals.

- Actively participating in school-wide, district and republican competitions and environmental and biological Olympiads.

Near the village of Verkhnee Gakvari, members of the Edelweiss Eco-Group have established a 5 km long ecological trail linking many of the natural features in their care (Fig. 39-41):

- Gakvarinka River

- Tsanatli mixed pine-birch forest
- Swamp with a spring
- Bitsich Brook
- Ginkili birch forest



Figure 39. View the recreational glade of Ginkili with Gakvarinka River in foreground. The Pine Grove is in the right centre of the photograph

- Forest glade with a large masonry and concrete swimming pool constructed by community volunteers
- Hydrogen sulphide (Severodorodny) spring.



Figure 40. Course of Gakvarinka River with Tsanatli pasture and forest in left of photograph



Figure 41. Ginkili Forest recreational glade and pool with village and its croplands and pastures. Mid-summer

Almost all school students and kindergarten pupils pass along the trail every year, getting acquainted with the nature of their native land and the rules of eco-friendly behavior in the forest. Here are conducted the traditional annual school-wide excursions “Golden Autumn” and “Towards Spring”.

Berezka School Forestry

In May 2010, on the initiative of the Verkhnee Gakvari school director, Magomed M. Ismailov, the Berezka School Forestry was created in the place of the earlier Soviet period school forestry. A young specialist was appointed as its head, biology teacher, Shamil M. Ismailov. A Young Forester educational circle was also established, led by ecology teacher, Patimat K. Nurmagomedova.

In accordance with a charter approved by the director of the Tsumadinskiy State Forestry Enterprise and the director of the Verkhnee Gakvari secondary school, a forest area was assigned to the Berezka School Forestry for carrying out forestry activities with an area of 32.7 hectares.

The goals and objectives of the Berezka School Forestry are:

- Educating students about their environment.
- Expansion and deepening of students' knowledge in the field of natural sciences and implementation and realization of their creative potential.
- Teaching student's special skills in research work as well as providing vocational guidance.
- Carrying out activities for the study and protection of forests, planting and sowing forest cultures, promoting natural forest regeneration and landscaping the school and village territory.
- Introducing rare and endangered forest species of forest in an educational and experimental plot.
- Promoting knowledge about the forest among all participants in the educational process and the broader local community.
- Organizing and holding of evenings, weeks, meetings, Olympiads and competitions dedicated to the forest.

For the preservation of the unique biodiversity of the forests of the Tsumadinskiy region and the rational use of forest resources, the following actions on the part of the Bereзка School Forestry were determined as necessary.

To study the flora of forest vegetation in Tsumadinskiy District, to identify the types of trees and shrubs to be protected and protected.

As a result of field research and analysis of literary sources, the forest flora of the Tsumadinskiy District was identified as comprising 18 species of trees, 14 species of bushes and 6 species of shrubs and semi-shrubs. The ecological characteristics of the forests of the Tsumadinskiy region were determined and examples of human use of certain types of forest flora were identified [75-76].

Carry out work on afforestation, reforestation and protection of unique forest areas in each settlement.

Conduct wide-ranging educational, explanatory work among various segments of the population on the protection and respect for forest resources.

To address these latter goals, the school focuses on the ecological state and species diversity of forest plants in the Tsumadinskiy District and their importance in human life. To enable this it has created a material and technical base for the effective operation of the school forestry. This includes plots of land, work premises, furniture, communication equipment, computer and office equipment, cartographic and methodological materials, combined training workshop with measuring instruments and tools. There is also a biology room for practical work in forestry and ecology and a permanent exhibition space for products derived from natural materials and exhibitions of

students' work. There is a summer teaching area for briefings and theoretical studies.

To conduct practical classes, the school has the following areas that are in perpetual use:

- School training and experimental plot of 0.5 hectares.
- School arboretum adjacent to the school of 0.12 hectares.

Technology is taught by Rabiya S. Magomedova and Shamil M. Ismailov, biology teacher who is head of the school forestry and responsible for the work of the school training and experimental site.

For the implementation of pre-profile and profile training within the Russian state educational system, the school cooperates with the Dagestan Institute for the Development of Education.

The school forestry undertakes the whole range of annual and ongoing activities associated with a professional forestry enterprise, including:

- Monitoring state of forest
- Thinning and clearing
- Collecting seeds and fruits of trees and shrubs (oak, pine, rowan, maple, linden and viburnum)
- Sowing seeds of tree species under the forest canopy
- Planting and care of seedlings in nurseries established in the school arboretum
- Forest fire prevention using explanatory material provided by the head of the Tsumadinskiy State Forestry Enterprise (Fig. 42-46).



Figure 42. Members of Bereзка School Forestry measuring growth of young trees as part of their forest monitoring programme



Figure 43. Students and teacher in nursery preparing soil for planting. Verkhnee Gakvari



Figure 44. A group of students and other villagers gathered for a tree planting subbotnik. The saplings they are holding were grown by them at the school



Figure 45. Reforestation project. Students preparing ground for planting young trees which they have grown from seed in the school nursery



Figure 46. Students of Verkhnee Gakvari School installing bird nesting boxes that they have made

A terrace has been established in front of the Verkhnee Gakvari School, where aspen, birch, pine, wild rose and willow grow. The school also has an orchard in which 105 apple trees of the best varieties from Michurinsk have been planted. In 2006-2007, the garden was recognized as one of the best in the republic.

Students also manufacture and erect bird nesting houses and bird feeders and collect wild medicinal and herbal materials traditionally used in the community. They also monitor and maintain three water sources or springs valued by the community (Fig. 47, 48).



Figure 47. Filling a traditional metal water jug at the Kuikhe spring, Verkhnee Gakvari



Figure 48. “Medicinal Plants of Our Village”. Biology teacher, Shamil Magomedovich, showing examples to a class of young pupils

In 2016, the school organized pre-professional training in the agronomic profile according to the Russian system. An agreement was signed implementing the professional programme called “Vegetable Grower of Protected Soil” with the Sh.I. Shikhsaidova Buynaksk Agrarian College.

The following is a listing of work done by the Berezka School Forestry in a characteristic academic year (2016-2017):

1. Caring for the forest assigned to the school forestry.

Removal of unhealthy, crushed and damaged trees as a result of early snowfall, was carried out on an area of about 3 hectares. 40-50 year old aspens had particularly suffered. They had collapsed and the tops of birches, lindens and hornbeams were also damaged. Thinning operations were carried out to increase the overall growth per unit area and improve sanitary conditions in the forest by increasing resistance against harmful factors.

In order to reduce competition between seedlings, thinning was also carried out in the pine area of the school arboretum. Clearing was carried out in a closed pine forest area in the Ginkili forest and lower branches and underdeveloped pines were also removed.

Selective felling for timber harvesting was not carried out, as villagers use wood less and less as fuel, replacing it with natural gas (in cylinders) and electricity. For the same reason, it is now rare to find poachers and violators of forest legislation in the forest.

2. In the spring of 2016, members of the School Forestry and school teachers under the guidance of Shamil Ismailov, seeds were sown in the Ginkili forest glades over an area of about 1 hectare. The seeds were provided by the Tsumadinskiy State Forestry Enterprise. Class teachers and students of grades 6-11 were instructed in advance on general safety, fire safety and rules for sowing pine seeds.

3. At the same period, 2-3 year old birch seedlings were dug up for planting in the school arboretum and some unused lands in the village.

Instructions on tree planting rules were conducted by teachers of biology, chemistry, ecology and geography.

4. During the summer, plantings were cared for (watering, protection against eating by livestock, weed removal) in the school arboretum, mainly by the members of the Young Forester educational circle.

5. In order to expand the forested lands, nurseries were established in the school arboretum and in the Tsanatli forest area, as being the most convenient and protected places close to the school. Seeds of rare species of Trautvetter's maple and blue spruce were sown.

6. The tending of the nursery was undertaken by members of the Edelweiss Eco-Group. Crops of maple

seeds turned out to be very sparse due to being picked by birds and eaten by rodents.

7. Students collected seeds and fruits of wild-growing ornamental trees and shrubs in an amount sufficient to start a nursery the following year.

8. Birdhouses and feeders were made and hung in the school arboretum by members of the Young Forester education circle, aided by technology teacher, Gusen M. Ismailov.

9. The School Forestry conducted much explanatory work in the community regarding the benefits of forest dwellers and the need for their protection: birds, animals and beneficial insects. A large accumulation of anthills in the Ginkili and Bitsich forest areas have been identified and taken under protection.

10. The Ginkili forest area is very popular among villagers, visitors and tourists. However, there are some who violate the rules of behavior in nature and in the forest. Members of the school forestry repeatedly extinguished embers of fires they left behind in the pine forest area.

11. Increase in areas with naturally renewable forest species were identified, described and measured as follows:

- Aspen – 1.2 hectares (1-4 years)
- Birch – 4 ha (1-7 years)

It was concluded that the increase in forest areas is due to a decrease in grazing livestock in areas adjacent to the forest, as birch and aspen are mainly renewed by root suckers. The length of year-old shoots measured by members of the Young Forester educational circle was as follows:

- Aspen: 85-110 cm
- Birch: 40-55 cm
- Pine (spread by seed): 4-7 cm.

Individual specimens or whole groups of tree species (birch, mountain ash, pine, etc.) of around 50-70 specimens have spread even higher into mountain pastures and alpine meadows, which is also the result of the activities of various birds and animals.

Older villagers said that there used to be birch forests up to the very peaks. This is evidenced by the remains of logs carried by mudflows from the mountains. Members of the Berezka School Forestry conduct explanatory work among schoolchildren and the local population to prevent the unregulated appearance of young birch and aspen forests and spreading of pines seeds by livestock.

12. In 2017, members of the Edelweiss Eco-Group (together with graduates of previous years) participated in the maintenance of springs at the base of the forested

areas. The purpose of the maintenance arrangements was to provide vacationers and guests with drinking water.

The water of the Kuikhe spring is unique in its properties - it is one of the softest among all the drinking water springs in the Tsumadinskiy District (data derived from chemical analyses by members of the Edelweiss Eco-Group). Another spring, the Serovodorodny (contains hydrogen sulphide: people use the water to treat skin diseases and remove kidney stones. It is located at the base of the northern slope, 300 m southeast of the Egdad microdistrict of Verkhnee Gakvari village. The spring water has long been used both by locals and people outside the area. Near the source is a quarry where, in Soviet times, high-quality rubble stone was mined, including with the assistance of rock explosions. An elderly resident, A. Gadzhi, said that the source's flow rate used to be twice as much as it is now and it is assumed that the amount of water in the source has decreased as a result of blasting and deforestation along the slope above.

Protective measures undertaken: Through the efforts of members of the Edelweiss Eco-Group, the spring was improved, thanks to the financial support of the head of the village administration, Magomed Magomedov, in 2010. The group undertook explanatory work among those building new houses so that they do not carry out blasting operations in the quarry at the base of which the source is located.

A third spring is located in the Ginkili forest.

Another water source of local significance is the Zhelezisty (Iron) spring, which is located 3 km north-west of the village of Verkhnee Gakvari. It is located near a livestock route and therefore is exposed to the impact of sheep, goats and cattle through trampling and pollution of the area around the source. It is necessary to periodically maintain the area of the source and the source itself: lining it with stones and cleaning it of silt and dirt. The need for protection is due to the fact that this source is the only one on village territory whose water contains iron ions in this quantity. Villagers use this water as:

- A medicinal drink against iron deficiency anemia.
- For kneading dough – producing a light, tasty bread. A village elder, Zagid-gadzhi Ismailov, said that the water previously was frequently used, including against

heartburn. The water has an iron taste and the stones around the source are covered with a brownish-red coating.

Protective measures undertaken: Members of the Edelweiss Eco-Group have taken the source under their protection and periodically maintain and clean it. Thanks to their efforts, the source has been declared a natural monument of rural municipal importance.

Protective measures required: As the spring's water is often used by the local population, it is necessary to periodically re-arrange the source: to deepen it to form a reservoir, to lay out the bottom with flat stones at the bottom and to enclose it with a metal mesh or stone fence to prevent contamination by livestock.

A more thorough chemical analysis of this water is required, especially for the identification of trace elements. In this regard samples have been provided to the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University.

13. Medicinal and food plants and mushrooms were collected in forested areas. In 2017, a record number of mushrooms were harvested: they were collected in bags, buckets and even whole sacks. The villagers mainly boil them, wring the liquid from them and store them in refrigerators and, as needed, fry them in vegetable oil.

14. Members of the School Forestry collected about 80 kg of medicinal and herbal raw materials in compliance with officially permitted collection periods.

Among the medicinal plants of the forest, birch (buds) are popular among the local population as are pine (buds, resin), mountain ash (fruits), oak (bark), blueberries (berries, leaves, stems), wild rose (fruits, roots), raspberries (leaves, fruits), lingonberries (berries, shoots), stone bramble (berries), male fern (rhizomes), etc. (Fig. 49).

Members of the Edelweiss Eco-Group also systematically cleared forest glades and forested areas of debris – broken bottles, plastic bags, metal cans, etc. They undertook explanatory work about environmental protection, respect for the forest and its inhabitants and the study of the flora and fauna of forests and other phytocenoses surrounding the village. They also participate in various environmental conservation activities and competitions at regional and republican levels (Fig. 49).



Figure 49. Students burying litter left by visitors to the recreational area of Ginkili glade and Pine Grove

Natural Monuments of Rural Significance

In 2013, research work by members of the Berezka School Forestry resulted in the identification, protection and declaration as natural monuments of rural significance at the municipal level the following natural objects:

- The Mazhbalinsky giant oak tree.
- The Tsanatli forest area with the endemic Caucasus species, the Radde birch, which are included in the Red Data Books of the Republic of Dagestan and the Russian Federation.
- An example of a Trautvetter's maple (a rare, beautiful ornamental tree endemic to the Caucasus) with a height of 15 m.

- The pine grove which is the only area of pine forest within birch forests in the Tsumadinskiy district.

The village of Verkhnee Gakvari is of significant recreational importance for the Tsumadinskiy District. These natural objects are the subject of close attention of the members of the Berezka School Forestry who have been actively working toward the adoption of regulations by municipal and district authorities for their protection.

Mazhbalinsky giant oak tree: The giant oak is located in the Mazhbal microdistrict (Fig. 50). The age of the oak, according to village elders, is about 500 years. Its diameter at 2 metres from the base is 1 m and its height is 30 m. A grandmother said that near the tree was the house of Sheikh-Alim Ali Mazhbalinsky, who was a folk healer who cured people with holy water, etc.



Figure 50. The microdistrict of Mazhbal and its giant oak tree which has been designated a natural monument of rural municipal importance

Current state: every year, side branches appear on the trunk of the tree, in some places the bark is covered with mosses and lichens and birds arrange their nests on it; the oak blossoms and bears fruit, but less and less every year.

Conservation measures taken: Through the efforts of the head-teacher of biology and members of the Edelweiss Eco-Group, the oak has been taken under protection: an iron shield was installed with information about the protection of the oak as a natural monument.

The members of the Edelweiss Eco-Group appealed to the head of the Verkhnee Gakvari Village Council about the need to declare the oak as a natural monument of the Verkhnee Gakvari village resulting in an appropriate decree. Members of the Edelweiss Eco-Group keep the area around the oak tree clean.

Necessary protection measures: The giant oak is a unique natural monument not only of local importance but also of the Tsumadinskiy District and the Republic of Dagestan. For a start, it is necessary to acquire the area around the tree and to fence it off with a metal mesh. Appeals have been made to the head of the district and the district meeting of deputies with this proposal.

Trautvetter's maple: There is a separate 15 m high specimen of Trautvetter's maple, endemic to the Caucasus,

among the birches in the Ginkili locality (Fig. 51). It is especially beautiful in autumn, when the leaves take on a bright yellow and then reddish colour.

Present state: The tree is located on the slope of the northern exposure with a 30° incline. It is surrounded by a natural protection of wild rose, birches and oaks. Access to the tree is difficult for cattle.

Protection measures undertaken: Young school ecologists are conducting explanatory work among students and the village population about the need to protect this unique and beautiful tree in our forest not only from the threat of illegal felling but from the breaking of branches and from collecting sap, etc. By decree of the Head of the Village Council of Verkhnee Gakvari, this Trautvetter's maple has been declared a natural monument of rural municipal importance.

Protection measures required: It has been deemed necessary, together with the Tsumadinskiy Forestry State Enterprise, to take measures to propagate the Trautvetter's maple by the nursery sowing of seeds and by planting grown seedlings in school arboreta, in forest plots and near administrative buildings as a highly beautiful and ornamental tree species. The first steps in this direction have already been taken. Young ecologists already sowed

seeds in a nursery arranged in a school arboretum in autumn 2013. Members of the Berezka School Forestry together with members of the Edelweiss Eco-Group

applied to the school director for financial support for this project.



Figure 51. A lone specimen of Trautvetter's maple at the edge of Ginkili Forest with its autumn foliage. It has been designated as a natural monument of rural municipal importance and saplings are being grown from its seeds in the school nursery

Pine Grove: A pine forest near the village was planted in Soviet times and occupies approximately 2 hectares. It is the only plot of pine amongst a birch forest planted in Soviet times. The pines are now about 55 years old. The grove is now of significant recreational value. The villagers have constructed a large natural spring-fed 30 swimming pool 150 m to the east.

The site is subject to strong anthropogenic impact. It is a favorite vacation spot for villagers and visitors. The soil is also trampled and exposed to cattle. In snowy winters, under the weight of snow, the tops of trees break or trees roll to one side due to a weak root system and the closeness of their plantings. Villagers sometimes cut down pines for their household needs without the consent of the school forestry administration and the state forestry enterprise does not take effective protective counter measures. The forester performs his functions as a formality; there is no remuneration. The forest protection system has completely collapsed and this is why have undertaken the difficult mission of protecting and conserving our own local forests.

Protective measures undertaken: Young ecologists from the Verkhnee Gakvari School took this part of the forest under protection in 2010, the year of the establishment of the Berezka School Forestry. Much explanatory work has been undertaken among the student and parent community about the need to protect this site from forest poachers and un-monitored tourism, as a result of which the forest area is littered with garbage, plastic and glass bottles, papers, packaging material and food leftovers. Cooking fires are also lit in the wrong places. Every year, members of the Edelweiss Eco-Group clear the pine forest of debris by burying it and burning paper waste.

Protective measures required: Assistance is needed on the part of the management of the Tsumadinskiy State Forestry Enterprise and the village administration in the

protection and conservation of this forested area of unique value to the village. The efficient management of this site will benefit both the village community and visitors.

In 2017 the Berezka School Forestry approached the management of the Forestry Enterprise with a proposal to completely entrust the carrying out of forestry work on this site to its care. In 2012, the Forestry Enterprise carried out thinning in the pine forest without observing the relevant rules and regulations and without agreement with the leadership of the School Forestry. Complaints have been made against the management of the Forestry Enterprise and regarding the financing of some school projects related to forest management work.

On the part of the village administration, it is necessary to improve work on the protection of natural monuments and unique biocenoses. Violators should be punished with fines and public censure at meetings of villagers. Cattle grazing in forested areas should be prohibited. After all, it was for the study, protection and renewal of forest resources, that the Berezka School Forestry was created at the Verkhnee Gakvari School.

Tsanatli Forest: This is a mixed birch-pine forest with an area of about 5 hectares. The plot is located opposite the village, at a distance of about 1 km south of the Gakvarinka River. The uniqueness of the site lies in that, together with the Litvinov birch, there is also the Caucasus endemic, the Radde birch. Rowan is also more common than in other forest areas. About 20 years ago, a section of the forest was almost completely cut down at this location by the management of the Forestry Enterprise, allegedly for the purpose of planting pine trees. However, the survival rate of pines was only 15-20% and, where once individual birch trees had been felled, they again multiplied as coppices with 5-8 trunks emerging from a single original.

Due to overcrowded planting in shallow soil, some pines fell to one side when deep winter snow fell. The site is subject to intense anthropogenic impact - young pines and birches are often cut down by villagers for domestic needs. The site is located near a livestock route to alpine pastures. In Soviet times, the forest area adjacent to this route was fenced off with a metal mesh. However, when the pines had grown up, the protective netting was removed.

Protective measures undertaken: The management and members of the Edelweiss Eco-Group have carried out explanatory work on the need to protect and protect Radde birch from felling and the sustainable use of gifts of the forest and prevention of cattle grazing. The site is part of the forests allocated by the Forestry Enterprise for the Berezka School Forestry. By resolution of the head of the village administration, the Tsanatli area has been declared a natural monument of rural municipal importance.

Protective measures required: An important condition for the protection and protection of this natural object is strict observance of forestry legislation, observance of environmental norms and rules and observance of the rules for collecting medicinal raw materials. For this, it is necessary to carry out further explanatory work among the population through children's environmental organizations, the village administration and the Tsumadinskiy State Forestry Enterprise.

It is desirable that this site should become a base for carrying out student research work, for which the following actions should be undertaken:

- Fencing of the site on the side of the livestock route
- Development of a plan for the placement and arrangement of a mini-nursery for the cultivation of ornamental, rare and valuable species of trees and shrubs
- Undertaking of forest management work, including sowing seeds of pine and other species in bare places
- Development of a plan for an ecological trail including this section in order to promote environmental knowledge and mountain tourism.

The need to protect this area is also due to the fact that the villagers collect medicinal plants there. It is a favorite vacation spot and a base for excursions and practical primary school classes in nature, biology, geography and the world around us. Here students learn about characteristics of plants growing in this forest which have medicinal, aesthetic or scientific significance.

2016 Year of Ecology in Russia

On 5 January 2016, Russian President Vladimir Putin signed a decree by which 2017 was declared the Year of Ecology in Russia. The purpose of this decision was to draw attention to the problematic issues existing in the environmental sphere and to improve the state of the country's environmental security. Thus 2017 was an important year for the Verkhnee Gakvari School

In the Verkhnee Gakvari School from the date of the announcement of the Year of Ecology, a plan for the year was drawn up, according to which teachers and students worked and achieved commendable results:

The Day of the Birds holiday was held, in which the students and the team took an active part.

Various All-Russian eco-lessons were held on the topics of:

- Waste management problems;
- Caspian-pearl of Dagestan;

- Protected places of Russia and Dagestan;
- Nature of the Caucasus;
- Guardians of Water.

Representatives of the school participated in various events, including:

- "Clean Rivers", where the banks of the Egdadinka River and the stream flowing to Ginkili were cleared with the schoolchildren.
- "Live Forest" and "Clean Forest".
- "All-Russian Day of Forest Planting".
- All-Russian ecological subbotnik "Green Russia", in which members of the Edelweiss Eco-Group and the Berezka School Forestry actively participated.
- All-Russian action "Let's Do It Together", where school students very actively participated in ongoing events: environmental lessons, brain-ring games, quizzes, ecological tales, activities, conversations, debates and class hours.

Two students of the school, Abdurahman M. Ismailov and Tavus M. Yakhyeva, were winners in the regional stage of the competition "Ecoleader". Biology teacher, Shamil M. Ismailov, was the winner of this competition in the nomination for "Best Supervisor of an Educational Institution".

A school exhibition of drawings entitled "Take Care of Nature" was held, dedicated to the Year of the Environment and to respect for the nature of the village, district and republic.

Participation in various competitions of regional and republican significance, where school representatives achieved many first place and other commendable rewards:

- Regional competition "Green Planet".
- Regional competition "My Little Homeland".
- Regional competition "Young Researchers of the Environment" Regional competition "World Water Day".
- Regional competition "Teenager".
- Regional competition "Best School Forestry".
- Regional competition "Gardens Bloomed for Centuries".
- Regional competition "Educational and Experimental Site".
- Regional competition "Nature Connoisseurs".
- District quiz in Biology-Ecology.
- Regional competition "Young Amateur Photographers".
- Regional competition "Living Symbol of the Village".
- Regional competition "Natural Monuments of the Village and Region".
- Regional competition "Day of the Birds".
- Republican competition "Ecology in the Modern World".
- Republican competition "Best Training and Experimental Site of an Educational Institution".
- Republican competition "Best School Forestry".
- Republican stage of the All-Russian competition "Let's Do It Together".

In the Republican stage of the Ecology-Quiz of the Ministry of Natural Resources, Dagestan, "Connoisseurs of Nature" 2015 the Edelweiss Eco-Group team won the Quiz Finalist Diploma.

Since the Year of Ecology 2016 and the 2017 conference in Agvali (see below), the Vekhnee Gakvari

school and its teachers have continued to be active in various competitions, conferences, Olympiads. Their many awards include first places in:

- Regional stage of the Republican competition “Teacher of the Year of Dagestan” (2018).
- Regional stage of the competition “The Best Training and Experimental Site” (2018 & 2019).
- Republican Olympiad of Biology Teachers – Winner (2020).
- Regional stage of the competition “My Best Occupation” – Ismailov Shamil Magomedovich (2021).
- Interregional competition of works in design and research “Ecology of the Native Land” (2021).

Conferences organized by staff of the Verkhnee Gakvari School

The Verkhnee Gakvari School is providing a role model for organized public advocacy in the protection of the environment not only through its programmes which are focused on the participation of its students but through the energetic and dedicated engagement of its specialist staff in promoting these issues in the broader district and republican forums.

In 2010, a scientific and practical conference on ecology was held at the school, with the participation of many specialists from Makhachkala and the mountainous regions of Dagestan. This conference was followed in 25-26 October 2017 by the organization of the Scientific-Practical Conference, “Ecology of the Mountain Territories of Dagestan: Problems and Pathway to Their Solution” in the Tsumadinskiy administrative centre of Agvali. Project director was Magomed Magomedov Ismailov, Director of the Verkhnee Gakvari School (Fig. 52).



Figure 52. Magomed Ismailov, Director, Verkhnee Gakvari School, addressing the 2017 Conference on the Ecology of the Mountain Regions of Dagestan: Problems and Pathway to their Solution

Participating were guests from Makhachkala and speakers and representatives from four mountain districts (Akhvakhsy, Gumbetsky, Botlikhsky and Tsumadinskiy). The plenary session, was led by Prof. Gairbeg M. Abdurakhmanov, Director, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University and President Regional Section, Republican Ecological Party “Zelenie” (Green). Papers were presented on the following issues:

- Gairbeg M. Abdurakhmanov – “Saving for our Descendents” means to preserve the genofond of wildlife and biogeocomplex of the high mountains.
- Zagir V. Ataev – “Nature conservation in the territory of high mountain Dagestan and perspectives for its development”.
- Yuriy A. Yarovnikov – “Large mammals of the Andiiskoe Koisu river basin”.
- Magomed G. Magomedov – “Ecological-geographical risk factors for youth of the mountain territories of Dagestan”.
- Makagadzhi E. Idrisov & Ramazan A. Murtazaliev – “Rare and disappearing types of vegetation of south-west Dagestan and problems of their preservation”.

- Ali Dzh. Khakibov & Idris A. Idrisov – “Landslide phenomena in high mountain Dagestan”.
- Feizula M. Feiziev – “Health of the environment – health of the nation”.
- Rustam A. Khalilov & Labazan Kh. Magomedov – “Ecological problems of the mountainous part of Dagestan – its particularities and pathway to a solution”.
- Magomed I. Rasulov, Bariat M. Gadzhieva & Magomed R. Rashidkhanov – “Water supply problems of the inhabitants of the mountain territories”.

Within the framework of the conference a scientific research work competition was held between students and teachers of four mountain districts of the republic, reflecting the environmental problems of mountain Dagestan with recommendations for protection and preservation of nature.

At the conclusion of the conference participants resolved to conduct the next scientific-practical conference on the regional level in 2020.

In analysing current questions associated with the present state of the environment and utilisation of the natural resources of the mountain territories of Dagestan, the conference participants recommended the following:

2017 Conference Resolutions:

1. District Councils and Administrations of the Mountain Territories of Dagestan:

- Formulate and agree on a plan of environmental measures in the light of contemporary demands.
- Organise separate collection of solid household waste in organisations and institutions of municipalities.
- Consider the possibility of attracting honest investors for the implementation of environmental projects aimed at reducing negative impacts on the environment.
- Identify and describe specially protected natural objects of the region.
- Develop a system of public ecological monitoring of the state of the environment.
- Provide advanced training for heads of institutions and organizations on compliance with sanitary and environmental norms and regulations.

2. Cultural and Tourism Sector

- Formulate ecological-touristic trails with the aim of attracting and informing tourists about the wealth of plant and animal life of the mountain districts of Dagestan.
- Organise a social publicity campaign directed at a caring attitude to nature necessary for the conservation of rare species and unique vegetation communities.

3. Forestry Management:

- Strengthen the interaction of district administrations between law enforcement agencies, district and village administrations and public organizations regarding the prohibition of land pollution by solid household wastes.
- Create an effective system of interaction between governmental executive authorities and forestry departments for fire safety.
- Conduct an inventory of forest areas classified as specially protected natural areas.
- Organise work to clamp down on the unauthorized dumping of rubbish in forest reserves.
- Include in the work plan activities to identify forests of special natural value which are habitats for rare species of plants, animals and birds.
- Continue work to increase the area under nursery plantings and the growing of rare and ornamental forest species.
- Continue work on expanding the network of school forestries based in educational institutions.

4. Rural municipalities:

- Ensure work is undertaken on the collection and disposal of solid household waste, taking into account the requirements of official sanitary regulations and norms.
- Ensure research is undertaken aimed at the establishment of Specially Protected Natural Areas and their conservation status.
- In cooperation with forestry departments and within the framework of environmental measures, expand the forest plantings along the banks of small rivers and streams to strengthen them.
- As a component of environmental campaigns, undertake subbotniks to clean up garbage and debris from the banks of small rivers, including places of mass recreation.
- Promote work on the promotion of environmental knowledge and the involvement of both the adult population and youth in environmental conservation and educational activities.

5. Educational organizations:

- In the Year of Ecology and the Caspian, continue work on the creation and protection of specially protected natural areas of local importance.
- Direct the activities of school environmental organisations to implement children's research projects focused on biodiversity conservation, sustainable development of mountain ecosystems and protection of natural habitats.
- For the purpose of environmental education and enlightenment of adolescents, promote the development of children's ecological tourism, expeditionary and excursion activities.
- Develop and create ecological, geological and local history routes.
- Strengthen career guidance activities aimed at promoting professions related to ecology, biology, geography, wildlife conservation and environmental conservation, taking into account interaction with social partners.
- To cover the activities of schoolchildren of the mountain zone in the mass media, on school websites and internet resources.
- Summarize experience in the implementation of research, environmental and educational projects in the mountain zone at scientific and practical conferences and seminars.
- Foster the interaction of public educational organisations with higher and secondary educational institutions specialising in the field of environmental protection.

Engagement of the Verkhne Garvari School with the broader village community

Through all its activities in protecting the natural environment the school has become the socio-cultural centre of the village of Verkhne Gakvari. One of the important achievements of its environmental organizations has been the identification, description and protection of specially protected natural objects of rural importance.

The protection of the village's water bodies from pollution and the study of various types of waters and identification of their significance for human health are other important directions of the school's environmental organizations, which have identified the chemical composition of almost 50 water sources in the village and district.

Further prospects for the development of environmental knowledge are also important. An agreement on joint activities has been concluded with:

- Dagestan Institute for the Development of Education (DIRO)
- Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University
- Dagestan State University.

One of the results of such activities has been the annual admission of students to faculties of natural sciences in state institutions of higher learning.

Constant and persistent promotion of environmental knowledge is bearing fruit. Students and teachers are increasingly involved in environmental protection. Students have been the winners of the regional stage of the All-Russian action "Let's Do It Together".

The joint work of the school and the village administration currently focuses on the problem of collection and disposal of household waste.

The school is also the centre of anti-drug and anti-terrorist activities in the community. As a result of vigorous work in raising awareness, it has been possible to drastically reduce the number of smokers and consumers of alcoholic beverages among the villagers. Extensive campaigning work is carried out in this direction at the school: in class hours, debates, conferences and thematic lessons.

Schoolchildren and all participants in the educational process are involved in useful environmental activities: the area around the school and kindergarten and individual locations in the settlement continue to be improved and greened. On the occasion of the 70th anniversary of the Victory in the Second World War, students planted birch seedlings in honour of their grandfathers, grandmothers, relatives, participants and veterans of the war and home front.

Members of school environmental organizations and the school administration intend to carry out further work on the introduction of rare and endangered plant species within the school facilities.

Major Environmental Issues of Current Concern to the Community of Verkhnee Gakvari

As elaborated above, throughout its existence almost all that was required to feed, shelter and support the subsistence activities of the Verkhnee Gakvari community have been derived locally or traded in from neighbouring regions and had no detrimental effect on the environment and harmoniously exploited its potential. No pesticides or chemical fertilisers are needed or used. The villages make liberal use of cow manure on their fields, which not only serves as a fertilizer but serves to condition clayey soils making them easier to till. However, sheep and cattle are annually vaccinated by government veterinarians following brucellosis outbreaks. Members of the community are legally masters of their own lands and there are no erosion

or land degradation problems, such as have occurred through overgrazing and unwise land-clearing in the Transcaucasus to the south. Today Verkhnee Gakvari still has a primarily subsistence economy. Monies earned by villages by working outside the district are being reinvested in repairing or building homes to standards considered desirable today, which brings with it wastewater problems (see below).

It should be emphasized that the agro-pastoral territory in the valley settled by the Gakvarians never sustained a large population. Though nuclear families were large by today's standards, there were not many of them. A detailed Russian ethnographic map of the peoples of Dagestan showing the Andiiskoe Okrug numbers a total of 3,883 Chamalals across all its villages, while a 1927 Soviet tabulation listing all villages and khutora in the Okrug gives a total of 3,397 Chamalals of whom 191 lived in Verkhnee Gakvari, not including its khutora. (All-Union population census of 1926 in the Dagestan ASSR). The All-Russian population census of 2010 gives the population of the village itself as 378. It classifies them as Avars.

Largely overlooked in the story of the long-lived agro-pastoral communities of the upper Andiiskoe Koisu is the significance of the role played by the many khutora on the periphery of their territories. There are those who lament their forced closure and abandonment in the Soviet period as a loss of valuable contributors to socio-ecological product viability and richness of the region, just as the agricultural richness of Tuscany in Italy, for instance, would be affected if the fertile hill farms between its towns and villages were forcibly closed. The carefully tended khutora often occupied prime parcels of land in ecological favorable locations in the landscape with their own springs and good soils and were often the property of the richest families.

In 2018, Magomed Abdulhabirov with others erected a monument to "The Orphaned Farms of Dagestan" in Nizhnee Gakvari on which are recorded the names of all known abandoned khutora in Gakvarin territory [76] (Fig. 53, 54).



Figure 53. Monument to "The Orphaned Khutora", Nizhnee Gakvari



Figure 54. Khutora adjacent to Chamalal settlement of Gigatli. Abandoned during Soviet period but now re-used. Etnomix

The limited domestic incomes in Verkhnee Gakvari today encourage through necessity the perpetuation of the community's agro-pastoral subsistence traditions and the wise use of natural resources. Monies earned by inhabitants of its diaspora working outside the district are being productively reinvested in repairing or building homes to standards now considered desirable.

As an outcome of many decades of the school's engagement in issues relating to environmental management, most of the Verkhnee Gakvari community is now highly sensitized and informed about issues affecting the local environment and have identified the following as requiring critical attention in preserving the character and function of its socio-ecological production system:

Effective waste management and sanitation – the dilemma of how to manage both liquid and solid wastes – is today the major concern of the community in sustaining a healthy environment.

With the introduction of modern expectations of norms of living in houses in the community and the recent provision of gas and electrical services, houses are increasingly fitted with washing machines and bathrooms. These collectively produce large volumes of waste water and sewage and environmentally harmful chemicals which end up untreated in the territory's natural drainage system. This further adds to the pollution of the waters of the Andiiskoe Koisu, already burdened with waste from other valley communities.

Domestic solid waste, particularly of plastics, is creating an ever-growing problem with the village not being served by a government waste collection service (as exists in the nearby district administrative capital of Agvali) and waste is just being tossed in a municipal dump or over a road side without any further processing (as is also happening elsewhere in the district) where the wind blows some of it further and disfigures the pristine natural landscape. In the absence of a government initiated and funded central sewage treatment facility and sanitary solid waste disposal system, members of the community themselves are now discussing how they may themselves undertake this complex task.

*Dagestan State University and Verkhnee Gakvari:
Contribution to Regional Collaboration and Awareness-
Raising of the Role of Environmental Management in
Sustainable Development*

To better understand the whole range of issues involved in the sustainable habitation and development of communities like Verkhnee Gakvari, and as an outcome of the resolutions of the 2017 Conference, "Ecology of the Mountain Territories of Dagestan: Problems and Pathway to Their Solution", the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University is collaborating with the Verkhnee Gakvari School in the formulation of the initiative entitled, "Conserving the Koisu: Sustaining the Mountain Fastness of the Upper Andiiskoe River – A Uniquely Surviving Socio-Ecological Continuum in the Dagestan Caucasus".

To this end the Caspian Centre for the Protection of Nature of the Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (DSU), in partnership with communities of the Tsumadinskiy District of the Republic of Dagestan and with the endorsement and support of the relevant republican and federal agencies, are implementing a community-centred programme to record, conserve, promote and sustainably exploit the heritage resources of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu as the basis for much-needed income generation for the region's population.

This programme is one of an inter-related suite of planned initiatives emanating from the newly-created Dagestan-Qatar Scientific-Educational Centre at Dagestan State University. It is being undertaken in commemoration of the 100th anniversary of the declaration of the Dagestan Autonomous Soviet Socialist Republic (DASSR) and is being implemented within the framework of the concepts of the International Partnership for the Satoyama Initiative.

Within the framework of regional, republication and national environmental conservation and sustainable

development objectives, the Conserving the Koisu programme aims to:

- Enhance regional awareness of in the natural environment and the valorization of the region's unique and deep history identity and of the needs and potential benefits of conserving and reviving productive socio-ecological relationships in the face of negative anthropogenic impacts.
- Contribute to the articulation of initiatives to underpin the Tsumadinskiy District's development in terms of income and revenue generation opportunities, by ensuring that any use of natural resources is equitable and sustainable.

The programme will build on regional initiatives which have already been undertaken to protect and sustainably develop the ecological resources of the region, in large part arising from the dedicated collaborative work of the Tsumadinskiy District administration and the specialist ecological and biological competencies of the School of the settlement of Verkhnee Gakvari which have already resulted in two major government-supported conferences dedicated to these issues in the Tsumadinskiy and neighbouring high mountain districts.

2021-2023: The first phase of the programme is one of intensive district-wide multidisciplinary scientific research into relevant aspects of the regional natural environmental and tangible and intangible cultural heritages and their conservation needs. Existing data about the district and neighbouring region, both published in the scientific literature and the rich as-yet unpublished information developed by scholars in local communities, will be reviewed and systematized as a basic internet-accessible programme resource.

2024-2025: On the basis of the information gathered in the first phase, proposals will then be developed for the subsequent phase to advance specific concrete pilot projects directed at creating a methodological basis for implementing the core programme objectives at the district level. It is expected that such projects would include:

- A comprehensive eco/cultural tourism initiative building on local expertise generated during the Soviet period and on the existence of alpine tourist accommodation facilities near Agvali (which could also be used for summer residential eco/heritage courses, as well as to accommodate programme researchers).
- A visitor information centre in the district administrative centre of Agvali with an online informational website, utilizing the commitment and expertise already evidenced by the internet and Youtube contributions of local citizens in promoting the region.
- Extension of regional heritage designation: assessment and listing of local municipal district natural and architectural heritages.
- Conservation and restoration (in physical and in virtual form) of nationally and regionally-significant historical monuments and built environments, such as the fire-ravaged mosque and abandoned settlement of Khushtada and the largely intact but disused village and farmlands complex of Stari Gigikh. Such a project would include the detailed mapping and documentation of a living community in its traditional architectural setting such as preserved in Kvanada and Tindi.
- Comprehensive district project to restrict and remove waste defiling the Andiiskoe Koisu and its tributaries.

- Selection of a specific settlement for implementation of a pilot holistic eco-community approach including a comprehensive waste water and refuse management system to serve as a model for other communities in the Tsumadinskiy District and elsewhere in Dagestan.

- Implementation of a genofond research and preservation programme into regionally adapted horticultural and cereal plant types and livestock (cattle) breeds (as has recently been achieved for the Dagestan mountain sheep breed).

- Support and participation in the field study of the six now endangered local languages which is being undertaken by the Linguistic Convergence Laboratory of the Institute of Higher Economic Studies, National Research University, Moscow.

- Traditional water mill documentation and conservation/sustainability project.

- Development and promotion of a range of traditional organic food products, officially registered as regionally specialties, for the republican and national gourmet market.

- Development and implementation of a Regional Ecological Awareness and Tourist Guide Education Circle in local schools on the basis of the model for forestry conservation established at Verkhnee Gakvari School.

- On the basis of a survey and assessment of human resources roles critically needed in the region, develop strategies to educate local youth to fill them (including identifying and pursuing the creation of republican and national scholarships to provide the appropriate educational opportunities required).

- Extension of regional heritage designation: assessment and listing of local municipal district natural and architectural heritages.

- Support for existing local tourism development initiatives, such as that formulated by the community of Tlondoda.

- Publication by both local and non-local scholars in scientific journals and monographs of works relating to the heritages and sustainability research outcomes of the Tsumadinskiy District arising from Conserving the Koisu programme activities.

Longer term potential outcomes of the programme could be the nomination of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu as a region of global significance to mankind as a:

- UNESCO World Heritage site (cultural landscape category);
- Geopark (Global Geoparks Network);
- UNESCO Biosphere Reserve.

The programme is led by Professor Guy Petherbridge, Director, Caspian Centre for Nature Preservation of Dagestan State University's Institute of Ecology and Sustainable Development in close consultation with representatives of regional communities and stakeholders who have been actively engaged in researching and supporting their region's heritage resources for many years. Almost every community in the district is notable for the activity of dedicated, enthusiastic and highly educated local specialists in a range of disciplines and interests who will constitute a fundamental programme resource.

The programme will also draw on a range of international and regional (i.e. Caucasus, Caspian)

collaborative scientific and institutional resources in related disciplines, particularly those concerned with research into mountain environments and the sustainability of mountain communities, such as those of the International Union for the Conservation of Nature. These include those undertaken in the European Alps and the Transcaucasus and particular in adjacent Georgia, where substantial advances have been made in developing nature conservation and heritage tourism based on specialist research in the Andiiskoe Koisu source waters province of Tusheti. The programme will also draw on related initiatives in states of the high-altitude south-facing macroslopes of the Himalayas, whose environments and traditional agro-pastoral systems have many remarkable similarities with those of the Tsumadinskiy and neighbouring high mountain regions in Dagestan.

DISCUSSION

This case study has enabled a fuller understanding of the achievements of the Chamalal Verkhnee Gakvari community in preserving its natural environment and cultural landscape, largely through the wisdom and energies of its school's teaching staff. The study process has already engendered considerable support for its objectives from state environmental protection and educational authorities.

The study indicates (a) the degree to which certain traditional rural communities in the Dagestan high Caucasus which continue the multi-generational use of their lands are knowledgeable about the nuances of the natural environments which sustains them and (b) the positive role which community consensus through *adat* and structured education of children play in the sustainable use of their environment and natural resources.

CONCLUSION

Together the village of Verkhnee Gakvari and other communities of the upper Andiiskoe Koisu present a unique cultural continuum in which evidences of its principal evolutionary phases remain accessible to scientific and historical research in the form of perpetuations of ancient life style practices, settlement patterns and built structures, material culture, agro-diversity and plant adaptation, animal resource utilization, customs and beliefs (polytheism transitioning to Christian and then Islamic monotheism), linguistic "islands", etc. In essence we have before us a largely unexplored and undisturbed, living laboratory of human societal engagement with the natural environment. This remarkable continuity is of global significance for understanding the evolution of human society and presents a unique survival in Europe of successful and harmonious socio-ecological interdependencies.

The community of Verkhnee Gakvari in the highlands of the Tsumadinskiy District of the Republic of Dagestan has demonstrated how over untold centuries a succession of dedicated systems of shared community mores, religious beliefs and public education has equipped its members to engage purposefully in managing the interdependencies of man and the natural world and has contributed to the longevity and continuing preservation of one of the world's most intact socio-ecological production landscapes.

As the combined impacts of modern society and climate change now inevitably impinge upon the ability of the inhabitants of this ancient homeland to sustain the benefits which they have so successfully learned to craft

from their environment throughout millennia, the region is in priority need of national and international recognition and support.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to Abubakar M. Ismailov, a native of Verkhnee Gakvari and Director, Thin Film Laboratory, Faculty of Physics, Dagestan State University, for providing constant support in facilitating fieldwork and in sourcing photographic images for the project. Yusup G. Yusupov and Marat N. Pirbudagov provided valuable typographic and electronic formatting assistance in production of the published article.

REFERENCES

- Atayev Z.V. Recent glaciation of Bogosky Range. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 62-74. (In Russian) DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-2-62-74
- Abikh G.V. *Issledovaniya nastoyashchikh i drevnikh lednikov Kavkaza* [Research of the present and ancient glaciers of the Caucasus]. In: Collection of information about the Caucasus. Tiflis, 1871, vol. 1, pp. 85-126. (In Russian)
- Alejnikov A.A., Lipka O.N. *Tayushchie gory Dagestana* [Melting Mountains of Dagestan]., Moscow, The World Wildlife Fund (WWF), 2016, 108 p. (In Russian)
- Ataev Z.V. The landscapes of the highland Dagestan and their current condition. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Proceedings of Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences]. 2007, no. 1, pp. 90-99. (In Russian)
- Ataev Z.V. Highlands orography of the Eastern Caucasus. *Geograficheskii vestnik* [Geographical Bulletin]. 2012, no. 2, pp. 4-9. (In Russian)
- Budagov B.A. Modern and ancient glaciation of the Eastern part of the Greater Caucasus (according to new data). *Doklady AN ASSR* [Reports of the Academy of Sciences of Azerbaijan SSR]. 1958, no. 2, pp. 119-123. (In Russian)
- Znamenskaya O.M. [Glaciation of the Bogosky Range. The Caucasus, Glacial areas]. In: *Trudy lednikovoykh ekspeditsii* [Proceedings of Glacial Expeditions]. Leningrad, 1936, pp. 16-61. (In Russian)
- Kovalev P.V. On the ancient glaciation of the Eastern Caucasus. *Vestnik Khar'kovskogo universiteta. Seriya «Geografiya»* [Proceedings of Kharkov University, Ser. Geogr.]. 1964, iss. 1, no. 2. (In Russian)
- Magomedov A.M., Ataev Z.V. [The influence of orography on the climatic conditions of Bogosky mountain range in the Eastern Caucasus]. In: *Trudy Geograficheskogo obshchestva Respubliki Dagestan* [Proceedings of the Geographical Society of the Republic of Dagestan]. 2005, iss. 33, pp. 164-165. (In Russian)
- Panov V.D., Il'ichev Yu.G., Salpagarov A.D. *Kolebaniya lednikov Severnogo Kavkaza za XIX-XX stoletiya* [Fluctuations of the Northern Caucasus glaciers for the XIX-XX centuries]. Pyatigorsk, 2008, 330 p. (In Russian)
- Panov V.D. *Evolutsiya sovremennogo oledeneniya Kavkaza* [Evolution of the Caucasus glaciation]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1993, 429 p. (In Russian)
- Piotrovich V. V. [Melting and runoff from the glaciers of Addala-shukhgel' in Dagestan]. In: *Trudy lednikovoykh ekspeditsii* [Proceedings of Glacial Expeditions]. Leningrad, 1936, iss. 5, pp. 76-106. (In Russian)
- Amirkhanov Kh.A. *Chokhscoe poselenie: chelovek i ego kul'tura v mezolite i neolite gornogo Dagestana* [Chokh settlement: man and his culture in the Mesolithic and Neolithic of mountainous Dagestan]. Moscow, 1987, 224 p. (In Russian)
- Murtuzaliev R.A. *Biologiya Tsumadinskogo raiona* [Biology of Tsumadinsky region]. Available at: <http://www.tsumada.ru/ru/text/41> (accessed 03.06.2021)
- Coudreau M. "A healthy mountainous island surrounded by a sea of malaria": Ecology and War in the Caucasus. *Environment & Society Portal*, 2021, no. 4. DOI: 10.5282/rcc/8381
- Karafet T.M., Bulayeva K.B., Nichols J., Bulayev O.A., Gurganova F., Omarova J., Yepiskoposyan L., Savina O.V., Rodrigue B.M., Hammer M.F., Coevolution of genes and languages and high levels of population structure among the highland population of Dagestan. *Journal of Human Genetics*, 2016, vol. 61, iss. 3, pp. 181-191. DOI: 10.1038/jhg.2015.132
- Yunusbayev B., Metspalu M., Jarve M., Kutuev I., Rootsi S., Metspalu E. et al. The Caucasus as an asymmetric semipermeable barrier to ancient human migrations. *Molecular Biological Evolution*. 2011, iss. 29, pp. 359-365.
- Bulaeva K.B., Dubinin N.P., Shamov I.A., Isaichev S.A., Pavlova T.A. Population genetics of Dagestan highlanders. *Genetika* [Russian Journal of Genetics]. 1985, iss. 21, pp. 1749-1758.
- Balanovsky O., Dibirova K., Dybo A., Mindrak O., Frolova S., Pocheshikova E. et al. Parallel evolution of genes and languages in the Caucasus region. *Molecular Biological Evolution*, 2011, vol. 28, iss. 10, pp. 2905-2920. DOI: 10.1093/molbev/msr126
- Bulayeva K.B., Davudov O.M., Pavlova T.A., Kurbanov R.D., Bulayev O.A., Harpending H. et al. Genetic subdivision of Dagestan ethnic populations. *Russian Journal of Genetics*, 2003, vol. 39, iss. 1, pp. 68-76. DOI: 10.1023/A:1022027028666
- Bulayeva K.B., Jorde L.B., Ostler C., Watkins S., Bulayev O., Harpending H. et al. Genetics and population history of Caucasian populations. *Human Biology*, 2003, vol. 75, no. 6, pp. 837-853. DOI: 10.1353/hub.2004.0003
- Bulayeva K.B., Jorde L., Watkins S., Ostler C., Pavlova T.A., Bulayev O.A. Ethnogenomic diversity of Caucasus, Dagestan. *American Journal of Human Biology*, 2006, iss. 18, pp. 610-620. DOI: DOI 10.1002/ajhb.20531
- Marchiani E.E., Watkins W.S., Bulayeva K., Harpending H.C., Jorde L.B. Culture creates genetic structure in the Caucasus: autosomal, mitochondrial and Y-chromosomal variation in *Daghestan*. *BMC Genetics*, 2008, vol. 9, no. 47. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-9-47>
- Nasidze I., Risch G.M., Robichaux M., Sherry S.T., Batzet M.A., Stoneking M. Alu insertion polymorphisms and the genetic structure of human populations from the Caucasus. *European Journal of Human Genetics*, 2001, vol. 9, iss. 4, pp. 267-272. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5200615
- Nasidze I., Sarkisian T., Kerimov A., Stoneking M. Testing hypotheses of language replacement in the Caucasus: evidence from the Y-chromosome. *Human Genetics*, 2003, vol. 112, iss. 3, pp. 255-261. DOI: 10.1007/s00439-002-0874-4
- Tofanelli S., Ferri G., Bulayeva K., Caciagli L., Onofri V., Taglioli L. et al. J1-M267 Y lineage marks climate-driven pre-historical human displacements. *European Journal of Human Genetics*, 2001, vol. 17, iss. 11, pp. 1520-1524. DOI: 10.1038/ejhg.2009.58
- Caciagli L., Bulayeva K., Bulayev O. et al. The key role of patrilineal inheritance in shaping the genetic variation of Dagestan highlanders. *Journal of Human Genetics*, 2009, vol. 54, pp. 689-694. DOI: 10.1038/jhg.2009.94

28. Takeuchi K. Rebuilding the relationship between people and nature: the Satoyama Initiative. *Ecol Res*, 2010, vol. 25, pp. 891-897. DOI: 10.1007/s11284-010-0745-8
29. Getseu V.V. *Mineral'nye istochniki Dagestana i ikh lechebnoe znachenie* [Mineral springs of Dagestan and their medicinal value]. Makhachkala, Dagestan book Publ., 1976, 32 p. (In Russian)
30. *Andiickii okrug* [Andean District]. Available at: <http://ethno-kavkaz.narod.ru/andi26.html> (accessed 20.06.2021)
31. Gulisashvili V.Z., Makhatadze L.B., Prilipko L.I. *Rastitel'nost' Kavkaza* [Vegetation of the Caucasus]. Moscow, Nauka Publ., 1975. (In Russian)
32. Taysumov M.A., Umaeva A.M., Abdurzakova A.S., Israilova S.A., Astamirova M.A.-M., Shahgireeva Z.I., Magamadova R.S., Umarov R.M. *Istoriya formirovaniya i puti proniknoveniya reliktovoi dendroflory v Chechnyu i sopredel'nye territorii* [The history of formation and ways of penetration of the relict dendroflora into Chechnya and adjacent territories]. International Conference on Smart Solutions for Agriculture (Agro-SMART 2018), Atlantis Press, Advances in Engineering Research, col. 151, pp. 958-962. (In Russian)
33. Movchan G.Ya. *Staryi avarskii dom v gorakh Dagestana i ego sud'ba* [Old Avar house in the mountains of Dagestan and its fate]. Moscow, 2001, 525 p. (In Russian)
34. Ajmone-Marsa P., Garcia J.F., Lenstra J.A. On the origin of cattle: how aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutsionnaya antropologiya* [Evolutionary Anthropology]. 2010, iss. 19, pp. 148-157. (In Russian)
35. Bollongino R., Burger J., Powell A., Mashkour M., Vigne J.-D., Thomas M.G. Modern taurine cattle descended from small number of Near-Eastern founders. *Molecular Biology and Evolution*, 2012, vol. 29, iss. 11, pp. 2101-2104. DOI: 10.1093/molbev/mss092
36. Bradley D.G. Genetics and origins of domestic cattle. In *Documenting Domestication. New Genetic and Archaeological Paradigms*. Zeder, M.A., Bradley, D.G., Emshwiller, E. and Smith, B.D. (eds), University of California Press, Berkeley, 2006, pp. 317-328.
37. Felius M., Koolmees P.A., Theunissen B., European Cattle Genetic Diversity Consortium, Lenstra, J.A. On the breeds of cattle - historic and current classifications. *Diversity*, 2011, vol. 3, iss. 4, pp. 660-692. DOI: 10.3390/d3040660
38. Zeder M.A., Emshwiller E., Smith B.D., Bradley D.G. Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics*, 2006, vol. 22, iss. 3, pp. 139-155. DOI: 10.1016/j.tig.2006.01.007
39. Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Dogeev G.D., Abdulmagomedov S.S. 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) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-2-39-44
40. Ramazanova Z.B. Hunting among the peoples of Dagestan in the 19th - early 20th centuries. *Acta Historica: Works on History, Archeology, Ethnography and Social Science*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 26-44. DOI: 10.24411/2658-3836-2019-10018
41. Peterbridge G. *Proizvodstvo glavnykh produktov gornoi zhizni: Razmyshleniya ob islame, agrotekhnologiyakh i ekologii na Kavkaze i v Zakavkaz'e* [Manufacturing the Main Products of Mountain Life: Reflections on Islam, Agrotechnology and Ecology in the Caucasus and Transcaucasia]. As-Salam, October 2019. (In Russian)
42. Petrova N.L., Terekhov Ya.P., eds. *Narody Dagestana* [People of Dagestan]. Moscow, Nauka Publ., 1997, pp. 222-230. (In Russian)
43. Moseley C. *Atlas of the World's Languages in Danger*, 3rd ed., Paris, UNESCO Publishing, 2010. Available at: <http://www.unesco.org/culture/en/endangeredlanguages/atlas> (accessed 05.06/2021)
44. von Erckert R. *Die Sprachen des kaukasischen Stammes*. Wien: Holder. 1895, vol. 6.
45. Dirr A. [Materials for studying of languages and dialects of Andic-Dido group]. In: *Sbornik materialov dlya opisaniya mestnostei i plemen Kavkaza* [Collection of Materials for the Description of the Territories and Peoples of Caucasus]. Tbilisi, 1909, vol. 40. (In Russian)
46. Bokarev A. *Ocherki grammatiki chamalinskogo yazyka* [Essays on the grammar of the Chamalin language]. Moscow-Leningrad, 1949. (In Russian)
47. Magomedbekova Z.M. [Chamalin language]. In: *Yazyki narodov SSSR. Iberiiko-kavkazskie yazyki* [Languages of the peoples of the USSR. Iberian-Caucasian languages]. Moscow, 1967, vol. 4, 713 p. (In Russian)
48. Roncero K. An audio-visual documentation of Chamalal, a language of Dagestan (Russia). Preservicar/ELAR. Available at: <https://elar.scar.ac.uk/collection/MPI1234834> (accessed 27.05.2021)
49. Seferbekov M. Notes on mountain cults in Dagestan. *Iran and the Caucasus*, 2016, vol. 20, iss. 2, pp. 215-218. DOI: 10.1163/1573384X-20160205
50. von Petzinger G. *The First Signs: Unlocking the Mysteries of the World's Oldest Symbols*. Atria Books (Simon and Schuster), New York, 2017, 307 p.
51. Kotovich B.M. *Opyt klassifikatsii drevnikh pisanii gornogo Dagestana* [Experience of classification of ancient scriptures of mountainous Dagestan.]. 1974, pp. 29-49. (In Russian)
52. Islammagomedov A. *Avartsy: Istoriko-etnograficheskoe issledovanie XVIII-nach. XX v.* [Avars: Historical and ethnographic research of the XVIII-early XX century]. Makhachkala, 2002, pp. 64-92. (In Russian)
53. Abakarov A.I., Davudov O.M. *Arheologicheskaya Karta Dagestana* [Archaeological Map of Dagestan.]. Moscow, 1993, 189 p. (In Russian)
54. Mian H.S., Janas Khan J., ur Rahman A. Environmental Ethics of Islam. *Journal of Culture, Society and Development*. 2013, vol. 1, pp. 69-74.
55. An Islamic Toolkit on Forest Protection: Resources for Religious Leaders and Communities. The Interfaith Rainforest Initiative, UN Environment Programme, 2019.
56. Bakar O. *Environmental Wisdom for Planet Earth: The Islamic Heritage*. Centre for Civilizational Dialogue, Kuala Lumpur, University of Malaya Press, 2007.
57. Bhatti E.A. *The Holy Quran on Environment*. Brennan, Lahore, Royal Book Company, 2009.
58. Deen M.Y. *The Environmental Dimensions of Islam*. The Lutterworth Press, 2000.
59. Gottlieb R.S. *This Sacred Earth: Religion, Nature and Environment*, Routledge, New York & London, 2003.
60. Izzi Deen (Samarrai) M.Y. *Islamic Environmental Ethics: Law and Society*, in Engel J.R & Engel J.C. (eds), *Ethics of Environment and Development*, London, Bellhaven Press, 1990.
61. Khalid F.M. *Islam and the Environment: Social and Economic Dimensions of Global Environmental Change*. Vol. 5., *Encyclopedia of Global Environmental Change*, P. Timmerman (ed), John Wiley & Sons, Chichester, 2002.
62. Khan D.M. *Environmental Preservation and Tree Plantation in Islam*. Dhaka, Dhanmondi Publ., 2011.
63. Nasr S.H. *Islam and Environmental Crisis, in Spirit and Nature*. S.C. Elder, ed., Boston, Beacon Press, 1992.
64. Ozdemir I. *Towards An Understanding of Environmental Ethics from a Qur'anic Perspective*. In: *Islam and Ecology, A*

- Bestowed Trust, R. C. Foltz, et al. (Eds.), Harvard University Press, 2003, pp. 1-37.
65. Sardar Z. The Touch of Midas: Science, Values and Environment in Islam and the West. Manchester, Manchester University Press, 2006, 253 p.
66. bin Hamad N. Foundations for Sustainable Development: Harmonizing Islam, Nature and Law. (July 2017) (SJD dissertation, Elisabeth Haub School of Law at Pace University), Available at: <http://digitalcommons.pace.edu/lawdissertations/20/> (accessed 04.06.2021)
67. Selnitskaya R.S., Useinova S.R. Artifacts with arabic script in the collections of Karata, Didoi and Botlikh peoples in the collection of the Russian museum of ethnography. *Islam in the modern world*, 2018, vol. 14, no. 1, pp. 55-70. (In Russian) DOI: 10.22311/2074-1529-2018-14-1-55-70
68. Yarlykapov A.A. Islamic education in the North Caucasus in the past and in the present. *Vestnik Evrazii* [Bulletin of Eurasia]. 2003, vol. 21, no. 2, 11 p. (In Russian)
69. [How in the USSR they fought with the Arabic alphabet]. *IZBA-ChITAL'Nya*, 30 January 2014. Available at: <https://islamdag.ru/istoriya/31077> (accessed 05.06.2021)
70. *Saklya-chital'nya ili mechet'? Krasnyi Dagestan* [Sakla-reading room or mosque? Red Dagestan]. Sunday, September 13, 1925, 2 p.
71. Aliev I. Five years of struggle for a new alphabet in DASSR. *Revolutsiya i gorets* [Revolution and Highlander]. 1933, no. 9(60), pp. 129-133. (In Russian)
72. Gadzhiev Kh.M. Improve the teaching of Russian in schools. *Komsomolets Dagestana* [Komsomolets of Dagestan]. 1939, no. 10 (875), 10 p. (In Russian)
73. Newspaper "Voice of Tsumada" on the 75th anniversary of the Tsumadinskiy District. Available at: <http://tsumada-smi.ru/issues/> (accessed 07.06.2021)
74. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. *Flora Severnogo Kavkaza: Atlas-opredelitel'* [Flora of the North Caucasus: Identifier Atlas]. Moscow, Fiton+ Publ., 2013, 688 p. (In Russian)
75. Sefikhanov Sh.S. *Lesnye resursy Dagestana* [Forest Resources of Dagestan]. Makhachkala, Dagestan Book Publ., 1979, 92 p. (In Russian)
76. *Andiskii okrug* [Andean District]. Available at: <http://ethno-kavkaz.narod.ru/andi26.html> (accessed 05.06.2021)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

This article is a product of collaboration between a collective of Dagestan State University's Institute of Ecology and Sustainable Development and teaching staff of the Verkhnee Gakvari school in the Tsumadinskiy District of Dagestan. Guy Petherbridge conceived the study, structured it, undertook the fieldwork and formulated the article. Magomed M. Ismailov and Shamil M. Ismailov provided advice, content and images relating to the Verkhnee Gakvari School and community. Murtazali Kh. Rabadanov, as Rector of Dagestan State University, provided guidance and support, Alimurad A. Gadzhiev, as Director of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development, provided guidance and logistical support. Abdulgamid A. Teymurov, Murtuzali R. Rabadanov and Abdul-Gamid M. Abdulaev provided satellite imagery and cartographic input. Madina G. Daudova edited and formatted the article for publication. All authors are equally responsible for plagiarism and self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Эта статья является продуктом сотрудничества коллектива Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета и преподавателей школы Верхнее Гаквари Цумадинского района Республики Дагестана. Гай Петербридж задумал эксперимент, структурировал его, провел полевые исследования и сформулировал статью. Магомед М. Исмаилов и Шамиль М. Исмаилов обеспечивали материалы и изображения Верхнего Гаквари, необходимые для исследования. Муртазали Х. Рабаданов, как ректор Дагестанского государственного университета, обеспечивал руководство и поддержку. Алимурад А. Гаджиев, как директор Института экологии и устойчивого развития ДГУ, обеспечивал руководство и материально-техническую поддержку. Абдулгамид А. Теймуров, Муртузали Р. Рабаданов и Абдул-Гамид М. Абдулаев обеспечивали спутниковые снимки и картографические материалы. Мадина Г. Даудова редактировала и форматировала рукопись перед публикацией. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Guy Petherbridge / Гай Петербридж <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>
 Magomed M. Ismailov / Магомед М. Исмаилов <https://orcid.org/0000-0003-3409-5143>
 Shamil M. Ismailov / Шамиль М. Исмаилов <https://orcid.org/0000-0002-1317-6780>
 Murtazali Kh. Rabadanov / Муртазали Х. Рабаданов <https://orcid.org/0000-0003-1857-7652>
 Alimurad A. Gadzhiev / Алимурад А. Гаджиев <https://orcid.org/0000-0002-7359-1951>
 Abdulgamid A. Teymurov / Абдулгамид А. Теймуров <https://orcid.org/0000-0003-1832-7864>
 Murtuzali R. Rabadanov / Муртузали Р. Рабаданов <https://orcid.org/0000-0002-7599-0243>
 Madina G. Daudova / Мадина Г. Даудова <https://orcid.org/0000-0003-0456-3698>
 Abdul-Gamid M. Abdulaev / Абдул-Гамид М. Абдулаев <https://orcid.org/0000-0001-8201-5545>

Оригинальная статья / Original article
УДК 911.9 + 332.33 + 502.51
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-180-190

Проблемы защиты поверхностных водных объектов в контексте земельных отношений на юге России

Юлия В. Бабина, Борис И. Кочуров

ФГБУН Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

Контактное лицо

Борис И. Кочуров, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, отдел физической географии и проблем природопользования, Институт географии Российской академии наук; 119017, Россия, Москва, Старомонетный переулок, 29, стр. 4. Тел. +79162262318
Email camertonmagazin@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8351-3658>

Формат цитирования

Бабина Ю.В., Кочуров Б.И. Проблемы защиты поверхностных водных объектов в контексте земельных отношений на юге России // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 180-190. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-180-190

Получена 19 февраля 2021 г.

Прошла рецензирование 20 апреля 2021 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Целью исследования является анализ использования и охраны поверхностных водных объектов суши в контексте земельных отношений на основе теоретических представлений о неразделимости водных объектов и занятых ими земель.

Материал и методы. Для анализа и сопоставления динамических и территориальных рядов данных кадастрового учета и кадастровых карт применялся интегрированный подход, основанный на сочетании статистических методов и сравнительно-правового метода.

Результаты. Существующие проблемы формирования земель водного фонда обусловлены несогласованностью ведения водного реестра и кадастровых работ при абсолютном приоритете последних, вследствие чего обширные площади под водными объектами не включаются в земли водного фонда и не защищены от произвольного использования, чреватого причинением вреда водным объектам вплоть до их полного уничтожения. Наиболее характерны такие несоответствия для большинства регионов в пределах Северо-Кавказского федерального округа.

Заключение. Выполненный анализ показывает выраженную бессистемность установления фактического статуса большинства водных объектов на территории и распространенность несоответствий предусмотренным нормам в отношении выделения земель под водой в самостоятельную категорию «Земли водного фонда», состав которой формируется на практике независимо от установленных критериев такого выделения. Рассматриваемые несоответствия обусловлены как несогласованностью ведения водного реестра и кадастрового учета земель, так и незаинтересованностью землепользователей и местных органов власти в переводе земель под поверхностными водными объектами в категорию земель водного фонда из-за ограничений, налагаемых законодательством на их использование.

Ключевые слова

Поверхностные водные объекты, водный фонд, земельный фонд, земли под водой, земли водного фонда, кадастровый учет, земельный участок, водоохранные зоны.

Problems of surface water protection in the context of land relations in the South of Russia

Yulia B. Babina and Boris I. Kochurov

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Boris I. Kochurov, Doctor of Geographical Sciences, Professor & Leading Scientific Researcher, Department of Physical Geography and Environmental Management Problems, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences; 29 Staromonetnyi Lane, Moscow, Russia 119017. Tel. +79162262318

Email camertonmagazin@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8351-3658>

How to cite this article

Babina Yu.B., Kochurov B.I. Problems of surface water protection in the context of land relations in the South of Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 180-190. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-180-190

Received 19 February 2021

Revised 20 April 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. The aim was to analyse the use and protection of land surface water bodies in the context of land relations based on theoretical concepts of the inseparability of water bodies and the land occupied by them.

Material and Methods. An integrated approach based on a combination of statistical methods and a comparative legal method were used to analyse and compare dynamic and territorial series of cadastral accounting data and cadastral maps.

Results. The existing problems in the formation of lands of the Water Fund are caused primarily by inconsistency in maintaining the water register. Therefore, large areas under water bodies are not included in the land of the water Fund and are not protected from arbitrary use. This is fraught with potential harm to water bodies including their complete destruction. Such discrepancies are most typical for most regions within the North Caucasus Federal District.

Conclusion. Analysis showed that the actual status of the majority of water bodies in the territory is quite irregular and that there are widespread inconsistencies with the norms stipulated by the legislation in relation to land under water in the independent category of "land of the Water Fund". In practice, the composition of this category is formed independently of the established criteria for such selection. These inconsistencies are due to the inconsistency of the norms themselves regarding the formation of water Fund lands and the disinterest of land users and local authorities in transferring land under surface water bodies to the category of water Fund lands due to restrictions imposed by legislation on their use.

Key Words

Surface water bodies, water Fund, land Fund, land under water, land of the Water Fund, cadastral registration, land plot, water protection zones.

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностные водные объекты относятся к числу важных ландшафтообразующих факторов, и от их состояния в большой степени зависит общее состояние окружающей среды. Известна огромная экономическая роль поверхностных водных объектов, поскольку водные ресурсы (прежде всего находящиеся в поверхностных водных объектах), являющиеся едва ли не ценнейшим природным ресурсом и занимают особое место в природно-ресурсном потенциале в силу своей универсальности. Поверхностные водные объекты обеспечивают жизнедеятельность людей, большинства животных и являются средой обитания водных биоресурсов. При определенных условиях поверхностные водные объекты обладают рекреационной и эстетической ценностью. Состояние поверхностных водных объектов является важнейшим фактором обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В широком смысле, исходя из того, что водные объекты непосредственно определяют устойчивость экосистем, они имеют первостепенное значение для обеспечения конституционного права человека на благоприятную среду, что требует их приоритетной защиты.

В силу многообразия хозяйственной специфики и природно-климатических условий регионов России, обуславливающих их существенные различия по характеру экономических и экологических проблем, очевидны региональные особенности защиты водных объектов. Принципиально важное значение имеет защита водных объектов в регионах, подверженных в силу своих климатических особенностей опустыниванию, в том числе на юге России [1].

Защита поверхностных водных объектов, наряду с применением специальных мер в рамках водного законодательства, применяемых в отношении официально установленных водопользователей, предполагает необходимость определенных инструментов государственного регулирования в системе земельных отношений, поскольку поверхностные водные объекты не отделены от земли и находятся на землях, в отношении которых проявляется множество противоречивых интересов экономического, социального и иного характера, среди которых общественные интересы сохранения и поддержание благоприятного водного режима поверхностных водных объектов, к сожалению, далеко не всегда оказываются приоритетными.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления сущности и тенденций процессов использования и охраны водных объектов в контексте земельных отношений и установления возникающих противоречий при обеспечении в формировании и развитии водного и земельного фонда применялся интегрированный подход, основанный на сочетании статистических методов и сравнительно-правового метода, позволивший выявить коренные проблемы защиты поверхностных водных объектов в контексте земельных отношений на юге России и причины их возникновения.

С использованием такого подхода проанализированы данные кадастрового учета и кадастровые карты и выполнено сопоставление динамических и территориальных рядов данных, представленных в

формах государственного статистического наблюдения в области использования земель, с положениями технических, правовых и программных документов. Необходимые данные структурированы в сопоставлении с информацией, содержащихся в государственных (национальных) докладах о состоянии и использовании водных ресурсов, о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации, о состоянии и использовании земель в Российской Федерации за период с 2001 по 2018 г.г., региональных докладах о состоянии и использовании земель в субъектах Российской Федерации на юге России.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование земель водного фонда является сложным и неоднозначным процессом. Исходя из понимания необходимости установления (в целях защиты поверхностных водных объектов) особого правового статуса и специального правового режима на землях, занятых водными объектами, в России, как и в некоторых других странах, выделена категория земель водного фонда. Уже в Земельном кодексе РСФСР 1970 года (ст. 115) земли водного фонда были выделены в качестве самостоятельной категории земель, в которую были включены земли, занятые водоемами (реками, озерами, водохранилищами, каналами, внутренними морями, территориальными водами и т.п.), ледниками, гидротехническими и другими водохозяйственными сооружениями, а также земли, выделенные под полосы отвода по берегам водоемов, под зоны охраны и т.п. Примерно такой же состав земель водного фонда был установлен и в Земельном кодексе РСФСР 1991 года (ст. 95) с дополнением болотами за исключением тундровой и лесотундровой зон.

Наиболее широким и обоснованным с точки зрения защиты поверхностных водных объектов, а также адекватным современным условиям землепользования состав земель водного фонда был установлен Земельным кодексом Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ст. 102 в исходной редакции), включавших (наряду с землями, занятыми водными объектами) земли водоохраных зон, которые играют принципиально важную роль для охраны водных объектов, и зон охраны водозаборов, гидротехнических сооружений и иных водохозяйственных сооружений и объектов (т.е. всех тех зон, которые в настоящее время определены в земельном законодательстве как зоны с особыми условиями использования территории). При этом особо было указано, что порядок использования и охраны земель водного фонда определяется как земельным, так и водным законодательством.

Значимость водных объектов и земель водного фонда была усилена нормами гражданско-правового характера в отношении прав собственности на эти объекты.

В действовавшем в то время Водном кодексе РФ от 16.11.1995 г. № 167-ФЗ не упоминались земли водного фонда, но была жестко установлена федеральная собственность на водные объекты, которые не подлежат передаче в собственность муниципальным образованиям, гражданам и юридическим лицам, за исключением обособленных водных объектов (замкнутых водоемов, официально определенных как небольшие по площади и

непроточные искусственные водоемы, не имеющие гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами), которые могут находиться в собственности Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и в частной собственности в соответствии с гражданским законодательством Российской Федерации. Исходя из этого возможности приватизации водных объектов были формально строго ограничены.

Защита поверхностных водных объектов от приватизации поддерживалась также Гражданским кодексом РФ (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ, согласно которому (по ст.261 в исходной редакции) право собственности на земельный участок (в том числе частной собственности) распространялось только на находящиеся в границах этого участка замкнутые водоемы (определение которых было дано в действовавшем в то время Водном кодексе РФ), а находящиеся на земельном участке водные объекты, имеющие гидравлическую связь с другими поверхностными водными объектами и, соответственно, непосредственно оказывающие воздействие на водный режим и экологическое состояние всего речного бассейна, к которому они относятся, по водному законодательству сохранялись в федеральной собственности с определением федерального уровня надзора за водными объектами за охраной и использованием водных объектов (хотя и с частичной передачей федеральных полномочий органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации).

В связи с введением с 01.01.2007 нового Водного кодекса РФ по Федеральному закону от 03.06.2006 № 74-ФЗ "О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации" были внесены изменения более чем в десять федеральных законов, касающиеся земель водного фонда и собственности на водные объекты.

В первую очередь следует отметить изменение состава земель водного фонда. Согласно статье 102 Земельного кодекса РФ (в ред. Федеральному закону от 03.06.2006 № 73-ФЗ с изм. по Федеральному закону от 22.07.2008 № 141-ФЗ) к землям водного фонда относятся земли, покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах, или занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах. При этом на землях, покрытых поверхностными водами, не осуществляется образование земельных участков.

Наиболее значимым является исключение из земель водного фонда водоохранных зон, имеющих важнейшее значение для предотвращения загрязнения и истощения водных объектов, сохранения среды обитания водных биоресурсов и других объектов животного и растительного мира.

Исходя из определения водного фонда как совокупности водных объектов, удаление из земель водного фонда земель, не покрытых поверхностными водами, представляется логичным, тем более, что специальный режим использования водоохранных зон был установлен Водным кодексом РФ от 03.06.2006 № 73-ФЗ (Ст.65) и, кроме того, с 2018 года введены новые нормы правового регулирования использования водоохранных зон как зон с особыми условиями использования территории (ст.104-107 Земельного кодекса РФ в ред. Федерального закона от 03.08.2018

№ 342-ФЗ) с включением водоохранных зон в «Реестр границ» Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) и их отражением на публичной кадастровой карте, а также с установлением водоохранных зон органами исполнительной власти на местности, в том числе посредством размещения специальных информационных знаков.

Однако водные объекты, в отношении которых водоохранные зоны нанесены на публичную кадастровую карту, крайне малочисленны (за исключением некоторых субъектов Российской Федерации, например, Краснодарский и Ставропольский края, где органы исполнительной власти проводили специальные работы по установлению водоохранных зон с нанесением их на кадастровые карты в массовом порядке). Причем зачастую на кадастровых планах земельных участков не учитываются даже сами водные объекты, особенно малые реки, поскольку включение сведений о водных объектах при учете земельных участков как объектов недвижимости по Федеральному закону от 13.07.2015 № 218-ФЗ не относится к основным сведениям, и лишь по государственной программе Российской Федерации "Воспроизводство и использование природных ресурсов" (подпрограмма "Использование водных ресурсов" в ред. постановления Правительства РФ от 31.03.2020 г. № 379) должно быть обеспечено внесение в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) сведений о границах всех водных объектов, включенных в государственный водный реестр.

Поэтому в большинстве случаев водные объекты и их водоохранные зоны в системе земельных отношений практически не защищены от произвольного использования с причинением вреда поверхностным водам.

Еще более спорным является отмена ранее действовавших норм по возможному образованию земельных участков на землях водного фонда, являющихся важнейшим объектом земельных отношений: именно в отношении земельных участков земельным, гражданским, градостроительным и иным законодательством установлены нормы, регулирующие оценку и учет земель, права собственности и иные права на землю, гражданский оборот земель, правила землепользования, подготовку документов территориального планирования и др.

Не вполне ясно, как согласуется отказ от образования земельных участков на землях водного фонда с нормами статьи 27 «Ограничения оборотоспособности земельных участков» Земельного кодекса РФ, согласно которой земельные участки, в пределах которых расположены водные объекты, находящиеся в государственной или муниципальной собственности (т.е., вероятно, это именно земли водного фонда), ограничиваются в обороте и не предоставляются в частную собственность.

Для понимания норм земельного законодательства в отношении земель водного фонда и земельных участков под водными объектами самостоятельное значение имеет определение водных объектов как объектов права собственности.

Согласно статье 8 действующего Водного кодекса РФ водные объекты находятся в собственности Российской Федерации (федеральной собственности), за исключением прудов и обводненных карьеров, расположенных в границах земельного участка,

принадлежащего на праве собственности субъекту Российской Федерации, муниципальному образованию, физическому или юридическому лицу, которые находятся соответственно в собственности субъекта Российской Федерации, муниципального образования, физического или юридического лица, если иное не установлено федеральными законами.

Принципиально важное значение имеет использование в действующем Водном кодексе РФ понятия “пруд”, которое законодательно не определено (в отличие от ранее действовавшего Водного кодекса, где использовалось и было определено понятие “обособленный водоем (замкнутый водоем)”.

Если следовать определению в действующем стандарте ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения», пруд – это мелководное водохранилище (т.е. искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока) площадью не более 1 кв.км, право частной собственности на пруды в пределах частного земельного участка может означать возможность приватизации участков рек.

В связи с этим исключительно важное значение для предотвращения приватизации и иного гражданского оборота земель под водой имеет определение Верховного суда РФ № 306-КГ18-16823 от 06.12.2018, устанавливающего, что «исходя из системного толкования приведенных положений ст. 1, 5, 8 ВК РФ в собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц могут находиться только пруды (состоящие из поверхностных вод и покрытых ими земель в пределах береговой линии), обладающие признаками изолированности и обособленности от других поверхностных водных объектов, то есть не имеющие гидравлической связи с иными водными объектами. Если пруд не обособлен и не изолирован от других поверхностных водных объектов и имеет с ними гидравлическую связь, он относится к собственности Российской Федерации, в том числе в случае, когда пруд образован на водотоке (реке, ручье, канале) с помощью водонапорного сооружения» [2]. По существу Верховный суд РФ своим определением восстанавливает понятие «обособленный водный объект», который ранее был определен в ныне отмененном Водном кодексе РФ 1995 года и отсутствует в действующем Водном кодексе РФ.

Вместе с тем, в соответствии с нормами Водного кодекса РФ по Федеральному закону от 03.06.2006 № 73-ФЗ были внесены изменения в Земельный и Гражданский кодексы с исключением из всех законодательных актов понятия «обособленный водоем (замкнутый водоем)» и по существу с утратой абсолютной нормы о федеральной (и в целом государственной) собственности на любые поверхностные водные объекты, включая реки, поскольку право частной собственности на “пруды” означает в том числе и право частной собственности на участки водотоков, имеющих гидравлическую связь с другими поверхностными водными объектами. Так, согласно статье 40 Земельного кодекса РФ (в ред. Федеральных законов от 03.06.2006 № 73-ФЗ, от 01.07.2017 № 143-ФЗ) собственник земельного участка имеет право (наряду с прочим) строить пруды (в том

числе образованные водоподпорными сооружениями на водотоках) и иные водные объекты.

Особо следует отметить специально установленную земельным законодательством возможность включения водных объектов в земли сельскохозяйственного назначения. Согласно статье 77 «Понятие и состав земель сельскохозяйственного назначения». Земельного кодекса РФ (в ред. Федеральных законов от 03.06.2006 № 73-ФЗ, от 04.12.2006 № 201-ФЗ, от 23.06.2014 № 171-ФЗ, от 21.07.2014 № 234-ФЗ, от 01.07.2017 № 143-ФЗ) в составе земель сельскохозяйственного назначения выделяются (наряду с прочим) земли, занятые водными объектами (в том числе прудами, образованными водоподпорными сооружениями на водотоках).

Дополнительно следует отметить, что согласно статье 261 «Земельный участок как объект права собственности» Гражданского кодекса РФ (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 03.06.2006 № 73-ФЗ и от 04.12.2006 № 201-ФЗ) право собственности на земельный участок распространяется на находящиеся в границах этого участка водные объекты, причем без каких-либо ограничений, какими могут быть эти водные объекты. В целом согласно рассматриваемой норме право собственности на земельный участок оказывается первичным по отношению к водному объекту.

Исходя из этого, в случае частной собственности на земельные участки гражданское законодательство исключает многие водные объекты из государственной собственности с предполагаемым переносом инструментов управления водным фондом исключительно в сферу водных отношений (в той мере, в какой они регулируются водным законодательством и обеспечиваются надлежащим взаимодействием органов управления с области земельных отношений и в области водопользования). Соответственно утрачивается смысл норм статьи 27 Земельного кодекса РФ об ограничении оборота земельных участков, в пределах которых расположены водные объекты, находящиеся в государственной или муниципальной собственности. Кроме того, утрачиваются нормы в области контроля и надзора за охраной и использованием водных объектов, которые применимы только к водным объектам, которые находятся в государственной или муниципальной собственности.

Оценка соответствия практики использования и охраны поверхностных водных объектов в системе земельных отношений требованиям законодательства свидетельствует о многочисленных нарушениях новых правовых норм и их неприятии в самых различных сферах, обусловленных противоречивостью и наличием глубоких правовых лакун в отношении предотвращения причинения вреда водным объектам в результате реформирования земельного законодательства.

Внесенные изменения в правовые нормы по отнесению поверхностных водных объектов к землям водного фонда и исключение из земель водного фонда земель, не покрытых водой, предполагают, в случае, если кадастровые работы следуют установленным нормам, определенную динамику площадей земель водного фонда.

Но фактически нормы Земельного кодекса РФ в отношении земель водного фонда не выполняются, что следует из данных осуществляемого учета площади земель водного фонда и площади земель под

поверхностными водными объектами. Несмотря на проведение работ по изменению принадлежности к категории земель водного фонда земель под водой, большая часть водных объектов находится за пределами земель водного фонда, за исключением некоторых субъектов Российской Федерации, где более 70% площадей под водой включено в земли водного фонда, например, в Краснодарском крае и Волгоградской области).

По состоянию на 01.01.2019 г. по данным Минприроды России в целом по Российской Федерации под водой (без болот) находится 72,2 млн га (по данным Росреестра 72,3 млн га), из них только 27,4 млн га (или 38 %) включены в состав земель водного фонда [3]. Остальные земли под водой находятся на землях других категорий (в первую очередь за землях лесного

фонда – более 40% и в меньшей степени на землях сельскохозяйственного назначения и на землях запаса – в сумме около половины земель под водой за пределами земель водного фонда).

Согласно действующим нормам земельного законодательства значительная часть этих земель под водой за пределами земель водного фонда (если это не пруды или не обводненные карьеры), подлежит переводу в установленном порядке в земли водного фонда.

Но динамика земель водного фонда не показывает выраженного расширения их площадей после завершения в 90-х годах XX века основных этапов реформирования системы учета земель в России (табл.1).

Таблица 1. Динамика земель водного фонда в Российской Федерации в 2000-2018 гг.

Table 1. Dynamics of lands of the Water Fund in the Russian Federation in 2000-2018

	Площадь по состоянию на 1 января, млн.га Area as of January 1, million hectares				
	2001	2006	2011	2016	2019
Земли под водой (без болот), всего Land under water (without swamps), total	71,7	71,7	72,2	72,3	72,3
Земли водного фонда Lands of the Water Fund	27,8	27,9	28,0	28,1	28,1
из них земли под водой of them land under water	27,2	27,2	27,3	27,4	27,4

Увеличение площади земель водного фонда (как и общей площади земель под водой) в отдельные годы осуществлялось преимущественно при реализации крупных федеральных проектов на водных объектах с затоплением земель за счет их включения в состав земель водного фонда водохранилищ крупных гидроэлектростанций (ГЭС) и других гидроузлов. Наибольшее расширение площади земель под водой и адекватное расширение земель водного фонда связано с созданием и наполнением водохранилища Богучанской ГЭС на Ангаре. В 2019 году в Ростовской области земли сельскохозяйственного назначения были переведены в земли водного фонда по распоряжениям Правительства РФ (от 06.11.2019 № 2629-р и № 2630-р) для реализации федерального проекта по строительству Багаевского низконапорного гидроузла преимущественно транспортного назначения.

Расширения земель водного фонда за счет перевода в эту категорию площадей под существующими поверхностными водными объектами на землях других категорий в целом практически не наблюдалось. Причин сохранения низкой доли земель водного фонда в сравнении с общей площадью акваторий водных объектов может быть много, но в первую очередь – это проблемы неудовлетворительного отражения земель водного фонда в кадастре земель, обусловленные несогласованностью учета земель и водных объектов, осуществляемых различными органами исполнительной власти. Повсеместно отмечается недостаток информационного обеспечения учета водных объектов, в том числе материалов дистанционного зондирования, которые позволяют выявить размещение водных объектов на значительной части географического пространства в результате обработки данных, полученных по густоте

речной сети, озерности, заболоченности и других сведений [4].

Следует отметить и объективные экономические интересы отдельных лиц и общества в целом в отношении земель водного фонда. В связи с этим представляется вполне справедливым мнением о том, что «это вызвано, в частности, тем, что землепользователи и органы власти не заинтересованы в отнесении хозяйственно ценных и инвестиционно привлекательных участков к категории земель водного фонда. Последнее означало бы существенные ограничения для всякого использования, не соответствующего целевому назначению» [5].

Например, в Северо-Кавказском федеральном округе перевод земель под водой (площадью около 300 га) в земли водного фонда был выполнен только в Ставропольском крае в 2016 года [6], а в республиках Северо-Кавказского федерального округа по данным Росреестра площадь земель водного фонда оставалась неизменной на протяжении почти 20-ти лет, несмотря на некоторые наблюдаемые колебания площади земель под водой (табл. 2).

В отличие от общих показателей в целом по Российской Федерации большая часть площадей под водой за пределами земель водного фонда в Северо-Кавказском федеральном округе находится на землях сельскохозяйственного назначения (более 60%, в Дагестане – почти ¾ общей площади под водой). В землях водного фонда этого региона не учтены даже многие участки относительно крупных рек и тем более малых, естественные озера и участки водохранилищ. Например, в Дагестане к категории земель сельскохозяйственного назначения отнесены лагунный водоем Большой Турали (кадастровый номер земельного участка 05:09:000043:1), часть озера Мектеб (кадастровый номер земельного участка

05:01:000191:5), расположенного в пойме левого берега реки Сулак, площадь которого в многоводные годы может достигать 25 кв.км при максимальной глубине 7 м [7]. При этом озеро Мектеб разделено на два земельных участка (что по законодательству не допускается даже в отношении прудов и обводненных карьеров) – на ранее упомянутый земельный участок в составе земель сельскохозяйственного назначения и второй участок (с кадастровым номером

05:01:000220:1), в состав которого включено также водохранилище Асаул, отнесённый к землям водного фонда и предназначенный для сохранения и восстановления популяций осетровых и частиковых видов рыб. Очевидно, что такое деление угрожает самому существованию водоема. Во многих случаях в отношении земель под водными объектами вообще не установлена никакая категория.

Таблица 2. Динамика показателей площади земель под водой в Северо-Кавказском федеральном округе, тыс.га
Table 2. Dynamics of indicators of the area of land under water in the North Caucasus Federal District

	Земли водного фонда в 2001-2018 Water Fund lands in 2001-2018	Площадь земель под водой Area of land under water				
		2001	2006	2011	2016	2019
Северо-Кавказский федеральный округ The North Caucasus Federal District	107,0-107,3	384,0	383,5	383,3	383,6	383,6
в том числе: including:						
Республика Дагестан Republic of Dagestan	26,6	177,2	176,9	176,9	176,9	176,9
Республика Ингушетия Ingush Republic	0,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7
Кабардино-Балкарская Республика Kabardino-Balkar Republic	2,6	15,3	15,3	15,4	15,5	15,5
Карачаево-Черкесская Республика Karachay-Cherkessia Republic	10,2	22,4	22,5	22,5	22,5	22,5
Республика Северная Осетия – Алания Republic Of North Ossetia-Alania	2,5	11,4	11,5	11,5	11,5	11,5
Чеченская Республика Chechnya Republic	8,7	29,1	28,3	28,3	28,5	28,5
Ставропольский край Stavropol region	55,6-55,9	126,9	127,2	127,0	127,0	127,0

В то же время земли водного фонда вопреки действующему земельному законодательству, наряду с землями, покрытыми поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах, или занятыми гидротехническими сооружениями (ГТС) и иными сооружениями, расположенными на водных объектах, включают также и другие земли [8]. В частности, из земель водного фонда, как правило, не исключались площади, не занятые поверхностными водными объектами и ГТС, в том числе ранее учтенные в составе категории земель водного фонда земли водоохранных зон, земли полос отвода и зон охраны водозаборов, занятые различными угодьями, хотя согласно нормам действующего законодательства, такие земли не должны входить в состав земель водного фонда. В частности, допускается в качестве разрешенного использования земельных участков на землях водного фонда, не занятых водных объектов и ГТС, «Общее пользование водными объектами. Использование земельных участков, примыкающих к водным объектам», «Санаторная деятельность», «Обеспечение деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях» и др. [9].

Доля земель водного фонда, не занятых поверхностными водными объектами и ГТС, существенно различается по регионам. Если в целом по Российской Федерации доля таких земель составляет около 2,5% земель водного фонда, то в Северо-Кавказском федеральном округе они достигают почти четверти земель водного фонда, в том числе в

Дагестане – 22,6%, в Северной Осетии – 28%, в Чеченской республике и Ставропольском крае – 26,4 и 26,1% соответственно. При этом в составе земель водного фонда остаются не только водоохранные зоны (там, где они установлены), но различные угодья, прямо не связанные с водными объектами и используемые для хозяйственных нужд, в первую очередь под сельскохозяйственными угодьями (пастбищами), под дорогами и застройками, что нарушает специальный режим земель водного фонда.

Неоднозначной остается и сохраняющаяся практика образования земельных участков на землях водного фонда, которое отменено действующими нормами Земельного кодекса РФ (в ред. Федерального закона от 03.06.2006 № 73-ФЗ). В частности, никогда не образовывались земельные участки под внутренними морскими водами и частями территориального моря (что вполне обоснованно и логично), а в отношении поверхностных вод суши земельные участки не образованы под акваториями водохранилищ ГЭС и других гидроузлов, которые используются преимущественно в энергетических целях в рамках водного законодательства. Например, в Республике Дагестан земельный участок не образован под водохранилищем площадью более 4 тыс.га знаменитой Чиркейской ГЭС [10].

В те же время на акваториях многих поверхностных водоемов, относящихся к землям водного фонда, земельные участки образованы, учтены в Едином государственном реестре недвижимости и

представлены конкретным организациям для различного использования, в том числе и для использования, соответствующего целям выделения земель водного фонда, что логично для обеспечения сохранности и рационального использования водных ресурсов, но противоречит современным нормам земельного законодательства. Например, в Республике Дагестан сохраняется учтенный земельный участок площадью всего около 41 га на землях водного фонда под озером Мочох (с разрешенным использованием «Для размещения водных объектов»), признанное памятником природы регионального значения [11]. Это, безусловно, способствует (в определенной степени) сохранению водного объекта.

Вместе с тем, как следует из научных публикаций по этому вопросу, при исследованиях существующие противоречия в отношении земель водного фонда зачастую просто игнорируются с рассмотрением старых, давно отмененных норм [12], либо косвенно оправдываются как несущественные. Например, допускается «чтобы обеспечить правовое единство воды и земли, законодатель не обязательно должен наращивать земельную составляющую в конструкции водного объекта» [13].

Даже судебные решения, связанные с использованием водных объектов и занятых ими площадей, оказываются неоднозначными и, как правило, исходят из наличия или отсутствия кадастрового учета земельного участка как земель водного фонда. При обзоре судебной практики отмечается, что «основным доказательством в таких делах является формальное отнесение спорного земельного участка к категории земель сельскохозяйственного назначения, даже если будет представлены данные наличия на нем водного объекта. Суды в таких случаях руководствуются сведениями государственного кадастра недвижимости, которые для них являются бесспорными, пока не доказано иное. В других же спорах по заявлениям природоохранных прокуроров, выступающих в защиту прав и законных интересов неограниченного круга лиц на благоприятную среду обитания, суды признают недействительными сделки по передаче в частную собственность земельных участков сельскохозяйственного назначения, по факту с находящимися на них водными объектами, как противоречащих нормам Водного и Земельного кодексов Российской Федерации и нарушающих права местного населения на пользование водными объектами» [14]. Однако анализ фактической структуры земель показал, что защита водных объектов в контексте земельных отношений в настоящее время носит крайне ограниченный характер, и преобладает практика использования (или даже прямого уничтожения) водных объектов, особенно мелких, в интересах хозяйственной деятельности.

В связи с этим следует обратить особое внимание, что при реформировании земельных отношений в рамках реализации Государственной политики Российской Федерации по управлению земельным фондом, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03.03.2012 г. № 297-р (в ред. от 28.08.2014 № 1652-р), направленной в том числе на исключение из земельного законодательства принципа деления земель по целевому назначению на категории,

земли водного фонда вообще не предусматриваются. Разработанным в 2014 г. законопроектом № 465407-6 «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части перехода от деления земель на категории к территориальному зонированию» предлагалось отказаться от деления земель на категории и перейти к установлению 14 территориальных зон, для чего «по мнению разработчиков законопроекта, существуют как минимум две причины:

- необходимость ужесточить режим сохранности земель сельскохозяйственного назначения и защитить их от застройки, что категория земель не обеспечивает;

- сегодня деление земель на категории утратило смысл, так как основную роль для строительства объекта на тех или иных землях в действительности играют виды разрешенного использования» [15].

Утверждение об утрате смысла категорий земель совсем небесспорно, и категория безусловно защищает целевое назначение земель (хотя в силу нарушений законодательства не всегда успешно), а предложенные территориальные зоны игнорировали многие существующие категории (в том числе земли лесного и водного фонда, особо охраняемых территорий). В силу этих обстоятельств, а также по многим другим причинам исходный законопроект был отвергнут многими слоями общества, усматривающими в законопроекте попытку лоббирования заинтересованными структурами (и прежде всего инвестиционных компаний) снятия всяких ограничений в использовании земель.

В новый законопроект «О внесении изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части перехода от деления земель на категории к территориальному зонированию» добавлены природоохранные зоны, зоны историко-культурного назначения и зоны природных лечебных ресурсов, а также зоны лесного фонда, но зоны водного фонда по-прежнему отсутствуют. Более того, в новом законопроекте предлагается внесение дополнения в статью 5 Водного кодекса РФ, согласно которому реки и ручьи, ширина которых не превышает двух метров, являются составной частью земельного участка, по которому они протекают, и границы указанных водотоков не определяются и не устанавливаются. В случае вступления в силу такого дополнения практически все существующие несоответствия в области использования земель под водой утрачивают смысл и открывают безграничные возможности для любых действий в отношении водных объектов (вплоть до уничтожения малых рек), в том числе имеющих гидравлическую связь с крупными водными системами. Кроме того, при отсутствии границ водных объектов не будет и водоохранных зон, имеющих важнейшее значение для охраны поверхностных вод, что создает огромную угрозу экологической безопасности и в конечном счете нарушает конституционное право на благоприятную окружающую среду. Угрозы и риски, создаваемые этим законопроектом, не позволили его принять, но это не означает, что не будут вноситься другие законопроекты подобной направленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ использования и охраны поверхностных водных объектов суши в контексте земельных отношений показывает выраженную бессистемность установления фактического статуса большинства водных объектов на территории и распространенность несоответствий предусмотренным действующим законодательством нормам в отношении земель под водой в самостоятельную категорию «Земли водного фонда», обеспечивающей особый режим таких земель с учетом исключительной экологической и иной значимости водных объектов, состав которой на практике формируется произвольно и независимо от установленных критериев такого выделения. При этом устранение выявленных несоответствий не выполняется в течение десятилетий.

Рассматриваемые несоответствия характерны для всей страны, что обусловлено как противоречивостью самих норм в отношении формирования земель водного фонда и несогласованностью ведения водного реестра и кадастрового учета земель, а также технической сложностью кадастровых работ в отношении земель водного фонда, так и незаинтересованностью землепользователей и местных органов власти в переводе земель под поверхностными водными объектами в категорию земель водного фонда из-за ограничений, налагаемых законодательством на их использование.

Но наиболее характерны такие несоответствия для большинства регионов юга России, прежде всего в пределах Северо-Кавказского федерального округа. С одной стороны, поверхностные водные объекты остаются на землях других категорий (в наибольшей степени на землях сельскохозяйственного назначения), а с другой, - в земли водного фонда включаются различные угодья, не покрытые водой. Кроме того, при кадастровых работах в большинстве регионов юга России не учитываются водоохранные зоны, имеющие самостоятельное значение для защиты поверхностных водных объектов от деградации. При этом во многих случаях на выделенных землях водного фонда сохраняется практика образования земельных участков как важнейших и едва ли единственно значимых объектов земельных отношений, по устаревшим нормам ныне отмененного Водного кодекса РФ 1995 года, что, вероятно, обусловлено целесообразностью учета земель водного фонда в общем кадастровом учете земель для целей управления земельным фондом с учетом сохранения и ограничительного режима использования земель под водой.

Рассмотренные несоответствия и распространенная незаинтересованность в их устранении порождают устремления заинтересованных сторон инициировать такое изменение земельного и водного законодательства, при котором будут устранены всякие ограничения использования земель под водой с утратой самой категории земель водного фонда, что создает огромную угрозу экологической безопасности и предполагает более ответственное отношение к частным интересам в ущерб общественным интересам в области охраны водных объектов и в целом окружающей среды.

Для решения проблем защиты поверхностных водных объектов в контексте земельных отношений может быть предложено:

1. В случае перехода в области земельных отношений от категорий земель к территориальному зонированию - включение в перечень видов территориальных зон «зон водных объектов» и отражением в них всех водных объектов (водотоков независимо от размера и находящихся на них озер и водохранилищ), имеющих связь с другими поверхностными водными объектами.

2. Возможное законодательное восстановление утраченных норм об образовании на землях водного фонда (за исключением внутренних вод и территориального моря) земельных участков как важнейших объектов земельных отношений, связанных с оценкой и учетом земель на территории страны в целом и субъектов Российской Федерации, установлением прав собственности и иных прав на землю, гражданским оборотом земель, правил землепользования, подготовкой документов территориального планирования и др.

3. Законодательное закрепление понятия «пруды» (с учетом определения Верховного суда РФ и положений национального стандарта как небольшие искусственные изолированные водоёмы, не имеющие гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами), которые не должны выводиться из гражданского оборота земель, на которых они расположены.

4. Разработка и реализация региональных программ по кадастровому учету существующих водных объектов и установлению их водоохранных зон. При этом для защиты экологически ценных поверхностных водных объектов перспективно максимальное расширение сети особо охраняемых природных территорий, особенно в случае законодательного отказа от деления земель на категории, с включением таких территорий в предлагаемые «природоохранные зоны».

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУН ИГ РАН № 0148- 2019-0007 (НИОКТР АААА-А19-119021990093-8) «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования».

ACKNOWLEDGMENT

The study was carried out within the framework of the State Task of the FSBI IG RAS No. 0148 - 2019-0007 (R & D АААА19-119021990093-8) "Assessment of physical, geographical, hydrological and biotic changes in the environment and their consequences for the creation of the foundations of sustainable nature management."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шебзухова Т.А., Вартумян А.А., Штапова И.С., Медяник Н.В., Жуковская Н.П. Современное состояние и проблемы развития водохозяйственной сферы в регионах юга России // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. N 1. С. 62-72. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-1-62-72
2. Обзор судебной практики Верховного Суда Российской Федерации N 2 (2019)" (утв. Президиумом Верховного Суда РФ 17.07.2019) // Бюллетень Верховного Суда РФ. 2020. N 2. 36 с.

3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». М., 2019, 290 с.

4. Гасанов И.М. Картографическое обеспечение кадастровой оценки земель водного фонда и сельскохозяйственного назначения // Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня: вызовы и решения», Вологда, 27 января, 2016. С. 192-193.

5. Сиваков Д.О. Актуальные вопросы правового режима земель водного фонда // Аграрное и земельное право. 2009. N 10(58). С. 90-92.

6. Региональный доклад о состоянии и использовании земель Ставропольского края в 2016 году. Ставрополь, 2017, 14 с.

7. Зеленский Н.И. Особенности распределения озёр восточного Предкавказья // Региональные географические исследования: сб. науч. тр. Краснодар: Изд-во Кубанского государственного университета, 2020. С. 103-108.

8. Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2017 году». М., Росреестр, 2018. 197 с.

9. Зорин А.В. Методологические аспекты определения кадастровой стоимости участков земель водного фонда // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики и менеджмента в агропромышленном комплексе», Караваяев, 15 ноября, 2018. С. 141-145.

10. Магомаев Ф.М., Чипинов В.Г., Магомаев Р.Ф., Магомедов Б.Н. Современное состояние и перспективы развития аквакультуры на Чиркейском водохранилище Республики Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2010. Т. 5. N 1. С. 114-120. DOI: 10.18470/1992-1098-2010-1-114-120

11. Джамирзоев Г.С., Букреев С.А., Атаев З.В., Идрисов И.А. Современное состояние, проблемы и перспективы развития сети региональных ООПТ в Республике Дагестан // Труды государственного природного заповедника Дагестанский. 2011. N 1. С. 6-41.

12. Люпатрин Д.П. Правовой режим земель водного фонда // Материалы XXI Международной научно-практической конференции «World science: problems and innovations», Пенза, 30 мая, 2018. С. 234-237.

13. Сиваков Д.О. Водный объект и водный фонд как правовые понятия // Lex Russica (Русский закон). 2016. N 6 (115). С. 91-102.

14. Пельвицкая Е.П. Защита экологических прав граждан при приватизации земельных участков из состава земель сельскохозяйственного назначения, занятых водными объектами // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2014. N 3 (75). С. 8-9.

15. Аносов М. Зонирование вместо категорий: Правительство снова пытается поменять систему правового регулирования земли // ЭЖ-Юрист. 2018. N 44 (1045). URL: <https://www.eg-online.ru/article/384572/> (дата обращения 01.04.2020)

REFERENCES

1. Shebzukhova T.A., Vartumyan A.A., Shtapova I.S., Medyanik N.V., Zhukovskaya N.P. Current state and problems of development of the water management in the South of Russia. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 62-72. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-1-62-72

2. Review of judicial practice of the Supreme Court of the Russian Federation (approved Presidium of the Supreme Court of the Russian Federation 17.07.2019). *Byulleten' Verkhovnogo Suda RF* [Bulletin of the Supreme Court of the Russian Federation]. 2020, no. 2, 36 p. (In Russian)

3. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu»* [State report "On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2018"]. Moscow, 2019, 290 p. (In Russian)

4. Gasanov I.M. Kartograficheskoe obespechenie kadaastrovoi otsenki zemel' vodnogo fonda i sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya [Cartographic support of the cadastral assessment of lands of water Fund and agricultural purpose]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka segodnya: vyzovy i resheniya»*, Vologda, 27 yanvarya, 2016 [Proceedings of the International scientific and practical conference "Science today: challenges and solutions", Vologda, 27 January, 2016]. Vologda, 2016, pp. 192-193. (In Russian)

5. Sivakov D.O. Current issues of the legal regime of water Fund lands. *Agrarnoe i zemel'noe pravo* [Agrarian and land law]. 2009, no. 10(58), pp. 90-92. (In Russian)

6. *Regional'nyi doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Stavropol'skogo kraia v 2016 godu* [Regional report on the state and use of land in the Stavropol territory in 2016]. Stavropol, 2017, 14 p. (In Russian)

7. Zelensky N.I. [Features of the distribution of lakes in the eastern Ciscaucasia]. In: *Regional'nye geograficheskie issledovaniya* [Regional Geographical Research]. 2020, pp. 103-108. (In Russian)

8. *Gosudarstvennyi (natsional'nyi) doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Ros-siiskoi Federatsii v 2017 godu»* [State (national) report "on the state and use of land in the Russian Federation in 2017"]. Moscow, Rosreestr, 2018, 197 p. (In Russian)

9. Zorin A.V. Metodologicheskie aspekty opredeleniya kadaastrovoi stoimosti uchastkov zemel' vodnogo fonda [Methodological aspects of determining the cadastral value of land plots of the water Fund]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye voprosy ekonomiki i menedzhmenta v agropromyshlennom komplekse»*, Karavaevo, 15 noyabrya, 2018 [Materials of the all-Russian scientific and practical conference "Topical issues of Economics and management in the agro-industrial complex", Karavaevo, 15 November, 2018]. Karavaevo, 2018, pp. 141-145. (In Russian)

10. Magomaev F.M., Chipinov V.G., Magomaev R.F., Magomedov B.N. Development of aquaculture on Chirkeyskoe reservoir in the republic of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2010, no. 1, pp. 114-120. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2010-1-114-120

11. Jamirzoev G.S., Bukreev S.A., Ataev Z.V., Idrisov I.A. [Current state, problems and prospects of development of the network of regional protected areas in the Republic of Dagestan]. In: *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika Dagestanskii* [Proceedings of the Dagestansky state nature reserve]. 2011, no. 1, pp. 6-41. (In Russian)

12. Lopatrin D.P. Pravovoi rezhim zemel' vodnogo fonda [The Legal regime of water Fund lands]. *Materialy XXI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «World science: problems and innovations»*, Penza, 30 maya, 2018 [Proceedings of the XXI International scientific and practical conference "World science: problems and

innovations", Penza, 30 May, 2018]. Penza, 2018, pp. 234-237. (In Russian)

13. Sivakov D.O. The water entity and water fund as legal concepts. *Lex Russica (Russkii zakon)* [Lex Russica (Russian law)]. 2016, no. 6 (115), pp. 91-102. (In Russian)

14. Pelvitskaya E.P. Protection of environmental rights of citizens in the privatization of land plots from agricultural land occupied by water bodies. *Vodoochistka*.

Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water purification. Water preparation. Water supply]. 2014, no. 3 (75), pp. 8-9. (In Russian)

15. Anosov M. [Zoning instead of categories: the Government is again trying to change the system of legal regulation of land]. *EZh-Yurist*, 2018, no. 44 (1045) (In Russian). URL: <https://www.eg-online.ru/article/384572/> (accessed 01.04.2020)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юлия В. Бабина, Борис И. Кочуров проанализировали данные, написали рукопись. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yulia B. Babina and Boris I. Kochurov analysed the data and wrote the manuscript. Both authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Юлия В. Бабина / Yulia B. Babina <https://orcid.org/0000-0002-8188-9651>
Борис И. Кочуров / Boris I. Kochurov <https://orcid.org/0000-0002-8351-3658>

Оригинальная статья / Original article
УДК 332.025.12
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-191-199

Концептуальные основы оценки и моделирования устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы (на примере Республики Дагестан)

Мадина М. Магомедова, Умукусум А.-И. Курбанова, Камила Д. Дахдужева
Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Мадина М. Магомедова, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Мировая и региональная экономика», Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Батырая, 4 А.
Тел. +79896593361
Email magomedova-mm@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1109-3604>

Формат цитирования

Магомедова М.М., Курбанова У.А.-И., Дахдужева К.Д. Концептуальные основы оценки и моделирования устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы (на примере Республики Дагестан) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 3. С. 191-199. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-191-199

Получена 16 марта 2021 г.
Прошла рецензирование 23 апреля 2021 г.
Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Исследовать концептуальные основы устойчивого развития региона, выявить основные факторы, признаки, закономерности, принципы, предпосылки устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы, предложить новые подходы к анализу, оценке и моделированию развития региона с позиций системного подхода.

Материал и методы. Проведенные авторами исследования основывались на статистических данных Федеральной службы государственной статистики, характеризующих эколого-социально-экономическое развитие Республики Дагестан. Анализ степени влияния и оценки предпосылок, факторов, условий эколого-социально-экономического развития региона дали возможность обосновать выбор методов исследования, большинство из которых носит детерминированный или вероятностно-определенный детерминированный характер информации. В связи с этим в исследовании использовались методы количественных исследований, которые базируются на факторном, генетическом и нормативном подходах, в том числе методы экспертных оценок, балансовые методы планирования, экономико-математические методы оптимизации и оценки экономической эффективности.

Результаты. Авторы предлагают новые подходы к исследованию проблем оценки, моделирования и прогнозирования эколого-социально-экономического развития региона, которые позволят выявлять зарождающиеся тенденции, движущие силы его развития. На основе исследования индикаторов, характеризующих основные, вспомогательные процессы в регионе, процессы жизнеобеспечения и процессы, препятствующие развитию, проведена оценка количественных трансформаций эколого-социально-экономического развития в Республике Дагестан.

Заключение. Используемая методика позволила получить качественную характеристику регионального пространства, провести анализ и дать оценку трансформационных процессов в эколого-социально-экономическом развитии Республики Дагестан, обеспечить комплексность оценки региональных процессов.

Ключевые слова

Регион, устойчивое развитие, эколого-социально-экономическая система, моделирование развития.

Conceptual bases for assessing and modeling sustainable development of a region as an ecological-socio-economic system (the example of the Republic of Dagestan)

Madina M. Magomedova, Umukusum A.-I. Kurbanova and Kamila D. Dakhdueva

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Madina M. Magomedova, Ph.D in Economics, Professor & Head, World and Regional Economics Department, Dagestan State University; 4a Batyraia St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79896593361

Email magomedova-mm@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1109-3604>

How to cite this article

Magomedova M.M., Kurbanova U.A.-I., Dakhdueva K.D. Conceptual bases for assessing and modeling sustainable development of a region as an ecological-socio-economic system (the example of the Republic of Dagestan). *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 3, pp. 191-199. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-191-199

Received 16 March 2021

Revised 23 April 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. The aim of the research has been: the study of the conceptual foundations of sustainable development of the region, identification of the main factors, signs, patterns, principles, preconditions for sustainable development of the region as an ecological and socio-economic system and the proposition of new approaches to the analysis, assessment and modeling of the development of the region from the standpoint of a systematic approach.

Material and Methods. The research carried out by the authors was based on statistical data from the Federal State Statistics Service, characterising the ecological and socio-economic development of the Republic of Dagestan. Analysis of the degree of influence and assessment of the prerequisites, factors, conditions of the ecological, socio-economic development of the region made it possible to substantiate the choice of research methods, most of which are deterministic or probabilistically deterministic in the nature of information. In this regard, the study used methods of quantitative research, which are based on factorial, genetic and normative approaches, including methods of expert assessments, balance planning methods, economic and mathematical methods of optimization and assessment of economic efficiency.

Results. The authors propose new approaches to the study of the problems of assessment, modeling and forecasting of the ecological, socio-economic development of the region, which will make it possible to identify emerging trends that drive its development. Based on the research of indicators that characterise the basic and auxiliary processes in the region, life support processes and processes that hinder the development, an assessment of the quantitative transformations of ecological-socio-economic development in Dagestan was carried out.

Conclusion. The methodology used made it possible to obtain a qualitative characteristic of the regional space to analyze and assess the transformation processes in the ecological-socio-economic development of the Republic of Dagestan and to provide an integrated assessment of regional processes.

Key Words

Region, stable development, ecological and socio-economic system, development modeling.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе хозяйствования приоритетной задачей органов регионального управления является формирование новых подходов к исследованию проблем эколого-социально-экономического развития регионов, поскольку очень важно на основе их мониторинга определить зарождающиеся тенденции, движущие силы развития элементов региональной системы. В этой связи особую актуальность приобретает задача поиска новых подходов к анализу, оценке тенденций и моделированию устойчивого эколого-социально-экономического развития региона.

Обеспечить устойчивое развитие региона невозможно без учета экологических, социальных, экономических факторов, а также без оптимизации ресурсов потребления. Увеличивающаяся поляризация уровней развития регионов приводит к усилению диспропорций в структуре народнохозяйственного комплекса, создает серьезные препятствия в реализации региональной политики социально-экономических преобразований. В связи с этим важно формировать условия эффективного взаимодействия всех взаимозависимых элементов, составляющих региональную эколого-социально-экономическую систему. Отсутствие такого эффективного взаимодействия приводит к разбалансированности всех элементов, входящих в социально-экономическую систему региона, снижает конкурентоспособность региона в экономическом пространстве. В связи с этим, для обеспечения устойчивого, сбалансированного развития региона необходимо особое внимание уделять эффективному использованию внутренних факторов развития региона, к которым относятся природные, трудовые, материальные, финансовые факторы влияния.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На современном этапе развития очень важно применять воспроизводственный и системный подходы к развитию эколого-социально-экономической системы региона. Необходимость применения воспроизводственного подхода связана с разбалансированностью воспроизводственных процессов, изменением пропорций, структуры народнохозяйственного комплекса, депопуляцией населения. Системный подход основывается на исследовании региона как совокупности элементов системы воспроизводства региональных процессов. Развитие региональной эколого-социально-экономической системы является динамичным вследствие влияния на регион факторов внешней среды и изменения сложной системы связей между элементами, характер которых определяется ресурсами, производственными возможностями, структурой производства и потребления, межрегиональными связями, государственным регулированием [1].

Под устойчивостью развития социально-экономической системы региона эксперты понимают планомерное и качественное изменение его подсистем, обеспечивающее укрепление стабильности региона посредством оптимизации финансовых, материальных и других потоков, благодаря чему происходит повышение уровня и качества жизни населения региона [2]. Устойчивое развитие региона предполагает обеспечение относительного динамического постоянства функционирования составляющих эколого-

социально-экономической системы региона, которое достигается за счет выполнения совокупности воздействий, ориентированных на устранение или снижение влияния факторов, создающих угрозу эффективному развитию региональной системы.

Исследование зарубежной практики позволяет выделить основные группы факторов воздействия, которые можно разделить на жесткие и мягкие. К жестким принято относить количественно измеряемые факторы, в том числе, ориентированные на производство, к которым относят землю, рабочую силу, капитал, место нахождения поставщиков, потребителей, инфраструктуру, а также факторы, определяемые государством, к которым относят налоги, систему хозяйствования, субсидии, программы государственной помощи. К мягким факторам относят стабильность политической обстановки, общественного климата, структуру регионального народнохозяйственного комплекса, уровень и качество образования, наличие вузов, технических центров, исследовательских организаций в регионе, уровень развития экономического и налогового консалтинга, качество жизни населения и т.д. [3].

Уровень воздействия тех или иных факторов на эколого-социально-экономическое развитие в разных регионах может изменяться в значительных границах и зависит от масштаба региона, имеющихся трудовых ресурсов, финансового потенциала. В связи с этим, в регионах целесообразно организовать мониторинг воздействия конкретных факторов, исследовать потенциальные возможности их эффективного использования, определять потенциальные угрозы устойчивому и сбалансированному развитию эколого-социально-экономической системы региона [4].

Дальнейшее поступательное развитие региональных эколого-социально-экономических систем целесообразно исследовать как многофакторный процесс, определяющий изменения структуры этой системы, общественных институтов, поведения населения [5].

Разработка концептуальных основ устойчивого эколого-социально-экономического развития региона предполагает формулирование основополагающих принципов, изучение закономерностей этого развития. Исследуя регион как совокупность эволюционирующих эколого-социально-экономических систем, сформулируем основные признаки его устойчивого развития, к которым можно отнести следующие:

- обеспечение экологического равновесия природных систем территории;
- достижение сбалансированности структуры и оптимальных пропорций регионального эколого-социально-экономического комплекса;
- повышение уровня и качества жизни населения.
- сбалансированность и пропорциональность воспроизводства экологических, социальных и экономических процессов в регионе;
- эффективность воспроизводственных экологических, социокультурных, демографических, экономических процессов в регионе;
- гибкость экономических, социокультурных, демографических, экономических процессов в регионе;
- целесообразность воспроизводственных процессов в регионе, в основе которой лежат правовые инструменты региона.

К основным условиям устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы можно отнести следующее:

- финансовая устойчивость региона и местных бюджетов;
- устойчивость инновационной деятельности, обеспечение экономической эффективности инноваций;
- устойчивость инвестиционной деятельности и повышение инновационной привлекательности региона;
- устойчивая положительная динамика в социально-демографической сфере;
- устойчивость воспроизводства природно-ресурсного потенциала региона;
- устойчивость реализации эффективных организационно-экономических механизмов развития региона [6].

Основными положениями Концепции развития регионов как эколого-социально-экономической системы являются закономерности и принципы, являющиеся концептуальной основой создания механизмов воздействия на параметры устойчивого развития.

К закономерностям устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы эксперты относят:

- достижение оптимального соотношения между потребляемыми на территории региона природными ресурсами и их воспроизводством;
- реализация приоритетных направлений реализуемой государством демографической политики;
- обеспечение инновационной адаптации населения региона;
- повышение уровня образования, здравоохранения, культуры населения региона;
- создание экономических стимулов развития предпринимательской деятельности у субъектов хозяйствования;
- сохранение многообразия объектов окружающей природной среды;
- сохранение и поддержка многообразия культур традиционных ценностей, межконфессионального согласия в регионе;
- обеспечение активного участия гражданского общества в повышении прозрачности и эффективности механизмов хозяйствования в регионе, развитие государственных институтов;
- активизация внедрения инновационных процессов в развитие эколого-социально-экономического потенциала региона [7].

К основным принципам устойчивого эколого-социально-экономического развития региона эксперты относят:

- поддержание принципа сбалансированности и комплексности природопользования, сохранение разнообразия объектов окружающей природной среды;
- проведение активной политики выравнивания уровня развития регионов, снижение дифференциации их развития;
- стимулирование проведения активной экономической политики с целью создания сбалансированной, комплексной структуры эколого-социально-экономической системы региона.

Очень важно определить предпосылки и факторы развития региона, характеризующие экологические, социальные, экономические, правовые

условия осуществления предпринимательской деятельности в регионе. Их целесообразно разделить на две группы-базовые (объективные) и обеспечивающие (субъективные) для того, чтобы определить роль всех уровней государственной власти, особенно региональных властей в выполнении целей и задач обеспечения устойчивого эколого-социально-экономического развития региона [8].

Так, к основным базовым предпосылкам, которые, в свою очередь, делятся на внутренние и внешние, можно отнести следующие:

- природно-климатические, экологические, включающие рельеф, климат, природно-ресурсный потенциал, состояние природной среды;
- социальные, включающие демографический, социокультурный потенциал, уровень заболеваемости, качество жизни;
- социально-экономические, к которым относятся уровень и качество образования, квалификация рабочей силы, миграция, платежеспособный спрос;
- экономические, включающие экономико-географическое положение, структуру экономики, производственный, инновационный, инвестиционный, бюджетный потенциал.

К обеспечивающим факторам и предпосылкам эксперты относят:

- организационно-управленческие, включающие уровень развития организационных структур регионального и муниципального управления, качество управления в регионе;
- институциональные, включающие степень монополизации, уровень конкуренции в регионе, состояние судебной-правовой системы, разнообразие организационно-правовых форм бизнеса;
- состояние региональных и муниципальных финансов;
- региональную и муниципальную политику [9].

Региону, как эколого-социально-экономической системе присущи такие специфические системные свойства, как вероятностность, устойчивость к посторонним возмущениям, делимость на подсистемы, иерархичность системы, многокритериальность, динамизм, эмерджентность. Поскольку все элементы эколого-социально-экономической системы региона обладают разной степенью устойчивости, то наиболее обоснованным методом определения дальнейших тенденций развития при изменении базовых сценариев развития является моделирование.

Моделируя тенденции устойчивого развития региональных эколого-социально-экономических систем, необходимо учитывать особенности развития регионов как саморегулируемой, сложной слабо структурированной, стохастической системы [10].

Эколого-социально-экономическая система региона характеризуется сложной структурой, включающей такие подсистемы, как экология, население, производство, финансы, внешняя экономическая сфера, непродовольственная сфера, пространство. Цель развития этой системы определяется как результат слабо формализованных взаимосвязанных подцелей.

В процессе моделирования эколого-социально-экономического развития региональной системы целесообразно применять проектно-деятельностные модели. Достижение устойчивого равновесия между всеми элементами региональной системы является

сложной задачей [11]. Как показывает отечественный и зарубежный опыт моделирования устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы, в случае принятия решения приоритетного развития той или иной подсистемы, вводятся ограничения на развитие остальных подсистем. Так, например, для обеспечения приоритетного развития экономической подсистемы могут быть приняты решения ввода ограничений на развитие других подсистем [12].

При разработке концептуальной модели устойчивого эколого-социально-экономического развития региона необходимо учитывать взаимодействие и взаимовлияние всех подсистем, в соответствии с чем целостность модели устойчивого развития региона обеспечивается полным охватом всех объектов, находящихся в сфере регионального управления [13].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Концептуальная модель устойчивого эколого-социально-экономического развития региона включает в себя частные модели, характеризующие такие аспекты функционирования региона как экологические, демографические, структурные, технологические и др.

Частные модели соединены между собой информационными потоками, что позволяет обеспечить системный подход к разработке управленческих решений по направлениям дальнейшего эколого-социально-экономического развития региона. Применяемые математические и имитационные модели отличаются многосложными динамическими связями.

Преимущество использования концептуальной модели устойчивого эколого-социально-экономического развития региона заключается в возможности прогнозирования тенденций и сценарных среднесрочных и долгосрочных прогнозов, разработки

Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан.

В процессе моделирования развития региона на среднесрочную и долгосрочную перспективу важно проанализировать состояние и динамику развития эколого-социально-экономического потенциала региона, в частности Республики Дагестан, который характеризуется сложной структурой. Экологический (природно-ресурсный), социальный и экономический потенциалы рассматриваются как отдельные системы, состоящие из локальных потенциалов.

В своем исследовании мы исходим из утверждения, что эколого-социально-экономический потенциал региона относится к системам открытого типа. Моделирование развития систем открытого типа всегда связано с определенными трудностями, поскольку характеристики отдельных элементов, входящих в локальные потенциалы, сложно определить из-за высокой динамики изменений, происходящих в региональной системе.

При моделировании эколого-социально-экономического развития региона все протекающие процессы целесообразно разделить на основные, вспомогательные, процессы жизнеобеспечения и процессы, препятствующие развитию [14].

К числу приоритетных индикаторов, характеризующих основные процессы в региональной системе, мы отнесли следующие:

- сальдированный финансовый результат;
- инвестиции в основной капитал на душу населения;
- иностранные инвестиции в экономику региона;
- валовый региональный продукт (ВРП) на душу населения.

Индикаторы, характеризующие динамику основных процессов в Республике Дагестан за период 2000-2019 годы, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели, характеризующие основные процессы в Республике Дагестан [15]

Table 1. Indicators of the main processes in the Republic of Dagestan [15]

№	Годы Years	Сальдированный финансовый результат, млн. руб Balanced financial result, million roubles	Инвестиции в осн. капитал на душу населения, руб Main capital investment per capita, roubles	Иностранные инвестиции в экономику региона (млн. долл США) Foreign investment in the regional economy (mln USD)	ВРП на душу населения, руб Gross regional product per capita, roubles
1	2000	3811	1412	6,9	8489,7
2	2005	2107	10248	7,1	34370,5
3	2010	208	41727	18,0	98883,6
4	2015	-9938	65791	12,0	89575,2
5	2016	-9302	65886	1,0	192454,1
6	2017	-11920	61367	6,0	193865,3
7	2018	-21231	65043	0,0	203272,3
8	2019	-22556	72543	1,0	-

К индикаторам, характеризующим вспомогательные процессы, протекающие в региональной системе, целесообразно отнести:

- перевозки грузов автотранспортом;
- объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство»;

- численность студентов государственных вузов на 10 000 чел. населения.

В таблице 2 приведены индикаторы, характеризующие динамику вспомогательных процессов в Республике Дагестан за период 2000-2019 гг.

Таблица 2. Показатели, характеризующие вспомогательные процессы в Республике Дагестан [15]**Table 2.** Indicators of auxiliary processes in the Republic of Dagestan [15]

№	Годы Years	Перевозки грузов автотранспортом, млн. т Transportation of goods by road, million tons	Объем работ, выполненных по виду эк. деятельности «Строительство», млн. руб The amount of work performed by the Construction category of economic activity, million roubles	Численность студентов гос. вузов на 10000 чел. нас. Number of state university students per 10,000 people
1	2000	7,8	2276,3	300
2	2005	11,0	14079,7	371
3	2010	8,1	60223,51	339
4	2015	3,4	123921,0	224
5	2016	4,2	133440,4	201
6	2017	5,4	153083,0	165
7	2018	9,0	135068,3	158
8	2019	4,4	170287,0	155

К индикаторам, характеризующим процессы жизнеобеспечения в регионе, относятся:

- плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием;
- объем платных услуг на душу населения;
- оборот розничной торговли на душу населения;

- численность врачей на 10 000 чел. населения;

- число больничных коек на 1000 чел. населения.

Данные, характеризующие динамику показателей третьей группы на период 2000-2019 гг., приведены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели, характеризующие процессы жизнеобеспечения в Республике Дагестан [15]**Table 3.** Indicators of livelihood processes in the Republic of Dagestan [15]

№	Годы Years	Плотность автомобильных дорог общего польз-я с тверд. покрытием, км ² на 1000 км Density of public roads with hard surface, km ² per 1,000 km	Объем платных услуг на душу населения, руб Amount of paid services per capita, roubles	Оборот розничной торговли на душу населения, руб Retail trade turnover per capita, roubles	Численность врачей на 10000 чел. населения per 10,000 people	Число больничных коек на 1000 чел. населения Number of hospital beds per 1,000 people
1	2000	106	2320,6	13850,3	35,1	70,6
2	2005	110	19384,4	82148,3	36,1	68,6
3	2010	153	21350,0	109704,0	39,2	67,8
4	2015	397	35264,0	205890,0	36,7	68,0
5	2016	396	36031,0	196329,0	37,6	67,1
6	2017	410	38961,0	203361,0	40,1	69,2
7	2018	417	40058,0	183878,0	41,2	69,5
8	2019	427	42621,0	191480,0	41,3	66,6

К числу индикаторов, характеризующих процессы, препятствующие развитию региона, относятся:

- заболеваемость на 1000 чел. населения;
- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- сброс загрязняющих сточных вод в поверхностные объекты;
- уровень зарегистрированной безработицы.

Данные, характеризующие динамику этих индикаторов в Республике Дагестан за 2000-2019 гг., приведены в таблице 4.

Используя динамический критерий можно создать структуру, обеспечивающую оптимальный режим устойчивого функционирования эколого-

социально-экономической системы региона. Устойчивое функционирование эколого-социально-экономической системы региона должно основываться на таких принципах построения динамического критерия, как:

- учет экологического состояния;
- изменение эколого-социально-экономического развития региона в рамках единого пространства;
- учет уровня использования природно-ресурсного потенциала;
- приоритетное развитие прорывных отраслей регионального народнохозяйственного комплекса.

Таблица 4. Показатели, характеризующие процессы, препятствующие развитию в Республике Дагестан [15]**Table 4.** Indicators of processes hindering development in the Republic of Dagestan [15]

№	Годы Years	Заболеваемость на 1000 чел. населения Morbidity per 1,000 people	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т Emissions of pollutants into the atmosphere, thousand tons	Сброс загряз. сточных вод в поверхностные объекты, млн. куб. м Discharge of contaminated wastewater into surface localities, million cubic metres	Уровень зарегистрированной безработицы, % Registered unemployment rate, %
1	2000	546,4	30,0	78	5,0
2	2005	857,6	27	75	4,3
3	2010	786,9	18	77	14,8
4	2015	788,8	11	79	10,8
5	2016	803,4	14	77	10,9
	2017	787,6	14	72	12,0
7	2018	791,0	14	71	11,6
8	2019	776,6	13	73	13,0

Важным условием обеспечения устойчивого эколого-социально-экономического развития региона является определение таких параметров динамического критерия, при которых скорость развития основных процессов должна превышать динамику развития вспомогательных процессов и процессов жизнеобеспечения в регионе. Динамика развития процессов, препятствующих региональному развитию, должна быть сведена к нулю.

В процессе моделирования устойчивого эколого-социально-экономического развития региона нами была проведена формализация динамического критерия, на основе приведенных в таблицах 1-4 данных составлен ранговый ряд индикаторов, ранжированных по установленному критерию. Далее, в целях определения общего тренда развития, была проведена процедура сглаживания полученных временных рядов. Следующим этапом стало формирование ранговых рядов движения показателей и расчет ускорения изменения значений индикаторов. На завершающем этапе нами было проведено сравнение критериального и фактического ранговых рядов с использованием коэффициентов ранговой корреляции по инверсиям и отклонениям. Именно заключительная оценка сравнения фактической структуры движения индикаторов и критериальной позволяет сделать вывод об эффективности принятых управленческих решений.

В результате проведенных расчетов было определено значение коэффициента ранговой корреляции, оно составило 0,29. Учитывая, что изменение значений индикаторов варьируется в пределах от 0 до 1, мы можем сделать вывод о том, невысокое значение этого показателя свидетельствует о слабой степени приближения изменений в структуре связей к эталонным значениям.

Нами были составлены матрицы данных, при помощи которых возможно определить тип экономического пространства по основным, вспомогательным процессам, процессам жизнеобеспечения и процессам, препятствующим развитию региона. Проведенный анализ весовых коэффициентов показал, что в числе показателей, характеризующих основные показатели, протекающие в регионе, самым нестабильным на

протяжении долгого периода является сальдированный финансовый результат. К наиболее нестабильным показателям, характеризующим вспомогательные процессы, относятся перевозки грузов автомобильным транспортом и численность студентов государственных вузов на 10 000 чел. населения. Проблемным показателем, характеризующим процессы жизнеобеспечения в Республике Дагестан, можно назвать число больничных коек на 1000 чел. населения, поскольку в 2019 году мы наблюдаем отрицательную динамику этого показателя. Но, на наш взгляд, беспрецедентные меры помощи Республике Дагестан, инициированные Президентом РФ Путиным В.В. во время пандемии ковид-19, благодаря которым в кратчайшие сроки были введены в действие современные медицинские учреждения, оснащенные новейшей техникой, позволяют сделать вывод о том, что динамика этого показателя за 2020 год будет положительной. И, наконец, к числу нестабильных показателей, характеризующих процессы, препятствующие развитию Республики Дагестан можно отнести сброс загрязненных сточных вод в поверхностные объекты и уровень зарегистрированной безработицы в регионе.

На основе проведенных ранее расчетов мы составили матрицы для определения типа пространства в регионе. На основе анализа этих данных нами сделан вывод о значительной трансформации процессов эколого-социально-экономического развития Республики Дагестан. В частности, исследуя взаимосвязь основных и вспомогательных процессов, протекающих в Республике Дагестан, мы можем констатировать высокую зависимость между ними, уровень корреляции равен 0,89. Еще выше значение уровня корреляции, характеризующего взаимосвязь основных процессов и процессов жизнеобеспечения. Уровень коэффициента корреляции равен 0,93. Практически такую же тесную взаимосвязь и зависимость демонстрируют основные процессы и процессы жизнеобеспечения. Самая слабая зависимость выявлена между основными процессами и процессами, препятствующими развитию Республики Дагестан. Значение коэффициента корреляции равно 0,32. Рассчитанный показатель уровня синхронности относительно основных процессов, определяющих

общие направления развития республики, оказался достаточно высоким.

В целях оценки количественных трансформаций эколого-социально-экономического развития в Республики Дагестан нами был рассчитан уровень синхронности относительно основных процессов, которые определяют тенденции развития территории, значение которого оказалось достаточно высоким.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе развития особую актуальность приобретают проблемы исследования концептуальных основ устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы. В связи с этим в данной статье ставится задача проведения научного анализа категории «устойчивое развитие региона», выявления и классификации факторов воздействия на региональное развитие, формулирование основополагающих принципов, закономерностей этого развития, отмечается важность изучения признаков, закономерностей, условий, предпосылок, принципов Концепции развития региона как эколого-социально-экономической системы с позиции формирования механизмов воздействия на параметры устойчивого развития.

Значительное внимание в статье уделяется исследованию вопросов формирования новых подходов к анализу, оценке и моделированию эколого-социально-экономического развития региона. Использование предлагаемой модели позволит получать информацию о совокупном эффекте устойчивого эколого-социально-экономического развития региона по конкретным сценариям развития, прогнозировать будущее состояние региона, разрабатывать стратегию устойчивого его развития.

На основе статистических данных Федеральной службы государственной статистики, характеризующих индикаторы экологической, социальной и экономической систем Республики Дагестан за период 2000-2019 гг. нами были проведены расчеты формализации динамического критерия, процедуры сглаживания временных рядов, определения тренда развития, формирования ранговых рядов движения показателей, а также сравнение эталонного и фактического ранговых рядов с использованием коэффициентов ранговой корреляции по отклонениям и по инверсиям.

Апробированная в данной статье методика моделирования устойчивого эколого-социально-экономического развития региона имеет важное прикладное значение для характеристики типа регионального пространства, анализа и оценки трансформационных процессов в эколого-социально-экономическом развитии региона, а также в выявлении причин этой трансформации. Использование данной методики моделирования и эколого-социально-экономического развития региона позволит обеспечить единство и комплексность оценки процессов, определяющих его динамику, даст возможность сравнить количественные оценки использования природно-ресурсного, социального, экономического и других видов потенциалов региона и проводить анализ степени приближенности исследуемых индикаторов к эталону.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозова И.А., Шевченко С.А., Кузьмина Е.В. Исследование основных факторов устойчивости пространственного развития территории с позиции системного подхода // Экономика устойчивого развития. 2020. N 3 (43). С. 76-83.
2. Лукинова О.А., Писаренко Н.Д. Выбор приоритетных вариантов инновационного устойчивого развития региона с помощью метода принятия управленческих решений // Инновации и инвестиции. 2018. N 3. С. 6-11.
3. Васильева Л.П. Методологические аспекты управления сбалансированным развитием региональной социально-экономической системы // Бизнес. Образование. Право. 2014. N 1 (26). С. 143-148.
4. Хильченко Н.В., Атаманова Е.А., Славиковская Ю.О. Диагностика эколого-социальных угроз развития территории // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 1. С. 43-58. DOI: 10.17059/2020-1-4
5. Бурматова О.П. Экологические вызовы в регионе: анализ, пути предотвращения рисков и снижения угроз // Экономика региона. 2021. Т. 17. Вып. 1. С. 249-261. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-19
6. Цветцых А.В., Иваницкая В.В., Гринчишина К.Э., Гринчишина В.Э. Концепция устойчивого развития региона как эколого-социально-экономической системы // Менеджмент социальных и экономических систем. 2016. Т. 4. N 4-1. С. 45-51.
7. Пономарев А.А. Система устойчивого развития региона // Вестник ДонНУ. Серия В. Экономика и право. 2019. N 3. С. 181-189.
8. Глинский В.В., Сергеева Л.К., Хван М.С., Филатов С.А. Разработка методики статистической оценки уровня устойчивого развития социально-экономических систем // Идеи и идеалы. 2013. Т. 1. N 3 (17). С. 48-56.
9. Алферова Т.В. Устойчивое развитие региона: подходы к отбору показателей оценки // Вестник Пермского университета. Экономика. 2020. Т. 15. N 4. С. 494-509. DOI: 10.17072/1994-9960-2020-4-494-511
10. Саяпова А.Р. Взаимосвязь развития инструментария и аналитических возможностей метода «затраты-выпуск» // Проблемы прогнозирования. 2021. N 1. С. 59-69. DOI: 10.47711/0868-6351-184-59-69
11. Драпкин И.М., Дубинина Е.О. Эконометрическое моделирование потенциала региона по привлечению прямых иностранных инвестиций // Экономика региона. 2020. Т. 16. Вып. 1. С. 310-324. DOI: 10.17059/2020-1-23
12. Шаланов Н.В., Шаланова О.Н., Пешкова М.Н., Баланчук Т.Т., Яковлева А.А. Моделирование устойчивого социально-экономического развития региона // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. 2017. N 1. С. 73-79.
13. Гутман С.С., Жданова А.С. Индикаторы оценки конкурентоспособности региона в контексте концепции устойчивого развития // Научный вестник ЮИМ. 2020. N 1. С. 12-18. DOI: 10.31775/2305-3100-2020-1-12-18
14. Магомедова М.М., Мамасиева Д.А., Аджиева Н.Н. Оценка и прогнозирование социально-экономического потенциала региона. Махачкала: Издательство ДГУ. 2013. 160 с.
15. Регионы России. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 20.02.2021)

REFERENCES

1. Morozova I.A., Shevchenko S.A., Kuzmina E.V. Research of the main factors of sustainability of spatial development of the region from the position of a system approach. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya* [Economics of sustainable development]. 2020, no. 3 (43), pp. 76-83. (In Russian)
2. Lukinova O.A., Pisarenko N.D. Selection of priority options for innovative sustainable social and economic development of the region through management decision making methods. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and investments]. 2018, no. 3, pp. 6-11. (In Russian)
3. Vasilyeva L.P. Methodological aspects of managing of the balanced development of the regional socio-economic system. *Biznes. Obrazovanie. Pravo* [Business. Education. Law]. 2014, no. 1 (26), pp. 143-148. (In Russian)
4. Khil'chenko N.V., Atamanova E.A., Slavikovskaya Yu.O. Diagnostics of Environmental and Social Threats to the Territory's Development. *Economy of Region*, 2020, vol. 16, iss. 1, pp. 43-58. DOI: 10.17059/2020-1-4
5. Burmatova O.P. Environmental Challenges in Regions: Analysis and Measures to Reduce Potential Risks. *Economy of Region*, 2021, vol. 17, iss. 1, pp. 249-261. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-1-19.
6. Tsvetyskykh A.V., Ivanitskaya V.V., Grinchishina K.E., Grinchishina V.E. The concept of the sustainable development of the region as an ecology-social-economic system. *Menedzhment sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistem* [Management of social and economic systems]. 2016, vol. 2016, no. 4-1, pp. 45-51. (In Russian)
7. Ponomarev A.A. The system of sustainable development of the region. *Vestnik DonNU. Seriya V. Ekonomika i pravo* [Bulletin of Donetsk National University. Series B. Economics and Law]. 2019, no. 3, pp. 181-189. (In Russian)
8. Glinsky V.V., Sergeeva L.K., Khvan M.S., Filatov S.A. Development of a technique for statistical estimation of the level of sustainable development of socio-economic systems. *Idey i idealy* [Ideas and ideals]. 2013, vol. 1, no. 3 (17), pp. 48-56. (In Russian)
9. Alferova T.V. Sustainable development of the region: approaches to selecting evaluation indicators. *Perm University Herald. Economy*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 494-509. DOI: 10.17072/1994-9960-2020-4-494-511
10. Sayapova A.R. Interrelation between Tooling Evolution and Analytical Potential of Input-Output Method. *Problemy prognozirovaniya* [Studies on Russian Economic Development]. 2021, no. 1, pp. 59-69. DOI: 10.47711/0868-6351-184-59-69
11. Drapkin I.M., Dubinina E.O. Econometric Modelling of a Region's Potential to Attract Foreign Direct Investments. *Economy of Region*, 2020, vol. 16, iss. 1, pp. 310-324. DOI: 10.17059/2020-1-23.
12. Shalanov N.V., Shalanova O.N., Peshkova M.N., Balanchuk T.T., Yakovleva A.A. Modeling of the sustainable social and economic development of the region. *Vestnik Sibirskogo universiteta potrebitel'skoi kooperatsii* [Bulletin of the Siberian University of Consumer Cooperatives]. 2017, no. 1, pp. 73-79. (In Russian)
13. Gutman S.S., Zhdanova A.S. Indicators of competitiveness of a region in the global sustainable development context. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*, 2020, no. 1, pp. 12-18. DOI: 10.31775/2305-3100-2020-1-12-18
14. Magomedova M.M., Mamasieva D.A., Adzhieva N.N. *Otsenka i prognozirovaniye sotsial'no-ekonomicheskogo potentsiala regiona* [Assessment and forecasting of the socio-economic potential of the region]. Makhachkala, DSU Publ., 2013, 160 p. (In Russian)
15. *Regiony Rossii* [Russian Regions]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (accessed 20.02.2021)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Умукусум А.-И. Курбанова подготовила аналитический материал, Камила Д. Дахдueva провела анализ и обобщение представленной информации, Мадина М. Магомедова апробировала методику моделирования устойчивого эколого-социально-экономического развития региона. Все авторы в равной степени несут ответственность за обнаружение плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Umukusum A.-I. Kurbanova prepared analytical material. Kamila D. Dakhdueva analysed and generalised the information presented. Madina M. Magomedova tested the methodology for modeling the sustainable ecological, socio-economic development of the region. All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Мадина М. Магомедова / Madina M. Magomedova <https://orcid.org/0000-0003-1109-3604>
 Умукусум А.-И. Курбанова / Umukusum A.-I. Kurbanova <https://orcid.org/0000-0003-4984-1583>
 Камила Д. Дахдueva / Kamila D. Dakhdueva <https://orcid.org/0000-0002-3458-5698>

Оригинальная статья / Original article

УДК 502.14

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214

Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства

Назирхан Г. Гаджиев¹, Сергей А. Коноваленко², Михаил Н. Трофимов²,
Артур Н. Гаджиев¹

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В. Я. Кикотя, Рязань, Россия

Контактное лицо

Михаил Н. Трофимов, кандидат экономических наук, старший преподаватель, кафедра экономической безопасности, Рязанский филиал 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., 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. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214

Получена 25 января 2021 г.

Прошла рецензирование 14 апреля 2021 г.

Принята 26 апреля 2021 г.

Резюме

Цель. Изучить теоретические основы экологической безопасности государства как структурного элемента системы обеспечения экономической безопасности государства. Проанализировать ее базовые показатели в рамках теоретической экономической науки. Определить основные тенденции в динамике основных показателей экологической безопасности в сфере экономики.

Материал и методы. Исследование проведено с использованием таких теоретических методов исследования, как анализ, дедукция и метод экстраполяции в статистическом анализе.

Результаты. Авторы предлагают рассматривать экологическую безопасность как составную часть экономической безопасности. По нашему мнению, важно не допустить в условиях обострения мирового финансового кризиса, наложения внешнеэкономических санкций на нашу страну и развертывания новых волн пандемии COVID-19 таких негативных тенденций, как дальнейшее сокращение инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды; неоправданный рост коэффициента затрат на охрану окружающей среды; снижение инвестиционной привлекательности экологических проектов, роста экологической преступности. Действия негативных факторов и рисков в сфере обеспечения экологической безопасности может стать негативным условием сдерживания социально-экономического развития государства и экономической безопасности.

Заключение. Совершенствование государственного регулирования сферы экологической безопасности обеспечит возможность улучшения экологической ситуации в долгосрочном периоде, создаст предпосылки устойчивого социально-экономического развития государства.

Ключевые слова

Экологическая безопасность, экономическая безопасность, инвестиции в основной капитал, инвестиционный поток, коэффициент затрат на охрану окружающей среды.

The role and significance of environmental safety in the system of ensuring the state's economic security

Nazirkhan G. Gadzhiev¹, Sergey A. Konovalenko², Mikhail N. Trofimov²
and Artur N. Gadzhiev¹

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Vladimir Ya. Kikot Ryazan Branch, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ryazan, Russia

Principal contact

Mikhail N. Trofimov, PhD in Economics, Senior Lecturer, Department of Economic Security, Ryazan Branch, Vladimir Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 18a 1-ya Krasnaya St, Ryazan, Russia 390046.

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., 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) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214

Received 25 January 2021

Revised 14 April 2021

Accepted 26 April 2021

Abstract

Aim. To study the theoretical foundations of the state's ecological security as a structural element of the system of ensuring the states's economic security. To analyze its basic indicators within the framework of theoretical economic science. To determine the main trends in the dynamics of the main indicators of environmental safety in the economic sphere.

Material and Methods. The study was conducted using such theoretical research methods as analysis, deduction and the method of extrapolation in statistical analysis.

Results. The authors propose to consider environmental safety as an integral part of economic security. In our opinion, it is important to prevent such negative trends as a further reduction in investments in fixed assets aimed at environmental protection, an unjustified increase in the coefficient of environmental protection costs, a decrease in the investment attractiveness of environmental projects, and an increase in environmental crime, in the context of the aggravation of the global financial crisis, the imposition of foreign economic sanctions on our country and the deployment of new waves of the COVID-19 pandemic. The actions of negative factors and risks in the field of ensuring environmental safety can become a negative condition in restraining the socio-economic development of the state and economic security.

Conclusion. The improvement of state regulation of the sphere of environmental safety will provide an opportunity to improve the environmental situation in the long term and will create prerequisites for sustainable socio-economic development of the state.

Key Words

Environmental safety, economic security, investment in fixed assets, investment flow, coefficient of environmental protection costs.

ВВЕДЕНИЕ

Основными структурными элементами экономической безопасности государства являются: технологическая, технико-производственная, валютно-кредитная, сырьевая, энергетическая, экологическая, информационная и продовольственная составляющие. Экологическая составляющая предполагает такое положение национальной экономики, при котором повсеместно внедряется бережливое отношение к окружающей среде (в том числе к природе), создаются условия для восстановления природного потенциала в будущем, возможности переработки и использования вторичного сырья. Решение проблемы загрязнения окружающей среды также увязывается с минимизацией риска антропогенных воздействий на живые экологические системы, озоновый слой атмосферы, землю, минеральные ресурсы, поверхностные и подземные воды, атмосферу, лесные и биологические ресурсы. В связи с этим государство должно сформировать природный потенциал страны (региона, мира) для обеспечения устойчивого экономического роста и повышения уровня жизни [1]. Примером попытки решить проблему экологической безопасности является подписание и ратификация Киотского протокола, определившего обязательства индустриальных государств, стран с переходной экономикой по снижению в период с 2008 по 2012 гг. выбросов парниковых газов (прежде всего диоксида углерода – CO_2) в среднем на 5,2%. Вместе с тем ряд стран и прежде всего США в одностороннем порядке в 2018 г. вышли из этого соглашения, нарушив тем самым процессы реализации природоохранной практики в мире и формирования экологической экономики нового типа. По мнению ряда экспертов, содержание CO_2 в атмосфере в середине XIX в. находилось на уровне 280 миллионов долей (ppm). В конце XX в. из-за сжигания ископаемого топлива, вырубки лесов, изменения способов землепользования концентрация CO_2 повысилась до 370 ppm. При непринятии мер к 2050 г. концентрация CO_2 в атмосфере составит 450-550 ppm, что может вызвать непредсказуемые последствия [2].

В России ситуация с выбросами парниковых газов значительно улучшилась по сравнению с советским периодом. По данным российских ученых, в стране за последние годы выбросы сократились более чем на 32%, причем не только из-за спада промышленного производства, но и вследствие структурных сдвигов в экономике. Так, благодаря переводу многих отечественных ТЭС на сжигание природного газа выбросы диоксида серы предприятиями электроэнергетики существенно сократились, особенно в европейской части России.

Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов в России без учета землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства в 2017 г. составили 2,2 млрд т CO_2 -экв., что соответствует 67,6% совокупных выбросов 1990 г., который является базовым годом Парижского соглашения. Это снижение было достигнуто за счет спада в экономике России в 1990-х гг. Общее снижение объема выбросов парниковых газов от энергетического сектора в 1990-2017 гг. составило 33,8%, несмотря на прирост в 2000-2017 гг. (+12,2%).

Совокупный объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ в 2018 г. составил 32,3 млн т, из которых 17,1 млн т выброшено стационарными источниками и 15,3 млн т – передвижными источниками (транспортными средствами). В 2018 г. в России выбросы от автомобилей достигли 15,1 млн т, увеличившись на 4,6%. В региональном разрезе наибольший объем выбросов был зафиксирован в г. Москве (933,9 тыс. т – 5,3%) и Московской области (805,4 тыс. т, +3,2%). На два этих региона в 2018 г. суммарно пришлось 11,5% совокупного объема выбросов от автомобилей.

В 2000-2018 гг. больше всего выросли объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в среднеразвитых аграрно-промышленных регионах (+19,5%). Это было обусловлено ростом объемов выбросов в Краснодарском крае, а также Ямало-Ненецком автономном округе. Наибольшее снижение показателя отмечалось в развитых регионах с диверсифицированной экономикой (–29,1%) [3].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современное развитие науки, промышленности и технологий предъявляет особые требования к состоянию окружающей среды. Одним из критериев состояния ее защиты является экологическая безопасность.

В ст. 1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее – Закон об охране окружающей среды) раскрывается понятие экологической безопасности. Под ней понимается состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Нарушение экологической безопасности влечет опасность гибели отдельных природных объектов, загрязнения окружающей среды и, как следствие, угрозу жизненно важным интересам человека.

Стратегическое планирование, цели, задачи и механизмы реализации государственной политики в сфере экологической безопасности определяет Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 г. (утв. Указом Президента РФ от 19.04.2017 № 176) (далее – Стратегия экологической безопасности).

Согласно п. 4 Стратегии экологической безопасности достижение целей экологической безопасности осуществляется путем проведения единой государственной политики, направленной на предотвращение и ликвидацию внутренних и внешних вызовов и угроз экологической безопасности.

Термин «экологическая безопасность» до сих пор не имеет ярко выраженного контекста, отличимого, например, от терминов «охрана окружающей среды», «экологический риск», «устойчивое развитие». Рассмотрим имеющиеся подходы к определению понятия «экологическая безопасность» в отечественной и зарубежной научной литературе (см. табл. 1).

Авторская позиция в части дефиниции экологической безопасности основывается на тех положениях, что экологическая безопасность является, прежде всего, частью экономической безопасности государства. В частности, об этом свидетельствуют следующие факты.

Во-первых, ежегодный экономический ущерб экологии от загрязнения окружающей среды в России огромен и достигает до 6% ВВП, а с учетом последствий для здоровья людей – и до 15% [13]. Таким образом, ущерб

в экологической сфере является сдерживающим фактором устойчивого социально-экономического развития всего человечества.

Таблица 1. Монографическое исследование понятия «экологическая безопасность»

Table 1. Monographic study of the concept of «environmental safety»

Сущность понятия «экологическая безопасность» The essence of the concept of «environmental safety»	Автор понятия The author of the concept
Государственные меры, направленные на сохранение и восстановление природных систем, обеспечение качества окружающей среды, необходимого для жизни человека и устойчивого развития экономики, а также на ликвидацию экологического ущерба от хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата [4] State measures aimed at preserving and restoring natural systems, ensuring the quality of the environment necessary for human life and sustainable economic development, as well as eliminating environmental damage from economic activity in conditions of increasing economic activity and global climate change [4]	Мухлынина М.М., Мухлынин Д.Н. Mukhlynina M.M., Mukhlynin D.N.
Состояние защищенности человека, общества и государства от экологических угроз [5] The state of protection of persons, society and the state from environmental threats [5]	Русин С.Н. Rusin S.N.
Часть глобальной и национальной безопасности представляет собой систему индивидуальных и коллективных мер, принимаемых государствами во имя предотвращения природных и антропогенных экологических угроз, катастроф, угрожающих жизни на Земле, а также во имя обеспечения защищенности жизни, благополучия и естественного развития человека, общества, природных ресурсов и природной среды в целом [6] Part of global and national security is a system of individual and collective measures taken by states in the name of preventing natural and anthropogenic environmental threats, disasters that threaten life on Earth, as well as in the name of ensuring the protection of life, well-being and natural development of man, society, natural resources and the natural environment as a whole [6]	Клюканова Л.Г. Klyukanova L.G.
Совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно не приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде, отдельным людям и человечеству, а также комплекс состояний, явлений и действий, обеспечивающих экологический баланс на Земле и в любых ее регионах на уровне, к которому физически, социально, экономически, технологически и политически готово (может без серьезных ущербов адаптироваться) человечество [7] A set of actions, states and processes that directly or indirectly do not lead to vital damage (or threats of such damage) caused to the natural environment, individuals and humanity, as well as a set of states, phenomena and actions that ensure the ecological balance on Earth and in any of its regions at a level to which humanity is physically, socially, economically, technologically and politically ready (can adapt without serious damage) [7]	Реймерс Н.Ф. Reimers N.F.
Комплекс мер, направленный на сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышение качества жизни, улучшение здоровья населения и демографической ситуации, обеспечение сохранности природных богатств государства [8] A set of measures aimed at preserving natural systems, maintaining their integrity and life-supporting functions for the sustainable development of society, improving the quality of life, improving the health of the population and the demographic situation, ensuring the preservation of the natural resources of the state [8]	Вагина О.В., Гаевская Е.Ю., Савина Л.Я. Vagina O.V., Gaevskaia E.Yu., Savina L.Ya.
Состояние защищенности личности, общества и государства от деяний (действия или бездействия), направленных на причинение вреда окружающей среде, при котором обеспечиваются реализация конституционных прав и свобод граждан Российской Федерации, достойные качество и уровень их жизни, устойчивое социально-экономическое развитие Российской Федерации [9] The state of protection of the individual, society and the state from acts (actions or inaction) aimed at causing harm to the environment, which ensures the implementation of the constitutional rights and freedoms of citizens of the Russian Federation, decent quality and standard of living, sustainable socio-economic development of the Russian Federation [9]	Шеншин В.М. Shenshin V.M.
Совокупность конституционных требований организации рационального и эффективного использования и охраны природных ресурсов [10] The set of constitutional requirements for the organization of rational and effective use and protection of natural resources [10]	Харьков В.Н. Kharkiv V.N.
Часть экономической безопасности государства, содержание которой обеспечивает сохранение и поддержание благоприятной окружающей среды с целью развития	Авторский коллектив под ред. С.А.

человеческого потенциала общества и устойчивого социально-экономического развития экономики [1] Part of the economic security of the state, the content of which ensures the preservation and maintenance of a favorable environment for the purpose of developing the human potential of society and sustainable socio-economic development of the economy [1]	Коноваленко Authors' collective under the editorship of S. A. Konovalenko
Совокупность принципов динамического равновесия, перераспределения, преобразования экологической среды (экоцида, ценозоцида, геноцида), разумного природопользования [11] A set of principles of dynamic equilibrium, redistribution, transformation of the ecological environment (ecocide, cenozocide, genocide) and reasonable use of natural resources [11]	Б. Коммонер B. Kommoner
Состояние окружающей среды, сохранение биосферы, когда угрозы проистекают из разрушения экосистем и истощения ресурсов [12] The state of the environment and the preservation of the biosphere, when threats arise from the destruction of ecosystems and the depletion of resources [12]	Б. Бузан., О. Вэвер B. Buzan., O. Vever

Во-вторых, основные направления деятельности в охране окружающей среды напрямую увязываются с экономическими методами и инструментами регулирования, характерными для обеспечения экономической безопасности [14]. Например, обязательное проведение экономической оценки ущерба от воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду; предоставление налоговых и иных льгот при внедрении наилучших технологий, нетрадиционных видов энергии, использовании вторичных ресурсов и переработке отходов; поддержка предпринимательской, инновационной и иной деятельности (в том числе экологического страхования), направленной на охрану окружающей среды; возмещение в установленном порядке вреда окружающей среде.

В-третьих, в качестве приоритетной задачи по реализации направления, касающегося развития человеческого потенциала в Указе Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [15] обозначена задача по совершенствованию механизмов обеспечения экологической безопасности и сохранения благоприятной окружающей среды. Именно данный документ подчеркивает особую значимость экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности. И прямо указывает на то, что экологическая безопасность – важнейшая составная часть экономической безопасности.

В-четвертых, в соответствии с п. 24 Стратегии экологической безопасности целями государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности являются сохранение и восстановление природной среды, обеспечение качества окружающей среды, необходимого для благоприятной жизни человека и устойчивого развития экономики, ликвидация накопленного вреда окружающей среде вследствие хозяйственной и иной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата.

Оценка состояния экологической безопасности осуществляется с использованием следующих основных индикаторов (показателей):

- а) доля территории Российской Федерации, не соответствующей экологическим нормативам, в общей площади территории Российской Федерации;
- б) доля населения, проживающего на территориях, на которых состояние окружающей среды не соответствует нормативам качества, в общей численности населения Российской Федерации;
- в) доля населения, проживающего на

территориях, на которых качество питьевой воды не соответствует санитарным нормам, в общей численности населения Российской Федерации;

г) соотношение объема выбросов парниковых газов в текущем году с объемом указанных выбросов в 1990 г.;

д) объем образованных отходов I класса опасности на единицу валового внутреннего продукта;

е) объем образованных отходов II класса опасности на единицу валового внутреннего продукта;

ж) объем образованных отходов III класса опасности на единицу валового внутреннего продукта;

з) объем образованных отходов IV класса опасности на единицу валового внутреннего продукта;

и) объем образованных отходов V класса опасности на единицу валового внутреннего продукта;

к) доля утилизированных и обезвреженных отходов I класса опасности в общем объеме образованных отходов I класса опасности;

л) доля утилизированных и обезвреженных отходов II класса опасности в общем объеме образованных отходов II класса опасности;

м) доля утилизированных и обезвреженных отходов III класса опасности в общем объеме образованных отходов III класса опасности;

н) доля утилизированных и обезвреженных отходов IV класса опасности в общем объеме образованных отходов IV класса опасности;

о) доля утилизированных и обезвреженных отходов V класса опасности в общем объеме образованных отходов V класса опасности;

п) доля ликвидированных объектов накопленного вреда окружающей среде в общем объеме таких объектов;

р) доля нарушенных земель в общей площади территории Российской Федерации;

с) доля особо охраняемых природных территорий федерального, регионального и местного значения в общей площади территории Российской Федерации;

т) доля территорий, занятых лесами, в общей площади территории Российской Федерации [16].

Перечень индикаторов (показателей) состояния экологической безопасности может уточняться по результатам контроля за реализацией Стратегии и в процессе развития нормативно-правовой базы Российской Федерации в области охраны окружающей среды и природопользования.

К показателям экологической безопасности как части экономической безопасности нами относятся следующие индикаторы.

1. *Индекс физического объема природоохранных расходов по секторам, видам расходов и направлениям природоохранной деятельности [17].* Для расчета индекса физического объема природоохранных расходов используется формула Ласпейреса:

$$I_q = \frac{\sum g_1 P_0}{\sum g_0 P_0}, \quad (1)$$

где: I_q – индекс физического объема природоохранных расходов; $\sum g_1 P_0$ – объем природоохранных расходов отчетного года в ценах предыдущего года; $\sum g_0 P_0$ – объем природоохранных расходов предыдущего года в ценах предыдущего года.

Объем природоохранных расходов, произведенных в отчетном году в ценах предыдущего года, может быть определен двумя методами: методом дефлятирования и методом экстраполяции.

Индекс показывает сумму расходов предприятий (организаций, учреждений), индивидуальных предпринимателей, государства (бюджетов Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований), имеющих целевое природоохранное назначение (сбор, очистка, уменьшение, предотвращение или устранение загрязняющих веществ, загрязнения как такового или любых других видов и элементов деградации окружающей среды, которые, в свою очередь, являются следствием предпринимательской активности), осуществляемых за счет всех источников финансирования.

2. *Коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ.* Коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ определяется как отношение затрат на охрану окружающей среды по РФ к ВВП в национальной валюте. Данный показатель характеризует долю расходов на сохранение экологии в общем объеме производимой продукции (работ, услуг) в рамках отдельно взятой экономики. Считается, чем выше это значение, тем больше внимания государство уделяет финансированию программ обеспечения экологической безопасности и уровень экономики соответствует зеленому стандарту.

Согласно аналитическим данным затраты на экологическую безопасность в мире составляют не менее 35 млрд долл. США, однако на защиту окружающей среды и здоровья граждан до сих пор идет меньше 1% от выручки нефтегазовых и ресурсодобывающих компаний.

По статистике только 70 центов с каждого барреля нефти тратится на программы по безопасности добычи, экологии и здравоохранению. Вместе с тем по прогнозу консалтинговой исследовательской компании Lux Research, к 2030 г. расходы на обеспечение экологической безопасности вырастут на две трети и составят более 56 млрд долл. США. Причины этой тенденции роста разные. Среди них и освоение новых территорий, на которых нужно быть особенно осторожными, таких как Арктика, и, конечно, собственное желание энергетического сектора минимизировать риски и все растущие штрафные санкции в случае аварий.

Так как самые жесткие меры против нарушителей экологии принимаются в США, то именно

североамериканские компании больше других вкладывают в экологическую безопасность (не говоря уже о тратах на устранение ущерба от аварий, которые даже такого гиганта, как BP, поставили в тяжелое положение). На компании из США приходится 39% всех затрат на экологию в энергетическом секторе нашей планеты. В среднем сумма штрафа составляет 8000 долл. США за один баррель нефти, разлитой в экосистеме США.

В России штрафы гораздо ниже, общественное мнение к нефтегазовому сектору более благосклонно, да и таких грандиозных катастроф, как с BP в Мексиканском заливе или с Exxon на Аляске, не происходило. Поэтому затраты наших компаний намного скромнее. Но и они уверенно растут год от года. Этому во многом способствует и политика государства. Например, твердое решение бороться со сжиганием попутного газа вылилось в суммарные затраты нефтегазового сектора в 50 млрд рублей в одном только 2019 г.

3. *Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в процентах к уровню 2007 г.* [18]. Темпы перехода к новой модели развития и, соответственно, темпы снижения негативного воздействия на окружающую среду существенно зависят от объема инвестиций в разработку и внедрение ресурсосберегающих и экологически эффективных технологий, от формирования технологической базы и финансовых инструментов ликвидации прошлого экологического ущерба, от развития индустрии утилизации и вторичного использования отходов производства и потребления [19]. Падение темпов инвестиций, вкладываемых в основной капитал, в результате пандемии COVID-19 в 2020 г. составит более 10% от годового объема по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, а общее сокращения прямых инвестиций в экологической сфере может превысить более 25%. Такая тенденция негативно отразится на состоянии и развитии системы экологической безопасности России и может свести на нет общие усилия государства в этой сфере.

В России расходы на экологическую безопасность осуществляются в соответствии с Национальным проектом «Экология», в том числе с федеральным проектом «Чистая страна». Повышение уровня экологической безопасности и сохранение природных систем как общая национальная задача реализуются в стране путем включения соответствующих мероприятий в государственную программу Российской Федерации «Охрана окружающей среды» [20]. Объем финансового обеспечения реализации Программы за счет средств федерального бюджета (без учета ресурсного обеспечения федеральной целевой программы «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2016 годы») составляет 752784587,8 тыс. рублей, в том числе:

на 2012 год – 23018885,1 тыс. рублей;
на 2013 год – 25350473,1 тыс. рублей;
на 2014 год – 31736329,5 тыс. рублей;
на 2015 год – 35714037,3 тыс. рублей;
на 2016 год – 33431114,1 тыс. рублей;

на 2017 год – 33888229,5 тыс. рублей;
на 2018 год – 37451218,9 тыс. рублей;
на 2019 год – 58253967,8 тыс. рублей;
на 2020 год – 81380805,1 тыс. рублей;
на 2021 год – 93620640 тыс. рублей;
на 2022 год – 103438887,4 тыс. рублей;
на 2023 год – 102800000 тыс. рублей;
на 2024 год – 92700000 тыс. рублей.

4. *Инвестиционный поток, направленный на охрану окружающей среды.* Субсидирование экологических событий является на сегодняшний день центральной задачей компаний, так как имеющиеся механизмы привлечения источников финансирования инвестиций в природоохранный сектор далеки от совершенства, а имеющиеся способы регулирования инвестиционного процесса применяются не в полном объеме. Поиск дополнительных источников финансирования природоохранной работы получает своеобразную важность для обеспечения устойчивости социально-экономического развития всей системы.

Рассчитывается как:

Инвестиционный поток, направленный на охрану окружающей среды = Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов / Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды.

Значение данного показателя более 1,0 свидетельствует о повышении эффективности экологического проекта, его инвестиционной привлекательности. Значение менее 1,0 свидетельствует о необходимости корректировки программы (проекта) и поиска путей повышения эффективности расходов на обеспечение экологической безопасности в рамках соответствующего регионального или национального проекта.

Обеспечение экологической безопасности во многом зависит от нейтрализации угроз в этой сфере. Существенным вызовом обществу и угрозой в этой сфере является состояние и рост экологических преступлений.

В структуре экологических преступлений, наиболее распространенных, как на территории нашей страны, так и в целом за рубежом, следует рассматривать несколько основных групп. К наиболее распространенной группе следует отнести незаконную торговлю редкими и исчезающими видами дикой природы и их дериватами. К следующей наиболее интересной и прибыльной для деятельности организованных преступных группировок видов экологических преступлений следует отнести незаконную рубку лесов. Третье место в структуре преступных посягательств на экологию и ее элементы, составляют такие правонарушения, как незаконный оборот отходов, включая и незаконную транспортировку, хранение, сброс и захоронение, трансграничное перемещение опасных отходов и веществ. Сегодня в России, по различным оценкам, накоплено 600-1200 млн т твердых бытовых отходов. При этом ежегодно прирост составляет не менее 30 млн т отходов, из которых примерно 95% подвергается захоронению и носит опасный для общества характер хранения.

Существенную роль в структуре экологических преступлений, играет незаконное рыболовство. По

самым консервативным оценкам, объемы промыслового использования морских биологических ресурсов в 10-20 раз превышают принятые законодательством в России нормативы вылова, при этом объем незаконного экспортного рынка рыбной продукции составляет не менее 2,5 млрд долл. в год. Незаконный вылов водных биоресурсов по сути не отдельное экологическое преступление, но и первичное звено в последующей цепи преступлений, которое включает незаконную переработку и контрабанду водных биоресурсов, предварительный сговор по приобретению и сбыту ресурсов, отмывание денежных средств и их легализацию, сокрытие доходов от налогообложения и финансирование других видов преступлений, в том числе на международном уровне. К числу недооцененных обществом и законодателем экологических преступлений можно отнести незаконную торговлю озоноразрушающими веществами, незаконную торговлю радиоактивными веществами и незаконное захоронение радиоактивных отходов [21].

В целях профилактики, а также более эффективного выявления и раскрытия данных категорий преступлений нами рекомендуется принятие следующих мер:

1. Требуется сформировать комплексную систему нормативно-правового регулирования, дающую возможность эффективно противостоять и обеспечивать неотвратимость наказания на всех этапах совершения преступления для всех участников организованной преступной группы.

2. Унификация норм уголовной ответственности за совершение экологических преступлений, прежде всего в части размера санкций за их совершение. Подготовки единой методики оценки ущерба по составам экологических преступлений и принятия ее на законодательном уровне. Необходимо, чтобы санкции за совершение экологических преступлений и их размер были сопоставимы в большинстве стран мира, все это обуславливает необходимость расширения международного сотрудничества в этой сфере.

3. Развитие и формирование института экологической культуры в обществе. Повышение экологического правосознания граждан позволит сузить круг лиц, которые могут быть вовлечены в деятельность преступных группировок.

4. Обеспечение выработки единой государственной политики в сфере борьбы с организованной экологической преступностью, а также проведения криминологической экспертизы принимаемых в сфере охраны окружающей среды нормативных правовых актов, призванной выявлять возможность использования пробелов в законодательстве в целях легализации схем преступного поведения.

5. Дальнейший поиск путей ликвидации экономической основы деятельности экологической преступности, снижение ее рентабельности может стать залогом успеха в борьбе с ней.

Приведем некоторые статистические данные в части динамики показателей обеспечения экологической безопасности в экономической сфере, используя данные государственной статистики России (см. табл. 2-5) [22].

Таблица 2. Затраты на охрану окружающей среды по Российской Федерации

(в фактически действовавших ценах; миллионов рублей)

Table 2. The costs of environmental protection in the Russian Federation (in current prices; million rubles)

Показатели / годы Indicators / years	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Объем затрат на охрану окружающей среды Amount of environmental protection costs	479 384	559 703	582 128	590 865	652 729	715 848
Охрана атмосферного воздуха и предотвращение изменений климата Protection of atmospheric air and prevention of climate change	93 251	112 412	102 765	102 307	122 830	130 918
Сбор и очистка сточных вод Waste water collection and treatment	204 351	223 439	234 112	235 553	239 092	246 917
Обращение с отходами Waste management	51 612	60 885	68 482	66 652	79 517	91 735
Защита и реабилитация земель, поверхностных и подземных вод Protection and rehabilitation of land, surface and underground waters	33 486	36 105	37 952	44 535	33 649	30 746
Сохранение биоразнообразия и охрана природных территорий Conservation of biodiversity and protection of natural territories	28 082	34 489	44 593	35 926	37 181	41 095
Прочие Other	68 602	92 374	94 224	105 891	140 460	174 437
Объем затрат на охрану окружающей среды в процентах к ВВП Amount of environmental protection costs as a percentage of GDP	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Анализ затрат на охрану окружающей среды показывает, что за исследуемый период объем расходов в абсолютных значениях вырос с 479384 млн руб. до 715848 млн руб. или практически в 1,5 раза, при этом в относительных величинах объем затрат на охрану окружающей среды по отношению к ВВП остался неизменным в течение всего периода исследования, в связи с этим можно констатировать, что рост, абсолютной величины показателя, связан прежде всего, с инфляционными процессами и инфляционными ожиданиями в экономике. Если ранжировать по видам данные расходы, то наибольший удельный вес в структуре затрат на охрану окружающей среды имеют затраты на сбор и очистку сточных вод примерно 34,5%, далее прочие затраты (расходы на приобретение специальных средств, материалы для нейтрализации загрязнений, расходы на проведение семинаров, обучение, командировки и т.д.) 24,4%, значительную долю также сохраняют затраты на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменений климата 18,3%.

Важнейшим показателем характеризующим экологическую безопасность является динамика индекса физического объема природоохранных расходов. Согласно приведенным данным, величина индекса за исследуемый период снизилась с 101,9 до 98,6%. Сокращение данного индикатора свидетельствует о сокращении по отношению к прошлым периодам расходов на обеспечение экологической безопасности. Интересным является

факт разнонаправленности динамики этих расходов. В частности, индекс физического объема расходов на обращение с отходами существенно сократился с 120 до 107,7%, а индекс физического объема расходов на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий значительно вырос с 93,8 до 105,9%. Такая динамика может свидетельствовать об изменении структуры природоохранных расходов на государственном уровне и, в частности, об установлении новых векторов развития и приоритетов в обеспечении экологической безопасности.

Далее проанализируем вклад государства в экологическую безопасность, рассмотрим коэффициент затрат на охрану окружающей среды, который показывает, какую долю имеют затраты к ВВП страны.

Проанализировав данные таблицы, можно сделать вывод, что коэффициент затрат на охрану окружающей среды в 2018 г. по отношению к 2016 г. не изменился, но в 2017 г. коэффициент незначительно вырос и составил 0,71. Данное значение коэффициента показывает, что на охрану окружающей среды выделяется недостаточно средств, менее 1% ВВП. Такое положение дел связано с недооценкой значения природоохранной деятельности для самой экономики и из-за неверного прогнозирования окупаемости затрат на охрану окружающей среды в будущем.

Дополняет картину анализа показателей экологической безопасности в сфере экономической деятельности оценка инвестиционного потока, направленного на охрану окружающей среды.

Таблица 3. Индекс физического объема природоохранных расходов (в % к предыдущему году, в сопоставимых ценах) в 2013-2018 г.**Table 3.** Index of the physical volume of environmental expenditures (as % of the previous year, in comparable prices) in 2013-2018

Показатели / годы Indicators / years	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Индекс физического объема природоохранных расходов – всего Index of the physical volume of environmental expenditures - total	101,9	105,8	92,8	92,8	102,7	98,6
Охрана атмосферного воздуха и предотвращение изменений климата Protection of atmospheric air and prevention of climate change	100,0	114,3	80,7	91,9	114,7	99,8
Сбор и очистка сточных вод Waste water collection and treatment	104,5	103,4	90,9	92,9	97,2	96,2
Обращение с отходами Waste management	120,0	111,7	97,6	90,1	114,7	107,7
Защита и реабилитация земель, поверхностных и подземных вод Protection and rehabilitation of land, surface and underground waters	87,3	102,5	91,3	108,1	72,1	84,2
Сохранение биоразнообразия и охрана природных территорий Conservation of biodiversity and protection of natural territories	93,8	105,9	115,5	76,4	115,6	105,9
Прочие Other	97,4	98,9	101,1	97,2	104,5	98,0

Таблица 4. Динамика коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ**Table 4.** Dynamics coefficient of environmental protection costs in the Russian Federation

Показатель Indicator	2016	2017	2018	Отклонения 2018 к 2016 в % Deviations from 2018 to 2016 as %
Затраты на охрану окружающей среды, млрд руб. Environmental protection costs, billion roubles	590,865	652,729	715,848	121,15
ВВП, млрд руб. GDP, billion roubles	85616,1	91843,2	104335,0	121,9
Коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ Coefficient of environmental protection costs in the Russian Federation	0,69	0,71	0,69	100

Таблица 5. Динамика инвестиционного потока, направленного на охрану окружающей среды**Table 5.** Dynamics of investment flow aimed at environmental protection

Показатель Indicator	2016	2017	2018	Отклонения 2018 г. к 2016 г. в % Deviations from 2018 to 2016 as %
Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, млн руб. Investments in fixed assets aimed at environmental protection and rational use of natural resources, million roubles	139677	154042	157651	112,87
Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды Current (operational) costs for environmental protection	306534	320947	345464	112,7
Инвестиционный поток, направленный на охрану окружающей среды, % Investment flow aimed at environmental protection, %	45,57	48	45,63	–

Проанализировав данные таблицы, можно сделать вывод, что инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, увеличились почти на 13% в 2018 г. по сравнению с 2016 г., так же, как и текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды увеличились на 13%. Инвестиционный поток, направленный на охрану

окружающей среды, остается на уровне ниже 100%, вместе с тем за анализируемый период он имел положительную динамику.

С помощью метода экстраполяции прогнозируем значения инвестиционного потока, направленного на охрану окружающей среды на среднесрочную перспективу 2019-2021 гг. Для этого заполним вспомогательные таблицы 6 и 7.

Таблица 6. Расчет инвестиционного потока, направленного на охрану окружающей среды*

Table 6. Calculation of investment flow aimed at environmental protection*

Год Year	Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды, млн руб. Investments in fixed assets aimed at environmental protection, million roubles	Текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды, млн руб. Current (operational) costs for environmental protection, million roubles	Инвестиционный поток, направленный на охрану окружающей среды, % Investment flow aimed at environmental protection, %
2012	116543	239170	48,73
2013	123807	254377	48,67
2014	158636	269838	58,79
2015	151788	292074	51,97
2016	139677	306534	45,57
2017	154042	320947	48
2018	157651	345464	45,63

Примечание: *Составлено авторами

Note: * Compiled by the authors

Таблица 7. Вспомогательная расчетная таблица прогнозирования инвестиционного потока*

Table 7. Auxiliary calculation table for investment flow forecasting*

Годы Year	Инвестиционный поток, %, y Investment flow, % y	Условные годы, t Conditional years, t	t ²	y*t
2012	48,73	-3	9	-146,19
2013	48,67	-2	4	-97,34
2014	58,79	-1	1	-58,79
2015	51,97	0	0	0
2016	45,57	1	1	45,57
2017	48,00	2	4	96
2018	45,63	3	9	136,89
Итого Total	347,36	0	28	-23,86

Примечание: *Составлено авторами

Note: * Compiled by the authors

Выразим среднюю линию при помощи следующего уравнения:

$\hat{Y}_t = a + bt$, (2), где $\hat{Y}_t$ – выровненное значение ряда динамики; а и b – параметры искомой прямой; t – порядковый номер.

Величина t принимает значения от -3 до 3, так как динамический ряд содержит нечетное число членов.

Чтобы найти неизвестные параметры а и b, необходимо решить систему уравнения:

$\begin{cases} \sum y = a \cdot n + \sum t \\ \sum yt = a \cdot \sum t + b \cdot \sum t^2 \end{cases}$, (3) где n – объем исследуемой совокупности.

Так как сумма t = 0, система уравнений принимает вид:

$\begin{cases} \sum y = a \cdot n \\ \sum yt = b \cdot \sum t^2 \end{cases}$, (4)

Выразим из этого уравнения параметры а и b.

$a = \frac{\sum y}{n}$, (5); $b = \frac{\sum yt}{\sum t^2}$, (6); $a = \frac{347,36}{7} = 49,62$; $b = \frac{-23,86}{28} = -0,85$.

Теперь найдем выровненные значения инвестиционного потока направленного на охрану окружающей среды за 2012-2018 года.

2012г.: $\hat{Y}_{12} = 49,62 - 0,85 \cdot (-3) = 52,17\%$

2013г.: $\hat{Y}_{13} = 49,62 - 0,85 \cdot (-2) = 51,32\%$

2014г.: $\hat{Y}_{14} = 49,62 - 0,85 \cdot (-1) = 50,47\%$

2015г.: $\hat{Y}_{15} = 49,62 - 0,85 \cdot 0 = 49,62\%$

2016г.: $\hat{Y}_{16} = 49,62 - 0,85 \cdot 1 = 48,77\%$

2017г.: $\hat{Y}_{17} = 49,62 - 0,85 \cdot 2 = 47,92\%$

2018г.: $\hat{Y}_{18} = 49,62 - 0,85 \cdot 3 = 47,07\%$

Рассчитаем уровень инвестиционного потока, направленный на охрану окружающей среды на 2019-2021 года.

Коэффициент t будет принимать значения от 4 до 6.

2019 год: $\hat{Y}_{19} = 49,62 - 0,85 \cdot 4 = 46,22\%$

2020 год: $\hat{Y}_{20} = 49,62 - 0,85 \cdot 5 = 45,37\%$

2021 год: $\hat{Y}_{21} = 49,62 - 0,85 \cdot 6 = 44,52\%$

Таким образом, в ходе проведенных расчетов можно сделать вывод, что прослеживается тенденция к снижению уровня инвестиционного потока, направленного на охрану окружающей среды: в 2019 г. он составил 46,22%, в 2020 г. – 45,37%, в 2021 г. – 44,52%.

Также огромное значение в оценке уровня состояния систем экономической безопасности в сфере

экологии имеет фактический коэффициент затрат на охрану окружающей среды в Российской Федерации. С помощью метода экстраполяции спрогнозируем значения коэффициента затрат на охрану окружающей среды в РФ на 2019-2021 гг. Для этого сформируем расчетно-вспомогательные таблицы 8 и 9.

Таблица 8. Расчет затрат на охрану окружающей среды в РФ*

Table 8. Calculation of environmental protection costs in the Russian Federation*

Год Year	Затраты на охрану окружающей среды, млрд руб. Environmental protection costs, billion roubles	ВВП, млрд руб. GDP, billion roubles	Коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ, % Coefficient of environmental protection costs in the Russian Federation, %
2012	445,817	68163,9	0,65
2013	479,384	73133,9	0,65
2014	559,703	79030,0	0,71
2015	582,128	83087,4	0,70
2016	590,865	85616,1	0,69
2017	652,729	91843,2	0,71
2018	715,848	104335,0	0,69

Примечание: *Составлено авторами

Note: *Compiled by the authors

Таблица 9. Вспомогательная расчетная таблица прогнозирования коэффициента затрат на охрану окружающей среды*

Table 9. Auxiliary calculation table for forecasting the coefficient of environmental protection costs*

Годы Year	Коэффициент затрат на охрану окружающей среды, %, y Coefficient of environmental protection costs, %, y	Условные годы, t Conditional years, t	t ²	y*t
2012	0,65	-3	9	-1,95
2013	0,65	-2	4	-1,3
2014	0,71	-1	1	-0,71
2015	0,70	0	0	0
2016	0,69	1	1	0,69
2017	0,71	2	4	1,42
2018	0,69	3	9	2,07
Итого Total	4,80	0	28	0,22

Примечание: *Составлено авторами

Note: *Compiled by the authors

Выразим среднюю линию при помощи следующего уравнения:

$\hat{Y}_t = a + bt$, (7) где $\hat{Y}_t$ – выровненное значение ряда динамики; а и b – параметры искомой прямой; t – порядковый номер.

Величина t принимает значения от -3 до 3, так как динамический ряд содержит нечетное число членов.

Для того чтобы найти неизвестные параметры а и b, необходимо решить систему уравнения:

$\begin{cases} \sum Y = a \cdot n + \sum t \\ \sum Yt = a \cdot \sum t + b \cdot \sum t^2 \end{cases}$, (8) где n – объем исследуемой совокупности.

Так как сумма t = 0, система уравнений принимает вид:

$\begin{cases} \sum Y = a \cdot n \\ \sum Yt = b \cdot \sum t^2 \end{cases}$, (9)

Выразим из этого уравнения параметры а и b.

$a = \frac{\sum Y}{n}$, (10) $b = \frac{\sum Yt}{\sum t^2}$, (11) $a = \frac{4,8}{7} = 0,69$ $b = \frac{0,22}{28} = 0,0079$

Теперь найдем выровненные значения коэффициента затрат на охрану окружающей среды в РФ за 2012-2018 года.

2012г.: $\hat{Y}_{12} = 0,69 + 0,0079 \cdot (-3) = 0,67$

2013г.: $\hat{Y}_{13} = 0,69 + 0,0079 \cdot (-2) = 0,67$

2014г.: $\hat{Y}_{14} = 0,69 + 0,0079 \cdot (-1) = 0,68$

2015г.: $\hat{Y}_{15} = 0,69 + 0,0079 \cdot 0 = 0,69$

2016г.: $\hat{Y}_{16} = 0,69 + 0,0079 \cdot 1 = 0,7$

2017г.: $\hat{Y}_{17} = 0,69 + 0,0079 \cdot 2 = 0,71$

2018г.: $\hat{Y}_{18} = 0,69 + 0,0079 \cdot 3 = 0,71$

Рассчитаем значения коэффициента затрат на охрану окружающей среды в РФ на 2019-2021 года. Коэффициент t будет принимать значения от 4 до 6.

2019 год: $\hat{Y}_{19} = 0,69 + 0,0079 \cdot 4 = 0,72$

2020 год: $\hat{Y}_{20} = 0,69 + 0,0079 \cdot 5 = 0,73$

2021 год: $\hat{Y}_{21} = 0,69 + 0,0079 \cdot 6 = 0,74$

Таким образом, в ходе проведенного исследования можно сделать вывод, что видна тенденция к увеличению коэффициента затрат на

охрану окружающей среды в Российской Федерации: в 2019 г. он составил 0,72, в 2020 г. составит 0,73, в 2021 г. – 0,74 при неизменных параметрах финансирования и неучтенных факторах риска. В последующие годы инвестиционный поток будет уменьшаться, а затраты на охрану окружающей среды незначительно могут увеличиваться, такая тенденция может привести к отрицательному эффекту поведения основных показателей в сфере экологической безопасности РФ.

По нашему мнению, государственным органам власти в РФ, ответственным за формирование и реализацию стратегии экологической безопасности и реализацию программ в сфере охраны окружающей среды, важно не допустить в условиях мирового финансового кризиса наложения внешнеэкономических санкций и развертывания второй и третьей волны пандемии COVID-19 следующих негативных тенденций:

1. дальнейшего сокращения инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды;
2. неоправданного роста коэффициента затрат на охрану окружающей среды в России;
3. снижения инвестиционной привлекательности для частных инвесторов экологических проектов на региональном и национальном уровнях.

Важно продолжить политику ужесточения мер ответственности (прежде всего финансовой ответственности) в отношении компаний-нарушителей экологии в соответствии с принятой мировой практикой.

Необходимо рекомендовать расширить перечень показателей, приведенных в Указе Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года», рассмотренными нами выше показателями оценки экологической безопасности как составной части экономической безопасности государства.

Следует проводить ежегодный мониторинг и анализ целевых показателей и индикаторов Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» с внесением соответствующих корректировок и оценкой рисков факторов реализации программы.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование теоретических основ и роли экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства позволило нам сделать следующие выводы.

Во-первых, экологическая безопасность является частью экономической безопасности государства. Данный вывод исходит из того, что ущерб в экологической сфере является сдерживающим фактором устойчивого социально-экономического развития всего человечества и отдельных государств. При этом основные направления деятельности в охране окружающей среды напрямую увязываются с экономическими методами и инструментами регулирования, характерными для обеспечения экономической безопасности.

Во-вторых, базовыми показателями оценки экологической безопасности в сфере экономики, по нашему мнению, являются: индекс физического объема природоохранных расходов по секторам, видам

расходов и направлениям природоохранной деятельности; коэффициент затрат на охрану окружающей среды по РФ; инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в процентах к уровню базового года и инвестиционный поток, направленный на охрану окружающей среды.

В-третьих, в ходе проведенного исследования статистических данных основных показателей экологической безопасности в сфере экономической деятельности можно сделать вывод, что важно нейтрализовать отрицательные тенденции показателей (индикаторов) в сфере экологии в связи с действием трех групп риска мирового финансового кризиса, наложения внешнеэкономических санкций на сектора и предприятия страны и развертывания пандемии COVID-19.

В-четвертых, в качестве совершенствования государственного регулирования сферы экологической безопасности важно продолжить политику ужесточения мер ответственности (прежде всего финансовой) в отношении компаний-нарушителей экологии в соответствии с принятой мировой практикой.

В-пятых, государственным органам власти в РФ, ответственным за формирование и реализацию стратегии экологической безопасности, и реализацию программ в сфере охраны окружающей среды, рекомендовать расширить перечень показателей, приведенных в Указе Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года», рассмотренными нами выше показателями оценки экологической безопасности как составной части экономической безопасности государства. Следует проводить ежегодный мониторинг и анализ целевых показателей и индикаторов Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» с внесением соответствующих корректировок и оценкой рисков факторов реализации программы.

В-шестых, обеспечение экологической безопасности во многом зависит от нейтрализации угроз в этой сфере, в связи с чем важно сформировать комплекс мер нормативно-правового и организационно-методического характера, дающих возможность эффективно противостоять распространению преступлений в сфере экологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня экологическая безопасность может рассматриваться научным сообществом как часть экономической безопасности государства и важнейший фактор обеспечения устойчивого социально-экономического развития общества. В статье рассмотрены теоретические аспекты и роль экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности, рассмотрены основные показатели оценки экологической безопасности в сфере экологии. Изучены некоторые угрозы обеспечения экологической безопасности, даны рекомендации по их нейтрализации. В статье значительное внимание уделено прогнозам поведения базовых показателей экологической безопасности в сфере экономики на среднесрочную перспективу. Итогом работы можно считать вывод о необходимости государственного регулирования сферы экологической безопасности,

включении показателей оценки экологической безопасности в стратегию экономической безопасности государства до 2030 года, а также о проведении ежегодного мониторинга и анализа целевых показателей и индикаторов Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» с целью нейтрализации негативных факторов и рисков в этой сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экономическая безопасность: учебник / под общ. ред. С.А. Коноваленко. Москва: ИНФРА-М, 2021. 526 с. DOI: 10.12737/1048684
2. Гордиенко Д.В. Перспективы повышения уровня экономической безопасности России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. N 15. С. 33-44.
3. Тузов К., Сабельников И. Экология и экономика: динамика загрязнения атмосферы страны в преддверии ратификации Парижского соглашения // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. 2019. Вып. 52. С. 3-8.
4. Мухлынина М.М., Мухлынин Д.Н. Экологическая безопасность как фактор социально-экономического развития страны в рамках реализации положений новой Стратегии национальной безопасности Российской Федерации // Безопасность бизнеса. 2016. N 5. С. 21-25.
5. Русин С.Н. Какой быть Стратегии экологической безопасности Российской Федерации? // Журнал российского права. 2014. N 7. С. 32-40.
6. Ключанова Л.Г. Понятие экологической безопасности в нормах российского экологического законодательства // Российский юридический журнал. 2017. N 4. С. 162-170.
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М., 1990. 41 с.
8. Вагина О.В., Гаевская Е.Ю., Савина Л.Я. Экологическая безопасность как составная часть национальной безопасности Российской Федерации // Бизнес, Менеджмент и Право. 2018. N 2. С. 27-29.
9. Шеншин В.М. Экологическая безопасность как объект уголовно-экологической политики России // Российский следователь. 2018. N 6. С. 68-71.
10. Харьков В.Н. Рациональное и эффективное использование и охрана природных ресурсов как конституционные требования в сфере обеспечения экологической безопасности // Российская юстиция. 2019. N 6. С. 19-21.
11. Коммонер Б. Замыкающийся круг. М.: Гидрометеиздат, 1974. 280 с.
12. Buzan B., Waever O. Regions and Powers: The Structure of International Security. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 588 p
13. Бобылев С.Н., Ревич Б.А. Экологизация экономики и здоровье населения // Экологическое право. 2018. N 5. С. 48-53.
14. Гаджиев Н.Г., Ахмедова Х.Г., Коноваленко С.А., Гаджиев М.Н. Организационно-методологические механизмы осуществления экологического аудита в Российской Федерации // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N 2. С. 6-16. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-6-16
15. Указ Президента РФ от 13.05.2017 N 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ, 15.05.2017, N 20, ст. 2902.
16. Кирильчук И.О., Рыкунова В.Л. Индикаторы устойчивого развития как показатели эколого-экономической безопасности // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22. N 2. С. 94-101.
17. Приказ Росстата от 21.11.2018 N 682 «Об утверждении Методических указаний по расчету индекса физического объема природоохранных расходов».
18. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 326 (ред. от 23.09.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» // Собрание законодательства РФ. 05.05.2014, N 18 (часть III), ст. 2171.
19. Kolesnichenko E.A., Kharchenko N.N., Harada G.I., Trofimov M.N. Methodical aspects of assessment of the level of economic security on the forest sector of the economy // International Journal of Economics and Business Administration. 2019. V. 7. N 51. P. 302-314. DOI: 10.21779/2224-0241-2020-34-2-133-139
20. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 N 326 (ред. от 23.09.2020) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды». 2020
21. Редникова Т.В. Организованная экологическая преступность в России и за рубежом: криминологическая характеристика и меры противодействия // Lex Russica. 2018. N 9. С. 98-111.
22. Охрана окружающей среды в России. 2018: Стат. сб./Росстат. М., 2018. 125 с. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/oxrana/tab1/oxr_zatr1.xls (дата обращения 23.11.2020)

REFERENCES

1. Konovalenko S.A., ed. *Ekonomicheskaya bezopasnost'* [Economic security]. Moscow, INFRA-M Publ., 2021, 526 p. (In Russian) DOI: 10.12737/1048684
2. Gordienko D.V. Prospects for increasing the level of economic security in Russia. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security]. 2010, no. 15, pp. 33-44. (In Russian)
3. Tuzov K., Sabel'nikov I. Ecology and economics: dynamics of air pollution in the country on the eve of the ratification of the Paris Agreement. *Byulleten' o tekushchikh tendentsiyakh rossiiskoi ekonomiki* [National interests: priorities and security]. 2019, iss. 52. pp. 3-8. (In Russian)
4. Mikhlynina M.M., Mikhlynin D.N. Environmental safety as a factor in the socio-economic development of the country in the framework of the implementation of the provisions of the new National Security Strategy of the Russian Federation. *Bezopasnost' biznesa* [Business Security]. 2016, no. 5, pp. 21-25. (In Russian)
5. Rusin S.N. What should be the Environmental Security Strategy of the Russian Federation? *Zhurnal rossiiskogo prava* [Journal of Russian Law]. 2014, no. 7, pp. 32-40. (In Russian)
6. Klyukanova L.G. The concept of environmental safety in the norms of Russian environmental legislation. *Rossiiskii yuridicheskii zhurnal* [Russian Law Journal]. 2017, no. 4, pp. 162-170. (In Russian)

7. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: Slovar'-spravochnik* [Nature management: A dictionary-reference]. Moscow, 1990, 41 p. (In Russian)
8. Vagina O.V., Gaevskaya E.Yu., Savina L.Ya. Environmental safety as an integral part of the national security of the Russian Federation. *Biznes, Menedzhment i Pravo* [Business, Management and Law]. 2018, no. 2, pp. 27-29. (In Russian)
9. Shenshin V.M. Environmental safety as an object of Russia's criminal and environmental policy. *Rossiiskii sledovatel'* [Russian investigator]. 2018, no. 6, pp. 68-71. (In Russian)
10. Khar'kov V.N. Rational and efficient use and protection of natural resources as constitutional requirements in the field of ensuring environmental safety. *Rossiiskaya yustitsiya* [Russian Justice System]. 2019, no. 6, pp. 19-21. (In Russian)
11. Kommoner B. *Zamykayushchiysya krug* [Closing circle]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1974, 280 p. (In Russian)
12. Buzan B., Waever O. *Regions and Powers: The Structure of International Security*. Cambridge, Cambridge University Press, 2003, 588 p.
13. Bobylev S.N., Revich B.A. Greening the economy and public health. *Ekologicheskoe parvo* [Environmental law]. 2018, no. 5, pp. 48-53. (In Russian)
14. Gadzhiev N.G., Akhmedova Kh.G., Konovalenko S.A., Gadzhiev M.N. Organizational and methodological mechanisms for implementation of environmental auditing in the Russian Federation. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 2, pp. 6-16. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-6-16
15. *Ukaz Prezidenta RF ot 13.05.2017 no. 208 «O Strategii ekonomicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda»* [Decree of the President of the Russian Federation of 13.05.2017 no. 208 "On the Strategy of Economic Security of the Russian Federation for the Period up to 2030"]. In: *Sobranie zakonodatel'stva RF* [Collection of legislation of the Russian Federation]. 15.05.2017, no. 20, article 2902. (In Russian)
16. Kiril'chuk I.O., Rykunova V.L. Indicators of sustainable development as indicators of environmental and economic security. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* [Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta]. 2018, vol. 22, no. 2, pp. 94-101. (In Russian)
17. Prikaz Rosstat ot 21.11.2018 N 682 «Ob utverzhdenii Metodicheskikh ukazanii po raschetu indeksa fizicheskogo ob"ema prirodookhrannykh raskhodov» [Order of the Federal State Statistics Service of November 21, 2018 no. 682 "On approval of Methodological guidelines for calculating the index of the physical volume of environmental protection costs"] (In Russian)
18. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.04.2014 N 326 (red. ot 23.09.2020) "Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii "Okhrana okruzhayushchei sredy"* [Resolution of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 N 326 (as amended on September 23, 2020) "On approval of the state program of the Russian Federation" Environmental protection]. 05.05.2014, no. 18 (part III), article 2171. (In Russian)
19. Kolesnichenko E.A., Kharchenko N.N., Harada G.I., Trofimov M.N. Methodical aspects of assessment of the level of economic security on the forest sector of the economy. *International Journal of Economics and Business Administration*, 2019, vol. 7, no. S1, pp. 302-314. DOI: 10.21779/2224-0241-2020-34-2-133-139
20. *Postanovleniyu Pravitel'stva RF ot 15.04.2014 no. 326 (red. ot 23.09.2020) "Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy Rossiiskoi Federatsii "Okhrana okruzhayushchei sredy"* [Resolution of the Government of the Russian Federation of 15.04.2014 N 326 (as amended on 23.09.2020) "On approval of the state program of the Russian Federation" Environmental protection"]. 2020. (In Russian)
21. Rednikova T.V. Organized environmental crime in Russia and abroad: criminological characteristics and countermeasures. *Lex Russica* [Lex Russica]. 2018, no. 9, pp. 98-111. (In Russian)
22. *Okhrana okruzhayushchei sredy v Rossii* [Environmental protection in Russia]. Moscow, 2018. 125 p. Available at: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/oxrana/tabl/oxr_zatr1.xls (accessed 23.11.2020) (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Назирхан Г. Гаджиев рассмотрел понятие экологической безопасности в действующей системе научных знаний, провел критический обзор литературы по теме статьи. Сформулировал некоторые предложения в части борьбы с экологическими преступлениями. Подготовил основные выводы и предложения по результатам исследования. Сергей А. Конаваленко рассмотрел проблемы эффективности действующих подходов к оценке экологической безопасности как составной части экономической безопасности. Проанализировал прогнозные значения показателей экологической безопасности на среднесрочную перспективу. Исследовал некоторые аспекты состояния экологической преступности в РФ. Сформулировал выводы и предложения по результатам исследования. Михаил Н. Трофимов дал практические рекомендации в части изменения законодательства в сфере обеспечения экологической безопасности. Провел анализ основных показателей экологической безопасности за исследуемый период, сделал соответствующие выводы по результатам анализа. Артур Н. Гаджиев рассмотрел роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nazirkhan G. Gadzhiev considered the concept of environmental safety in the current system of scientific knowledge and conducted a critical review of the literature on the topic of the article. He formulated certain proposals regarding the fight against environmental crimes and prepared the main conclusions and proposals based on the results of the study. Sergey A. Konovalenko considered the problems of the effectiveness of existing approaches to the assessment of environmental safety as an integral part of economic security. He analyzed the forecast values of environmental safety indicators for the medium term, studied aspects of the state of environmental crime in the Russian Federation and formulated conclusions and proposals based on the results of the study. Mikhail N. Trofimov gave practical recommendations regarding changes in legislation in the field of environmental safety, conducted an analysis of the main indicators of environmental safety for the study period and made appropriate conclusions based on the results of the analysis. Artur N. Gadzhiev considered the role and importance of environmental safety in the system of

экономической безопасности государства. Обосновал необходимость принятия комплексных мер по профилактике и эффективному выявлению экологических преступлений на законодательном и организационно-методическом уровнях. Сделал соответствующие выводы по результатам исследования. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ensuring the economic security of the state. He justified the need to take comprehensive measures for the prevention and effective detection of environmental crimes at the legislative, organizational and methodological levels and made the appropriate conclusions based on the results of the study. 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

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>

Артур Н. Гаджиев / Artur N. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-4401-4805>

С ПРАВИЛАМИ ДЛЯ АВТОРОВ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ»
можете ознакомиться на сайте <http://ecodag.elpub.ru>

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

Адрес редакции: 367001, Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21,
Институт экологии и устойчивого развития ДГУ, тел./факс: +7(8722) 56-21-40

Учредитель (соучредители) журнала:
ООО Издательский Дом «КАМЕРТОН»
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

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

Editorial address: 367001, Russia, Makhachkala, 21 Dakhadaeva st.
tel. / fax: +7 (8722) 56-21-40

Founders of journal:
The limited liability company Publishing House «Kamerton»
Dagestan State University

Издание зарегистрировано Министерством связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-77994 от 03.03.2020 г.

Подписные индексы в каталоге «Газеты и журналы» Агентства «Роспечать»:
36814 (полугодовой) и 81220 (годовой).

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.
Оригинал-макет подготовлен в Институте экологии и устойчивого развития ДГУ.

Подписано в печать 20.10.2021.
Объем 26,9. Тираж 100. Заказ № 58.
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии издательства ДГУ
г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е