

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 17 № 2 2022

ISSN 1992-1098

e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.17 no. 2 2022

SOUTH OF RUSSIA: ECOLOGY, DEVELOPMENT

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

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

Заместители главного редактора

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

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

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

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

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

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

Технический редактор

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

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, Federal Research Centre for Fundamental and Translational Medicine, 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, 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, Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Editorial Executive Secretaries

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

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

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

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

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

Technical Editor

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

Бондарцева М.А., Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия)

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

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

Джамбулатов З.М., Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова (Махачкала, Россия)

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

Замотайлов А.С., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Переведенцева Л.Г., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия)

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL

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

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

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

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

Margarita A. Bondartseva, Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences (St. Petersburg, Russia)

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

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

Zaidin M. Dzhamdulatov, M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University (Makhachkala, Russia)

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

Aleksandr S. Zamotailov, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lydia G. Perevedentseva, Perm State University (Perm, Russia)

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

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

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

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

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

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

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

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Москвитина Н.С., Равкин Ю.С., Немойкина О.В., Кохонов Е.В., Богомолова И.Н.,
Панов В.В., Кислый А.А., Жигалин А.В.
Хомяк обыкновенный *Cricetus cricetus* L., 1758 в Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее.....6-18
Yakovlev R.V., Teymurav A.A., Kurbanova N.S., Anikin V.V., Matov A.Yu., Morozov P.S.,
Naydenov A.E., Spitsyn V.M., Streltsov A.N., Ustjuzhanin P.Ya.
Materials on the Lepidoptera fauna of the Dagestan Republic (Northeastern Caucasus, Russia): spring
aspect. Families Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae,
Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebidae & Noctuidae.....19-27
Фролов И.Г.
Масштабы сезонных перемещений городской части популяции большой синицы
на юго-востоке Западно-Сибирской равнины.....28-36
Оганесян В.С., Арутюнова Л.Д., Мирумян Л.С., Магомедова М.З., Магомедова П.Д., Погосян Т.Э.
Особенности накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Mollusca: Limacidae)
южного склона горного массива Арагац.....37-41

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Османов Р.М., Гусейнова З.А., Алибегова А.Н.
Всхожесть семян и ростовая активность растений *Dianthus awaricus* Khar.
в условиях Внутригорного Дагестана.....42-51
Алиев Х.У.
Возрастная структура и оценка состояния *Fagus orientalis* Lipsky в Кавказском экорегионе.....52-61
Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Горячкин Ю.Н., Харитонова Л.В.
Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива
Крымского полуострова.....62-75

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

- Казачинская Е.И., Чепурнов А.А., Кононова Ю.В., Шелемба А.А., Романюк В.В.,
Магомедов М.Г., Шестопалов А.М.
Ингибирующая активность чайных композиций и их составляющих ингредиентов
на репликацию SARS-COV-2 *in vitro*.....76-90
Аллахвердян В.В., Сидорова Т.М., Асатурова А.М.
Перспективные штаммы бактерий рода *Bacillus* в защите растений от возбудителей
фузариоза и контаминации микотоксинами.....91-101

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Мильчакова Н.А., Бондарева Л.В., Александров В.В.
Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя.....102-114
Чибилев А.А.
Ландшафтно-экологический каркас как территориальная основа устойчивого развития
земледельческих регионов России.....115-121

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Асеева Т.А., Хавинсон В.Х., Миронова Е.С., Рыжак Г.А., Селезнева Н.А., Федорова Т.Н.
Влияние коротких пептидов на рост и урожайность сои.....122-129

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Омарова Д.К., Адиева А.А., Булаева К.Б., Гусейнова Н.О., Амирханова И.В., Джамалова С.А.
Выявление гомозиготных участков (РОН) и их роль в этиопатогенезе комплексных заболеваний.....130-139

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ И РЕКРЕАЦИЯ

- Hosseini S.S., Taghvaei M., Seidaei E.S., Gholami Y., Ataev Z.V.
Air pollution: A threat to health tourism development in the Islamic Republic of Iran (case study: Ilam city).....140-149

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Petherbridge G., Ismailov A.M., Gadzhiev A.A., Rabadanov M.R., Abdulaev A.-G.M.,
Murtuzaliev M.M., Saipov D.M., Isaev Sh.M., Daudova M.G.
The Solar Stag of the Chamalals and Tindals and other masonry petroglyphs in the upper Andiiskoe Koisu region
of Dagestan and their relationships to similar phenomena in the mountain communities of the Caucasus:
Socio-ecological and historical perspectives.....150-209

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

-210

ECOLOGY OF ANIMALS

Moskvitina N.S., Ravkin Yu.S., Nemoikina O.V., Kokhonov E.V., Bogomolova I.N., Panov V.V., Kislyi A.A., Zhigalin A.V.

The Common Hamster *Cricetus cricetus* L., 1758 in Western Siberia: the species' past, present and future.....6-18
Yakovlev R.V., Teymurov A.A., Kurbanova N.S., Anikin V.V., Matov A.Yu., Morozov P.S., Naydenov A.E., Spitsyn V.M., Streltsov A.N., Ustjuzhanin P.Ya.

Materials on the Lepidoptera fauna of the Dagestan Republic (Northeastern Caucasus, Russia): spring aspect. Families Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebidae & Noctuidae.....19-27
Frolov I.G.

The scale of seasonal migrations in the urban part of the Great Tit population in the southeast of the West Siberian plain.....28-36

Hovhannisyanyan V.S., Arutyunova L.D., Mirumyan L.S., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Poghosyan T.E.

Specific features of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Mollusca: Limacidae) of the southern slope of the Aragats mountain range.....37-41

ECOLOGY OF PLANTS

Osmanov R.M., Guseynova Z.A., Alibegova A.N.

Evaluation of seed germination and growth activity of plants of *Dianthus avaricus* Khar. in the conditions of inner mountain Dagestan.....42-51
Aliev Kh.U.

Age structure and condition assessment of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caucasian Ecoregion.....52-61

Pankeeva T.V., Mironova N.V., Goryachkin Yu.N., Kharitonova L.V.

Distribution of bottom vegetation of the shallow water zone in Karkinit'skiy Bay of the Crimean Peninsula.....62-75

ECOLOGY OF MICROORGANISMS

Kazachinskaya E.I., Chepurinov A.A., Kononova Yu.V., Shelemba A.A., Romanyuk V.V., Magomedov M.G., Shestopalov A.M.

Inhibitory activity of tea compositions and their constituent ingredients on SARS-COV-2 replication *in vitro*.....76-90

Allakhverdyan V.V., Sidorova T.M., Asaturova A.M.

Promising bacteria strains of the genus *Bacillus* in plant protection against fusariosis and mycotoxin contamination.....91-101

GEOECOLOGY

Milchakova N.A., Bondareva L.V., Alexandrov V.V.

Core areas in the structure of the regional ecological framework of Sevastopol City.....102-114
Chibilev A.A.

The landscape and ecological framework as a territorial basis for stable development in Russia's agricultural regions.....115-121

AGRICULTURAL ECOLOGY

Aseeva T.A., Khavinson V.Kh., Mironova E.S., Ryzhak G.A., Selezneva N.A., Fedorova T.N.

The effect of short peptides on the growth and yield of soybeans.....122-129

MEDICAL ECOLOGY

Omarova D.K., Adieva A.A., Bulaeva K.B., Guseynova N.O., Amirkhanova I.V., Dzhamalova S.A.

The role of ROH in the etiopathogenesis of complex diseases.....130-139

ECOLOGICAL TOURISM AND RECREATION

Hosseini S.S., Taghvaei M., Seidaiy E.S., Gholami Y., Ataev Z.V.

Air Pollution: A threat to health tourism development in the Islamic Republic of Iran (case study: Ilam city).....140-149

GENERAL PROBLEMS

Petherbridge G., Ismailov A.M., Gadzhiev A.A., Rabadanov M.R., Abdulaev A.-G.M., Murtuzaliev M.M., Saipov D.M., Isaev Sh.M., Daudova M.G.

The Solar Stag of the Chamalals and Tindals and other masonry petroglyphs in the upper Andiiskoe Koisu region of Dagestan and their relationships to similar phenomena in the mountain communities of the Caucasus: Socio-ecological and historical perspectives.....150-209

CONTACT INFORMATION

210

Обзорная статья / Review article
УДК 559.32
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-6-18

Хомяк обыкновенный *Cricetus cricetus* L., 1758 в Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее

Нина С. Москвитина¹, Юрий С. Равкин², Ольга В. Немойкина¹, Евгений В. Кохонов¹, Ирина Н. Богомолова², Виктор В. Панов², Александр А. Кислый², Александр В. Жигалин^{1,3}

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

²Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия

³Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Александр В. Жигалин, кандидат биологических наук, доцент, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21.
Тел. +9832391744
Email alex-zhigalin@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4661-0560>

Формат цитирования

Москвитина Н.С., Равкин Ю.С., Немойкина О.В., Кохонов Е.В., Богомолова И.Н., Панов В.В., Кислый А.А., Жигалин А.В. Хомяк обыкновенный *Cricetus cricetus* L., 1758 в Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 6-18. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-6-18

Получена 26 сентября 2021 г.
Прошла рецензирование 7 февраля 2022 г.
Принята 28 февраля 2022 г.

Резюме

Цель. Анализ данных о распространении и численности обыкновенного хомяка в Западной Сибири с середины XX – начала XXI веков и выявление основных предикторов, влияющих на эти параметры.

Материал и методы. Использованы многолетние сведения по обилию вида из Банка данных «Зоомонитор» (ИСИЭЖ СО РАН), данные анкетирования населения, полевые наблюдения авторов последних лет. Моделирование экологической ниши и ареала проведено на основании 82 точек обнаружения хомяка в пределах Западной Сибири методом максимальной энтропии. Использованы 19 биоклиматических факторов и типов почв.

Результаты. Отмечается сокращение ареала и трехкратное уменьшение численности вида до 90-х гг. прошлого столетия и локальное увеличение обилия в начале XXI в. Основные причины потерь – масштабное истребление для получения шкурок и ограничения вреда, динамика площадей сельскохозяйственных земель. Выявленные биоклиматические корреляции распространения хомяка совместно с моделями изменения климата позволяют предположить возможность исчезновения хомяка с территорий современных степных районов и заселение им пойм крупных рек севернее современного ареала.

Заключение. В азиатской части ареала состояние вида не столь катастрофично в силу менее выраженных здесь факторов негативного воздействия. Слабая изученность экологии вида в Западной Сибири требует проведения многоаспектных исследований, в том числе отслеживания тенденций динамики лимитирующих факторов.

Ключевые слова

Хомяк обыкновенный, *Cricetus cricetus*, Западная Сибирь, ареал, популяции, MaxEnt.

The Common Hamster *Cricetus cricetus* L., 1758 in Western Siberia: the species' past, present and future

Nina S. Moskvitina¹, Yuriy S. Ravkin², Olga V. Nemoikina¹, Evgeniy V. Kokhonov¹,
Irina N. Bogomolova², Victor V. Panov², Alexander A. Kislyi² and Alexander V. Zhigalin^{1,3}

¹Tomsk National Research State University, Tomsk, Russia

²Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Alexander V. Zhigalin, PhD in Biology, Associate Professor, Dagestan State University; 21 Dakhadaev St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +9832391744

Email alex-zhigalin@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4661-0560>

How to cite this article

Moskvitina N.S., Ravkin Yu.S., Nemoikina O.V., Kokhonov E.V., Bogomolova I.N., Panov V.V., Kislyi A.A., Zhigalin A.V. The Common Hamster *Cricetus cricetus* L., 1758 in Western Siberia: the species' past, present and future. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 6-18. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-6-18

Received 26 September 2021

Revised 7 February 2022

Accepted 28 February 2022

Abstract

Aim. To analyse the data on spreading and population of the common hamster in Western Siberia from the mid-20th to early 21st centuries and to determine the major predictors affecting these parameters.

Material and Methods. Long-term data on species' population from the Zoomonitor Databank (Institute of Systematics and Ecology of Animals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ISEA SB RAS), populace survey data and field observations provided by scholars over recent years were used. The maximum entropy method was used to model the species' ecological niche and range based on 82 common hamster sighting spots in Western Siberia. 19 bioclimatic factors as well as various soil types were used.

Results. The reduction of range and threefold decrease of common hamster population until the 90s of the last century and a local increase in the number of the population at the beginning of the 21st century were noted. The main causes of the population decline include extensive extermination through the procurement of common hamster fur skins and limiting the harm caused as well as agricultural area size dynamics. The bioclimatic correlations revealed of the distribution of the common hamster, considered together with models of climate changes, suggest the possibility of common hamster obsolescence in modern steppe areas and its according repopulation of the large river bottomlands to the north of the current range.

Conclusion. For the Asian section of its range, the species' status is not so disastrous due to less prominent factors negatively impacting the population. The lack of previous studies of the species' ecology in Western Siberia calls for the conducting of multi-aspect studies, including monitoring the tendencies of the limiting factors' dynamics.

Key Words

Common hamster, *Cricetus cricetus*, Western Siberia, area, population, MaxEnt.

ВВЕДЕНИЕ

Современные темпы и масштабы снижения биологического разнообразия Земли сопоставимы с таковыми крупнейших массовых вымираний прошлых геологических эпох [1]. Уничтожение естественных сообществ происходит под воздействием масштабной деятельности человека, которая изменяет состояние среды настолько, что не оставляет места и условий для обитания диких животных [2].

Хомяк обыкновенный *Cricetus cricetus* L., 1758 имеет обширный евразийский ареал [3], в западной части которого произошло катастрофическое сокращение численности и занимаемого видом пространства. Сложившаяся ситуация привлекла внимание научного сообщества, предпринявшего ряд серьезных шагов по изучению причин происходящей на глазах драмы с одним из массовых видов млекопитающих [4-9].

Анализ факторов, предположительно ставших причиной сужения области распространения и снижения численности хомяка, детально представлен в обзоре [8], в котором дана оценка вклада каждого из факторов и высказан прогноз дальнейшей судьбы вида. Проведенные исследования стали основанием для включения хомяка в списки охраняемых видов в ряде стран Западной Европы, а также в некоторых областях Украины и России [6; 8; 10; 11].

Cricetus cricetus приурочен к лесостепным и степным ландшафтам Европы, Казахстана, северного Китая, обитает также в Сибири до Минусинской котловины [12]. Следует отметить, что распространение, численность, экологические и генетические характеристики хомяка европейской части ареала представлены достаточно полно [7; 10; 11; 13-22], чего нельзя сказать об изученности этого вида в Сибири [23-29]. Между тем, для оценки состояния вида в целом необходимо иметь представление о различных его локалитетах, тем более столь разнообразных по климатическим составляющим, характеру и уровню антропогенного преобразования среды.

Цель настоящей работы – анализ данных о распространении и численности обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus*) в Западной Сибири с середины XX – начала XXI веков и выявление основных предикторов, влияющих на эти параметры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Западная Сибирь занимает пространство в 2451,1 тыс. км² от Северного Ледовитого океана до Казахского мелкосопочника и от гор Урала до Енисея. Около 80% площади этого региона приходится на равнину, где расположены тундровая, лесотундровая, лесная (лесоболотная), лесостепная и степная зоны. На юго-востоке Западно-Сибирская равнина, постепенно повышаясь, сменяется горными массивами Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау и Горной Шории.

В работе по этой территории использованы многолетние сведения по обилию *C. cricetus* из Банка данных «Зоомонитор» лаборатории зоологического мониторинга Института систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской Академии наук (ИСиЭЖ СО РАН) [30]. Номер регистрации в государственном реестре баз данных России: 0229803576. По Западно-Сибирской равнине материалы собраны во всех ландшафтных зонах – от степной до

тундровой (рис. 1) с 1961 по 2015 годы, а во всех высотных поясах Алтае-Саянской горной страны (рис. 2) – с 1959 по 2015 годы. Сведения о встречаемости и обилии *C. cricetus* в 2015-2017 гг. получены при дистанционном анкетировании населения и в ходе частичных отловов в подзоне осиново-берёзовых подтаёжных лесов и в лесостепи Западной Сибири.

Материалы по интенсивности размножения получены при анализе возрастного состава и репродуктивной системы отловленных животных.

Моделирование экологической ниши и ареала проведено на основании 82 точек обнаружения хомяка в пределах Западной Сибири. В качестве предикторов при моделировании использовано 19 биоклиматических [31] факторов (WorldClim 1.4), данные о растительном покрове (National Geospatial – Intelligence Agency) и типах почв (FAO/UNESCO). Названия почв приведены в соответствии с классификацией World Reference Base for Soil Resources [35].

Максимальное энтропийное моделирование реализовано в MaxEnt v.3.3.3k с параметрами по умолчанию. Места обнаружения были разделены на тренировочные и тестовые в соотношении 4:1 [33]. Выполнено 10 репликаций.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Распространение и его динамика

Анализ встречаемости *C. cricetus* на Западно-Сибирской равнине показал его преимущественное распространение в подтаёжных лесах и лесостепи (рис. 1). При этом в среднем его чуть больше в западной (от Омска), чем в восточной половине (0,09 и 0,07 особи/100 ловушко-суток). Заметно меньше хомяка в южной тайге и степи. Он обитает здесь по речным долинам, оврагам, окраинам полей зерновых культур и прилегающим к ним лугам, болотам, а также в перелесках, островных лесах, посёлках и городах. Сплошных лесных массивов, обширных болот и низких, часто заливаемых в половодье пойм, он избегает. Высокие, сухие поймы хомяк занимает так же, как и суходолы, прилежащие к сельскохозяйственным угодьям.

В Алтае-Саянской горной стране (рис. 2) больше всего *C. cricetus* в Кузнецком Алатау, где его чаще ловили в луговых степях, лесных и лесостепных лугах с кустарниками и в осиново-пихтовой тайге. Меньше его в мелколиственных и лиственнично-мелколиственных лесах, сосново-облепиховых посадках на отвалах вскрышных пород угольных разработок, а также в субальпийских и альпийских лугах редколесий. *C. cricetus* не встречен в темнохвойных и лиственнично-темнохвойных лесах, редколесьях, на болотах и в высокогорных тундрах и, как ни странно, в полях-перелесках и посёлках. В Северном Алтае больше всего *C. cricetus* отмечен в предгорно-низкогорных полях-перелесках, меньше – в луговых степях, лугах с кустарниками и в лесах – мелколиственных, мелколиственно-лиственничных и лиственничных. В 1963 г. в предгорьях хомяк был пойман близ д. Нижняя Ненинка [34]. В более поздние годы *C. cricetus* в низкогорьях Северо-Восточного Алтая не отмечали, в том числе и в окрестностях Телецкого озера (Ю.Н. Литвинов и О.Б. Митрофанов, личные сообщения), хотя раньше он здесь был [35]. На Западном, Центральном, Восточном и Юго-Восточном Алтае, а также в Туве в отловах хомяка ни разу не

встречали, а на Салаире он был отмечен лишь однажды в черневой тайге.

Анализ встречаемости обыкновенного хомяка за последние 40-60 лет, прошедшие с момента выхода в свет монографий по фауне млекопитающих Западной Сибири [23; 26], свидетельствует о существенном изменении его распределения. Так, на равнине из области распространения вида следует исключить

южную тайгу Прииртышья и Приобья, а также ряд ранее отмеченных проникновений в среднюю тайгу, а на юге – местообитания по реке Бия (притока Оби), вплоть до Телецкого озера. Хомяка ныне здесь нет или численность его на этих территориях крайне незначительна.

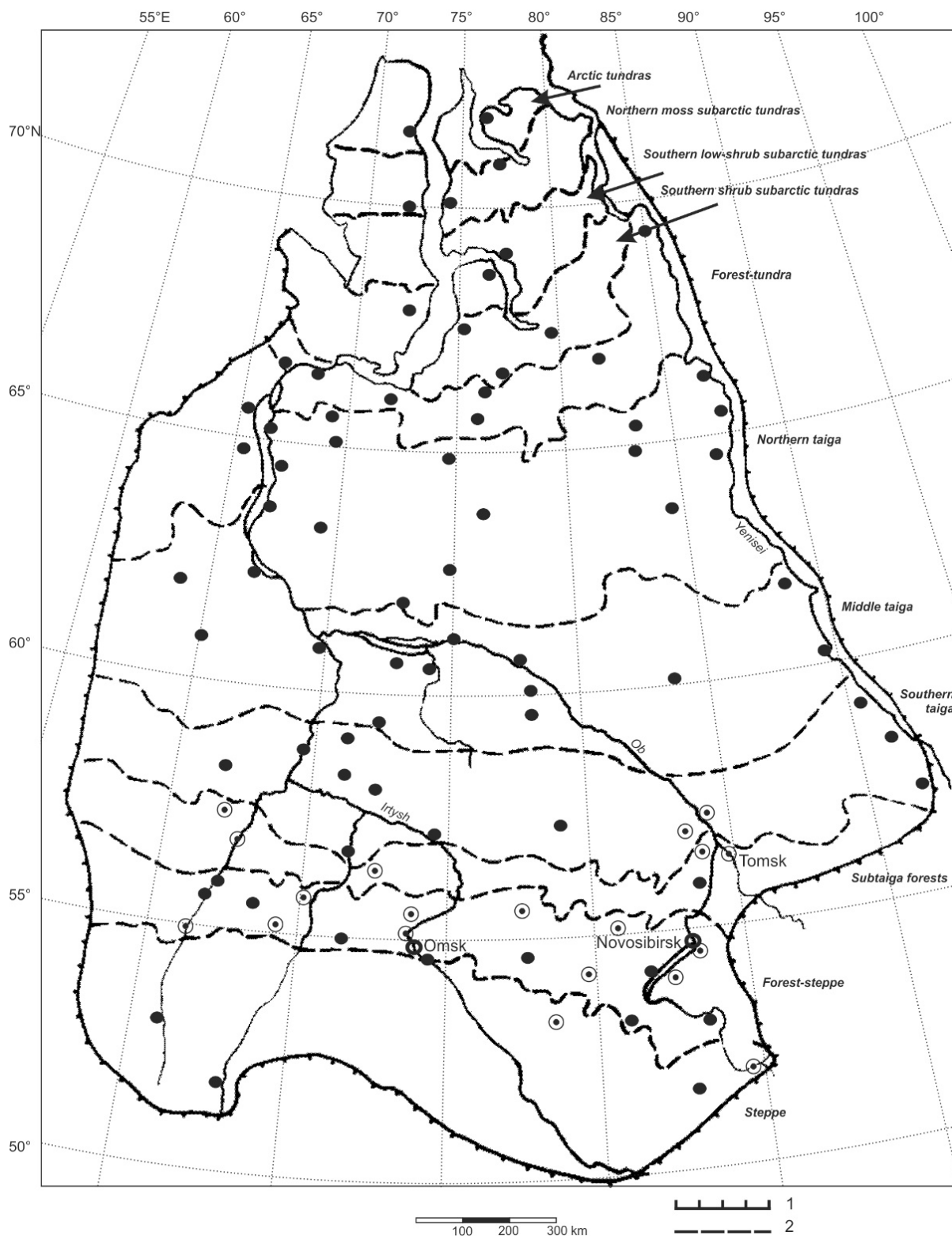


Рисунок 1. Места отлова мелких млекопитающих на Западно-Сибирской равнине

Кружок с точкой – места регистрации обыкновенного хомяка *Cricetus cricetus*. Границы: 1 – равнина, 2 – зоны и подзоны

Figure 1. Places of small mammals surveying in the West Siberian plain

Circled points – places where the Common Hamster (*Cricetus cricetus*) was found. Borders: 1 – plain, 2 – zones and sub-zones

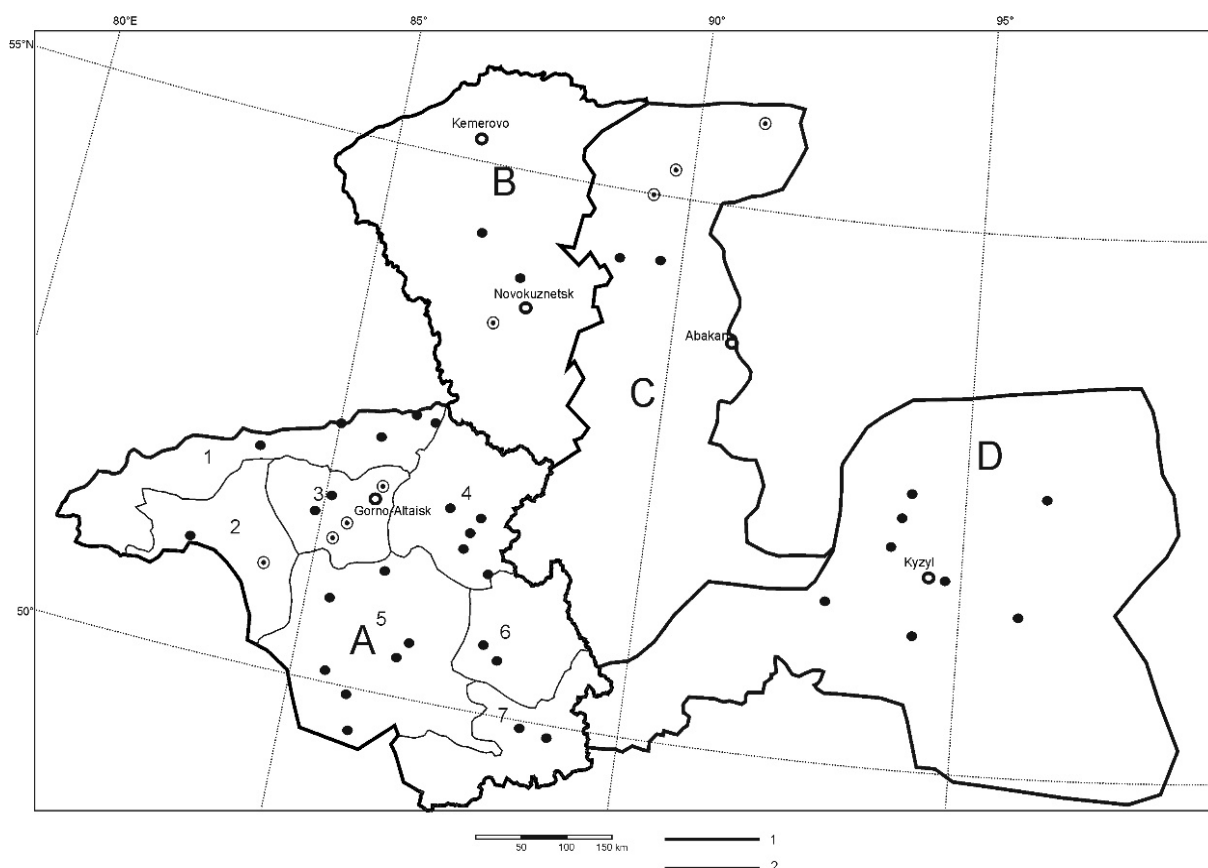


Рисунок 2. Места отлова мелких млекопитающих в Алтае-Саянской горной стране

Кружок с точкой – места регистрации обыкновенного хомяка *Cricetus cricetus*. Границы: 1 – равнина, 2 – зоны и подзоны.

A – Алтайская горная провинция: 1. Северная приалтайская провинция, 2. Северо-Западный Алтай, 3. Северный Алтай, 4. Северо-Восточный Алтай, 5. Центральный Алтай, 6. Восточный Алтай, 7. Юго-Восточный Алай; **B** – Кузнецко-Салаирский горный регион; **C** – Саянский горный регион; **D** – Тувинский горный регион

Figure 2. Places of small mammals surveying in the mountains of Western Siberia

Circled points – places where the Common Hamster (*Cricetus cricetus*) was found. Borders: 1 – mountain regions, 2 – mountain provinces.

A – Altai mountain region, provinces: 1. Northern Prealtai province, 2. North-Western Altai, 3. Northern Altai, 4. North-Eastern Altai, 5. Central Altai, 6. Eastern Altai, 7. South-Eastern Altai; **B** – Kuznetsk-Salair mountain region; **C** – Sayan mountain region; **D** – Tuva mountain region

Изменение численности и факторы, ее обуславливающие

Все годы, по которым можно проследить динамику численности обыкновенного хомяка, разделены нами для сравнения на две группы – исходных и последующих. По южной тайге и подтаежным лесам как исходные вошли годы с 1957 по 1982, а в последующие – с 1982 по 1988, 1990, 1991 и с 2005 по 2015 гг. По лесостепи в исходные вошли годы с 1966 по 1987. Они противопоставлены последующим годам – с 1987 по 2015. Средние показатели обилия по сравниваемым вариантам данных составляют, соответственно, 0,2 и 0,07 особей на 100 л/с. Таким образом, обилие хомяка в Западной Сибири в течение рассмотренных лет снизилось почти в 3 раза.

Отмечаемое нами исчезновение хомяка на ряде территорий и трехкратное снижение численности в азиатской части ареала произошло параллельно с катастрофическим ухудшением состояния европейских популяций этого вида. Столь масштабные потери могут быть следствием влияния совокупности факторов, анализ которых преимущественно для европейской части представлен в обзоре [8]. Авторы сводки пришли к заключению, что наиболее вероятными причинами катастрофического состояния

вида являются интенсивный промысел в прошлом, глобальные преобразования среды, световое загрязнение и изменение климата.

Масштабная добыча хомяков имела место почти по всему ареалу этого вида [5; 6]. На территории Советского Союза (в границах 1990 г.) в некоторые годы добывали до 10 млн особей хомяка [36]. В Западной Сибири его также отлавливали в больших количествах. Например, в Новосибирской области, где численность хомяка была наибольшей, с 1934 по 1959 годы было добыто 6 660 161 особей (архивные данные кафедры зоологии позвоночных и экологии Томского государственного университета). Обращает на себя внимание изменение кратности добычи в разные периоды: 1934-1942 и 1942-1959. Если в течение первого периода в отдельные годы максимум добычи превышал 1200 тысяч особей (рис. 3А), то в последующем наибольшее количество добытых животных уменьшилось почти в 7 раз (рис. 3Б). Таким образом, численность хомяка могла резко снизиться за счет прямого истребления, в том числе и как вредителя сельского хозяйства, в связи с чем И.П. Лаптев [23] в свое время писал: «Сейчас имеются все возможности к тому, чтобы хомяк стал исключительно редким животным... на всей территории Западной Сибири (с. 185).

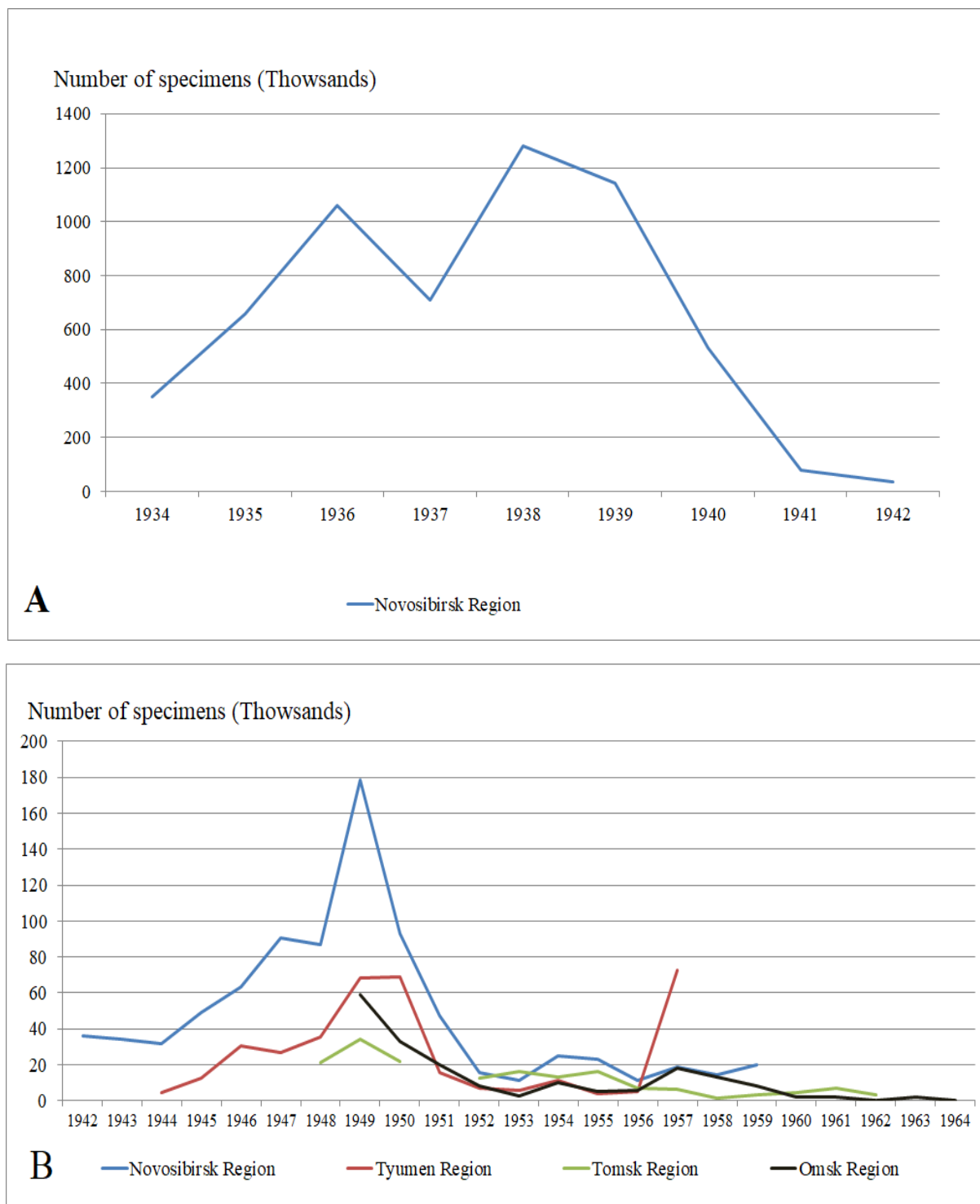


Рисунок 3. Объемы добычи хомяка (А) – в Новосибирской области (1934-1942 гг.);

(В) – в четырех административных областях Западной Сибири (1942-1964 гг.)

Figure 3. Number of hamsters caught (A) – in the Novosibirsk region (1934-1942);

(B) – in four administrative regions of Western Siberia (1942-1964)

К этому надо добавить, что длительный промысел животных осуществлялся, в том числе, и в весенний период, вследствие чего изымалась значительная часть перезимовавших самок, что в свою очередь сокращало репродуктивный потенциал из-за уменьшения количества пометов за сезон [8].

Надо полагать, что массовое истребление хомяка могло привести к значительному

разреживанию населения и изменению его пространственной структуры, что стало причиной нарушения популяционного гомеостаза [37]. Антропогенный пресс в европейской части ареала был более длительным, чем в Сибири, и, по всей вероятности, его можно рассматривать как мощный триггер, который вкупе с другими, специфическими

для Европейской территории факторами, обусловил столь драматичное состояние вида [8].

В Западной Сибири интенсивная деятельность человека, могущая оказать воздействия на население хомяка, прежде всего – сельскохозяйственное освоение территории, приходится на начало XX века. Наиболее значимыми событиями в этом направлении были последствия аграрной реформы и масштабная распашка целинных земель. В результате переселения 4860 тысяч крестьян [38] было освоено более 31 млн га пустующих земель, что, безусловно, изменило природные условия существования хомяка на данной территории. Второй масштабный проект (1954-1965 гг.) сопряжен с тотальной распашкой земель в южных степных и лесостепных районах, охвативших места преимущественного распространения хомяка: Омская, Новосибирская области, Алтайский край [39]. Г.М. Сидоров с соавторами [28] отмечают, например, что в Омской области в 50-е годы XX века существенно изменилось территориальное размещение хомяка, а заготовки шкурок сократились в 4,9 раза. Та же тенденция отмечена нами выше и в других областях Западной Сибири.

Плотность людского населения как источник воздействия на хомяка – фактор неоднозначный. Возникновение большого количества населенных пунктов становится привлекательным для хомяка, имеющего тенденцию к синантропии и активно заселяющего даже крупные города [40; 41]. С другой стороны, вредоносная деятельность животных является поводом для борьбы с ними, что ведет к сокращению его численности. В Западной Сибири плотность населения невелика и неравномерна (в среднем – 2 человека на 1 км²), но территории, где отмечается большая встречаемость хомяка, заселены достаточно плотно: 13,89 (Новосибирская область); 13,67 (Алтайский край); 28,15 (Кемеровская область). Тенденция заселения хомяком различных построек, мичуринских участков имеет место и на данной территории.

Одним из факторов, в значительной мере сказывающихся на физиологическом состоянии европейских хомяков и, как следствие, – на их репродуктивных возможностях, авторы [8] рассматривают световое загрязнение мест обитания хомяка. Для западной и центральной Европы отмечается чрезвычайно высокая плотность этого загрязнения, в то время как в пределах Западной Сибири этот фактор в настоящее время не может иметь существенного значения.

Процесс возвращения хомяка в некоторые покинутые ранее места обитания и рост его численности отмечаются нами в 90-е годы XX века. В подтаежных, северных и южных лесостепных районах его численность в этот период составляла 0,55-1,7 особей на 100 ловушко-суток [42]. Восстановление населения вида, по всей видимости, произошло вследствие вывода значительных площадей из сельскохозяйственного оборота.

Сведения, собранные в настоящее время, указывают на то, что для некоторых территорий лесной зоны и лесостепи Западной Сибири свойственно увеличение численности хомяка и

появление его в местах, где в последнее время он отсутствовал. Об этом можно судить по данным анкетирования населения и многочисленным его жалобам из сельской и пригородной местностей, где животные уничтожают значительную часть урожая плодов и овощей, проникают в подвалы и жилые помещения домов.

Имеющиеся в нашем распоряжении современные материалы по воспроизводству хомяка свидетельствуют о его высоких темпах. В 2016-2017 гг. в Новосибирской области в мае, июне и сентябре (как в дикой природе, так и в населенных пунктах) встречались взрослые особи хомяка (самцы и самки) и расселяющиеся выводки численностью 3, 7, 10, 11 и 14 зверьков одного возраста (в каждом из выводков). У отловленных самок отмечены в одном случае 9 плацентарных пятен в матке и 8 желтых тел в яйчниках, в другом – 16 и 11 соответственно, причем, уже в июне отмечается повторная беременность.

Моделирование экологической ниши

Для выявления территорий, пригодных как мест обитания хомяка в настоящее время в Сибири, было проведено моделирование его ареала. Полученная модель указывает на большую возможность существования хомяка в юго-восточной части Западной Сибири (рис. 4).

Непригодной для обитания показана большая (собственно горная) часть территории Алтае-Саянской горной страны, за исключением предгорий. Северная граница ареала проходит в южной тайге. В пределах модели к числу пригодных для обитания хомяка отнесены территории восточнее р. Енисей, что не находит фактического подтверждения ни в настоящее, ни в прошлое время. Максимальная вероятность встречи хомяка свойственна надпойменным местообитаниям долины реки Обь.

Распространение хомяка более всего коррелирует с такими факторами, как среднегодовая температура (58,5%), тип почвы (15,5%), средняя температура в самый засушливый квартал (9,2%). Jackknife-тест (рис. 5) указывает на значительное совпадение с изменениями также средней температуры самого теплого квартала и самого холодного квартала.

Согласно кривой отклика (рис. 6), оптимальные условия для жизнедеятельности хомяка лежат в следующих диапазонах: среднегодовая температура – -2°C–6°C, средняя температура самого теплого квартала – 15°C–20°C, средняя температура самого засушливого квартала – -20°C–0°C, средняя температура самого холодного квартала – -20°C – -10°C. В целом, эти показатели совпадают с современными климатическими условиями, наблюдаемыми в Западной Сибири [43].

Распределение хомяка в значительной степени связано с неоднородностью почв (рис. 6). Вид чаще занимает территории с обыкновенными черноземами, выщелоченными и оподзоленными, а также серыми лесными почвами. Перечисленные типы почв находятся преимущественно на юго-востоке Сибири, и их распространение во многом совпадает с моделью ареала хомяка.

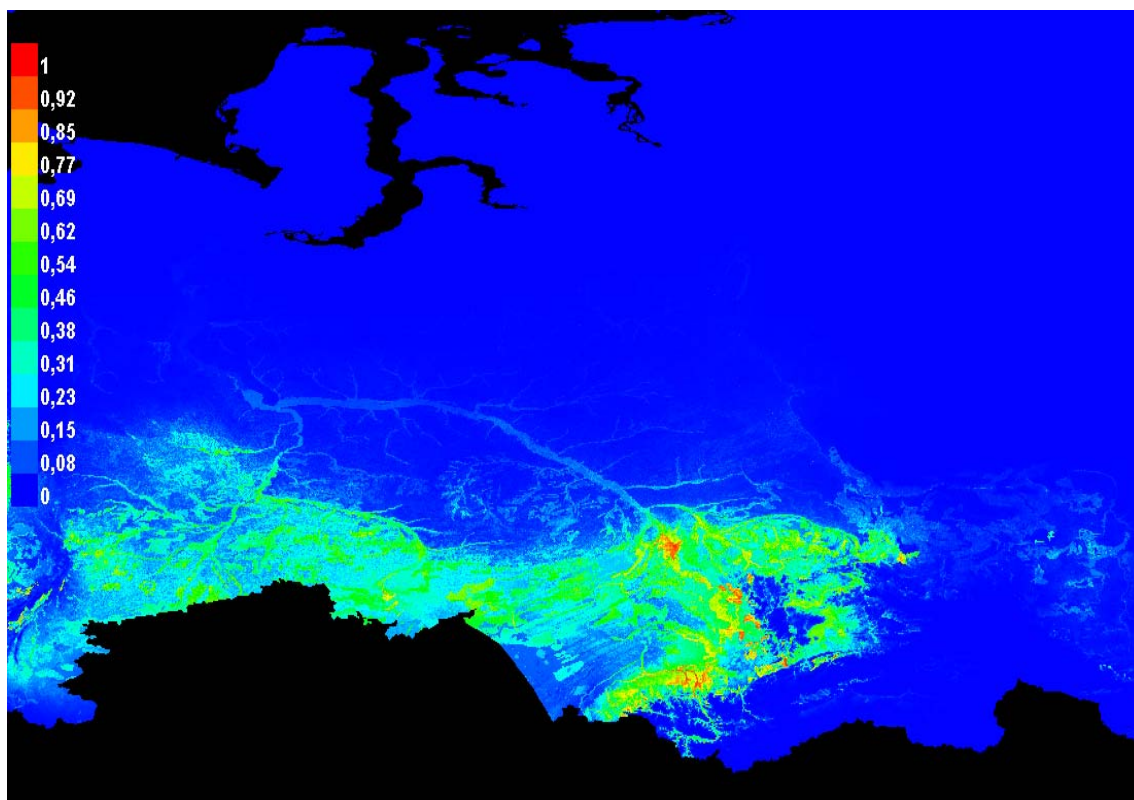


Рисунок 4. Усредненная модель ареала хомяка на территории Сибири

Шкала отражает степень пригодности территории для обитания хомяка. Красный – условия максимально подходящие, синий – неподходящие для обитания условия

Figure 4. Averaged model of the Hamster's range in Siberia

The scale reflects the degree of suitability of the territory for the habitat of the Hamster. Red – most suitable conditions, blue – unsuitable living conditions

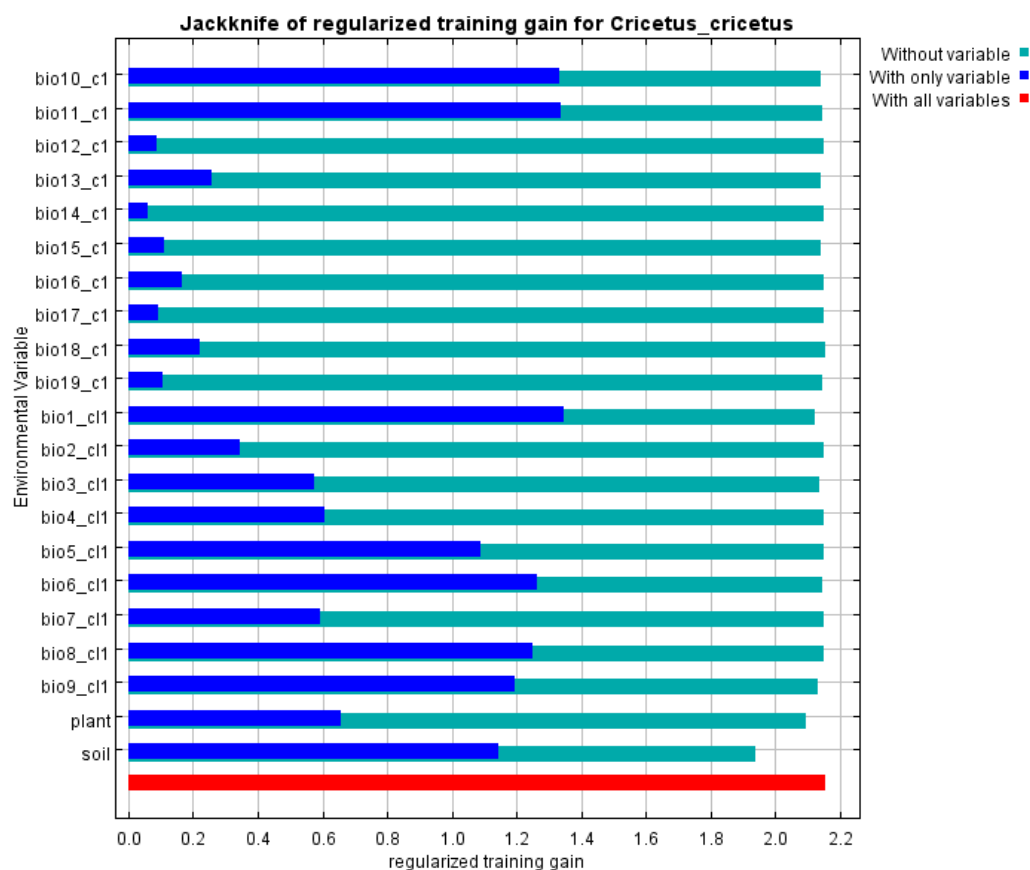


Рисунок 5. Результаты Jackknife – теста по определению вклада разных предикторов на распространение *C. cricetus*

Figure 5. Results of Jackknife evaluations of relative importance of predictor variables for *C. cricetus*

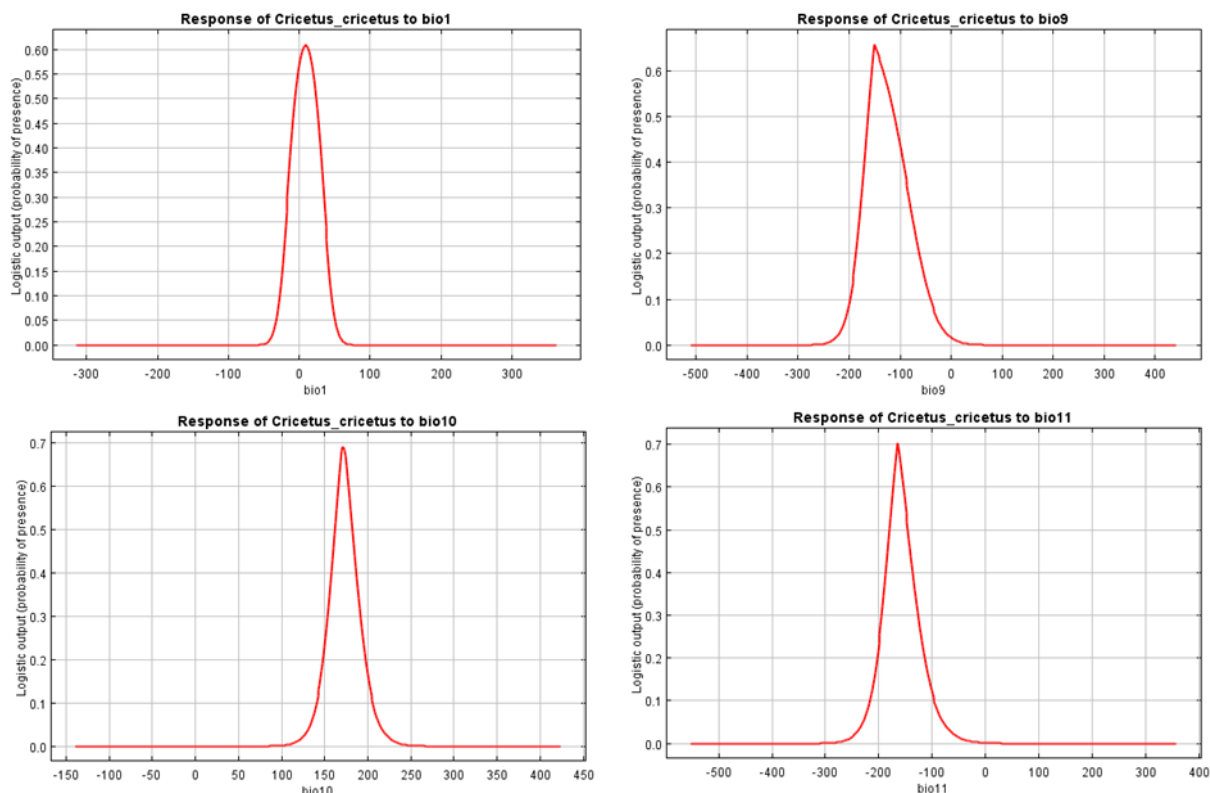


Рисунок 6. Кривые отклика для bio1, bio9, bio10, bio11

*Примечание: по оси Y градусы Цельсия приведены в формате (°C*10)*

Figure 6. Response curves for bio1, bio9, bio10, bio11

*Note: On the Y-axis, degrees Celsius are shown in the format (°C*10)*

Прогноз состояния населения вида

Современные данные о распространении, численности и репродуктивных показателях хомяка в Сибири указывают на улучшение состояния его населения по сравнению со второй половиной XX века. В то же время, отмеченный тренд может измениться под влиянием потепления климата и наращивания темпов сельского хозяйства в лесостепи и степной части Западной Сибири, что определяет необходимость прогнозирования состояния сибирских популяций хомяка с учетом предполагаемых климатических перестроек.

В настоящее время имеется множество моделей изменения климата в будущем. Наиболее распространены из них сценарии RCP4.5 и RCP8.5 модели CMIP5 [44]. Согласно этим сценариям, в северо-восточной части ареала хомяка обыкновенного среднегодовая температура к 2099 г. увеличится на 3,5°C-3,7°C (RCP4.5) или 7,1°C (RCP8.5) и достигнет в разных районах Западной Сибири 3,9°C-5,1°C или 8°C-9,2°C соответственно. Средняя температура самого теплого квартала по сценариям RCP4.5 и RCP8.5 на разных территориях достигнет 19,9°C-21,3°C или 22,8°C-24,2°C соответственно, среднемесячная температура самого засушливого квартала составит -2,2°C - -3,4°C соответственно, самого холодного квартала увеличится до -10,7°C - -12,1°C соответственно.

В соответствии с выявленными температурными диапазонами оптимума для обитания хомяка, обозначенные тенденции изменения климата, с высокой степенью вероятности, не окажут повсеместного негативного эффекта на распространение и численность хомяка в Западной Сибири, если это не будет сопровождаться появлением

площадь распахиваемых площадей. В то же время, модели изменения климата предсказывают значительное увеличение климатических аномалий, в том числе, в зимне-весенний период. В этот период существенное влияние могут оказывать частые оттепели, которые приводят к ухудшению микроклиматических условий в гнездовой камере и снижению качества запасов корма. Это, в свою очередь, может привести к значительным энергетическим затратам и снижению репродуктивного потенциала. Затяжной весенний период также сказывается негативно ввиду сокращения периода размножения, снижения количества выводков и числа детенышей в них [8].

Ухудшение ситуации возможно в Зауралье и на Прииртышском плато, где будет максимальное отклонение температуры от оптимальной, а уменьшение количества осадков, совместно с увеличением их испарения, приведет к иссушению почвы.

Ввиду меняющегося климата, а также изменения экономического курса России будет продолжен возврат сельскохозяйственных земель в оборот и освоение новых территорий [45], в том числе и в Сибири. Освоение земель в долине р. Обь может позволить хомяку распространиться на север и занять территории, которые на модели ареала обозначены как пригодные для обитания, но где вид отсутствует в настоящее время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования показывают, что в азиатской части ареала, в отличие от европейской, катастрофического снижения численности хомяка нет.

Анализ динамики населения хомяка показал, что в период с 1950-х до 1990-х годов на территории Сибири отмечалось некоторое сокращение ареала и трехкратное уменьшение численности вида. Более всего на эти процессы могло повлиять активное истребление хомяка в 30-50-х годах XX столетия как объекта промысла и вредителя сельского хозяйства. Падение численности усугублялось масштабным сельскохозяйственным освоением земель, вследствие чего появились огромные пространства распаханых полей, непригодные для жизни хомяка.

Ряд других факторов, которые способствовали драматическому состоянию европейских популяций хомяка [8], – изменение климата, световое загрязнение – на территории Западной Сибири серьезного воздействия оказывать не могут. В то же время, прогнозируемое увеличение числа природных аномалий [43] может повлиять на физиологическое состояние и репродуктивные показатели вида, что скажется на его численности.

Плотность светового загрязнения, если и влияет на жизненный цикл хомяка, то крайне ограниченно, поскольку наиболее яркое освещение связано с городами, а распространение хомяка в Сибири приурочено к зонам со средней плотностью людского населения, к поселениям которого он тяготеет.

Преращение добычи и снижение интенсивности сельского хозяйства способствовало постепенному восстановлению численности хомяка и заселению им различных местообитаний. Вместе с тем, он до сих пор подвергается прямому уничтожению как вредитель сельского хозяйства и личных подсобных хозяйств.

Установлено, что на распространение хомяка наибольшее влияние оказывают средние температуры в течение года, самого засушливого, холодного и теплого кварталов, а также типы почв. Учитывая прогнозируемые сценарии изменения климатических условий, можно предположить возможность изменения границ распространения хомяка, в случае увеличения сплошной распаханной территории.

Однако эти зависимости, скорее всего, коррелированные, а не причинные. Совпадение их связано с благоприятностью климатических и почвенных условий для сельского хозяйства, что до известной степени положительно сказывается на численности хомяка в подтаёжных лесах и лесостепи, где поля фрагментарны и окружены не распаханными землями. К северу в южной тайге климатические условия и высокая заболоченность сказываются отрицательно на его обилии, так же, как и на развитии сельского хозяйства. Южнее в степной зоне и южной лесостепи условия для ведения сельского хозяйства улучшаются из-за более тёплого климата и уменьшения заболоченности. Это способствует увеличению площади обширных чистых полей, что отрицательно сказывается на численности хомяка.

Аридизация юго-западной периферии азиатской части ареала может привести к исчезновению хомяка с данной территории при тех же неблагоприятных условиях. Потепление на севере совместно с некоторым ограниченным развитием сельского хозяйства могут способствовать заселению хомяком пойм рек.

Драматическое состояние обыкновенного хомяка в европейской части, где предлагается рассматривать статус вида как уязвимого и даже

находящегося под угрозой вымирания [8], диктует настоятельную необходимость поддержки исследований по экологии вида в Западной Сибири. Мониторинг населения вида должен быть направлен как на оценку его численности в разных ландшафтных зонах, изучение популяционной структуры и её динамики, выявление генетических особенностей, так и на отслеживание тенденций изменения основных факторов негативного воздействия.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2020-0019).

ACKNOWLEDGMENT

The study was performed within the framework of a state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FSWM-2020-0019).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Barnosky A.D., Matzke N., Tomiya S., Wogan O.U., Swartz B., Quental T.B., Marshall C., McGuire J.L., Lindsey E.L., Maguire K.C., Mersey B., Ferrer E.A. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? // *Nature*. 2011. N 471. P. 51-57. DOI: 10.1038/nature09678
2. Гиляров А.М. Неотвратимые угрозы биологическому разнообразию // *Природа*. 2011. N 9 (1153). С. 3-12.
3. Wilson D.E., Reeder D.M., eds. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press, 2005. V. 1. 142 p.
4. Banaszek A., Bogomolov P., Feoktistova N., La Haye M., Monecke S., Reiners T. E., Rusin M., Surov A., Weinhold U., Ziomek J. *Cricetus cricetus* // *The IUCN Red List of Threatened Species*. 2020. Article number: e.T5529A111875852. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T5529A111875852.en
5. Weinhold U. Draft European Action Plan For the conservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*, L. 1758) // *Council of Europe. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats*. 28th meeting. Strasbourg, 24-27 November. 2008. 36 p.
6. Поплавская Н.С., Кропоткина М.В., Феоктистова Н.Ю. Драматическое снижение численности промыслового вида обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus*) в XX–XXI вв. // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015. N 5 (55). С. 223-255.
7. Tissier M.L., Handrich Y., Robin J., Weitten M., Pevet P., Kourkgy C., Hahold C. How maize monoculture and increasing winter rainfall have brought the hibernating European hamster to the verge of extinction // *Scientific Reports*. 2016. V. 6. Article number: 25531. DOI: 10.1038/srep25531
8. Surov A., Banaszek A., Bogomolov P., Feoktistova N., Monecke S. Dramatic global decrease in the range and reproduction rate of the European hamster *Cricetus cricetus* // *Endangered Species Research*. 2016. V. 31. P. 119-145. DOI: 10.3354/esr00749
9. Banaszek A., Surov A., Suitz C., Tkadlek E., Ziomek J., La Haye M., Rusin M., Feoktistova N., Monecke S., Reiners T., Weinhold U. 24th Annual Meeting of the International Hamster Workgroup, Uglich, Russia, 2017, October, 1-5. Moscow, KMK Scientific Press, 2017. 97 p.
10. Ziomek J., Banaszek A. The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current rang // *Folia Zoologica*. 2007. N 56 (3). P. 235-242.
11. Rusin M.Y., Banaszek A., Mishta A.V. The common hamster (*Cricetus cricetus*) in Ukraine: evidence for population decline // *Folia Zoologica*. 2013. V. 62 (3). P. 207-213. DOI: 10.25225/fozo.v62.i3.a6.2013
12. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. Млекопитающие России: систематико-географический справочник. Москва: Т-во науч. Изданий КМК, 2012. 604 с.

13. Gershenson S. Evolutionary studies on the distribution and dynamics of melanism in the hamster (*Cricetus cricetus* L.). I. Distribution of black hamsters in the Ukrainian and Bashkirian Soviet Socialist Republics (U.S.S.R.) // *Genetics*. 1945. V. 30 (3). P. 207-232. DOI: 10.1093/genetics/30.3.207
14. Грулих И. Популяционный взрыв обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus* L.) в Восточной Словакии в 1971-1972 годах // *Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1977. Т. 82 (6). С. 16-24.
15. Libois R.M., Rosoux R. Le hamster commun (*Cricetus cricetus* L.) en Belgique: status actuel et ancien des populations // *Ann. Soc. R. Zool. Belg.* 1982. V. 112. P. 227-236.
16. Niethammer J., Krapp F., eds. *Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758) – Hamster (Feldhamster) // *Handbuch der Säugetiere Europas*. Bd 2/I. Rodentia II. Aula Verlag. Wiesbaden, Germany. P. 7-28.
17. Kayser A., Stubbe M. Colour variation in the common hamster *Cricetus cricetus* in the north-eastern foot-hills of the Harz Mountains // *Acta Theriologica*. 2000. V. 45. P. 377-383. DOI: 10.4098/at.arch.00-37
18. Neumann K., Michaux J.R., Maak S., Jansman H.A.H., Kayser A., Mundt G., Gattermann, R. Genetic spatial structure of European common hamsters (*Cricetus cricetus*) – a result of repeated range expansion and demographic bottlenecks // *Molecular Ecology*. 2005. V. 14(5). P. 1473-1483. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2005.02519.x
19. Banaszek A., Jadwiszczak K.A., Ratkiewicz M., Ziomek J., Neumann K. Population structure, colonization processes and barriers for dispersal in Polish common hamsters (*Cricetus cricetus*) // *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2010. V. 48(2). P. 151-158. DOI: 10.1111/j.1439-0469.2009.00530.x
20. Feoktistova N.Y., Surov A.V., Tovpinetz N.N., Kropotkina M.V., Bogomolov P.L., Siutz C., Hoffmann I.E. The common hamster as a synurbist: a history of settlement in european cities // *Zoologica Poloniae*. 2013. V. 58(3-4). P. 116-129. DOI: 10.2478/zoop-2013-0009
21. Kryštufek B., Pozdnyakov A.A., Ivajnsiĉ D., Janžekoviĉ F. Low phenotypic variation in eastern common hamsters *Cricetus cricetus* // *Folia Zoologica*. 2016. V. 65 (2). P. 148-156. DOI: 10.25225/fozo.v65.i2.a10.2016
22. Tissier M.L., Handrich Y., Dallongeville O., Robin J.-P., Hahold C. Diets derived from maize monoculture cause maternal infanticides in the endangered European hamster due to a vitamin B3 deficiency // *Proc. R. Soc.* 2017. V. 284. Article number: 20162168. DOI: 10.1098/rspb.2016.2168
23. Лаптев И.П. Млекопитающие таежной зоны Западной Сибири. Томск: Издательство Томского университета, 1958. С. 107-119.
24. Кулик И.Л. Материалы к экологии обыкновенного хомяка на Алтае // *Бюллетень московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1962. Т. 67 (4). С. 16.
25. Неронов В.М., Тупикова Н.В., Соколова А.Л. Количественное распределение обыкновенного хомяка на территории СССР и динамика его численности по данным заготовок пушнины [Барабинская и Кулундинская степи] // *Совещание по вопросам организации и методам учета ресурсов фауны наземных позвоночных*. 4-8 марта 1961 г.: Тез. докл. М., 1961. С. 86-88.
26. Юдин Б.С., Кривошеев В.Г., Беляев В.Г. Мелкие млекопитающие севера Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1976. 271 с.
27. Berdyugin K.I., Bolshakov V.N. The common hamster (*Cricetus cricetus* L.) in the eastern part of the area // *Ecology and protection of the common hamster*. (eds. Stubbe M, Stubbe A) *Wissenschaftliche Beiträge Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*, Halle, Germany. 1998. P. 43-79.
28. Богданов И.И., Малькова М.Г., Сидоров Г.Н. Млекопитающие Омской области: учеб. пособие. Омск: ОмГПУ, 1998. 88 с.
29. Moskvitina N.S., Ravkin Yu.S., Bogomolova N.N., Panov V.V., Zhigalin A.V., Kokhonov E.V. *Cricetus cricetus*: distribution and population in Western Siberia, retrospective and current state // 24-th Annual Meeting of the International Hamster Workgroup. M.: KMK Scientific Press Ltd., 2017. P. 58-61.
30. Равкин Ю.С., Ефимов В.М. Банк данных по численности и распределению животных в пределах бывшего СССР // *Формирование баз данных по биоразнообразию – опыт, проблемы, решения. Материалы Международной научно-практической конференции, Барнаул: АРТИКА, 2009. С. 205-214.*
31. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. 2005. N 25 (15). P. 1965-1978. DOI: 10.1002/joc.1276
32. World Reference Base for Soil Resources. 2006. FAO, Rome, 2007, 128 p.
33. Anderson R.P., Lew D., Peterson A. Townsend Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models // *Ecological Modelling*. 2003. V. 162(3). P. 211-232. DOI: 10.1016/S0304-3800(02)00349-6
34. Лукьянова И.В., Сапегина В.Ф. Мелкие млекопитающие – прокормители иксодовых клещей в очагах клещевого энцефалита Северо-Восточного Алтая // *Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае*. Новосибирск: Издательство «Наука» Сиб. отделение, 1967. С. 116-125.
35. Юдин Б.С., Галкина Л.И., Потапкина А.С. Млекопитающие Алтае-Саянской горной страны. Новосибирск: Издательство «Наука», 1979. 296 с.
36. Учеты и ресурсы охотничьих животных России / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия» [под ред. В.И. Машкина]. 2-е издание, дополненное. Киров: ВНИИОЗ РАСХН, 2007. 231 с.
37. Шилов И.А. Экология: учебное пособие. Москва: Юрайт, 2011. 345 с.
38. МIRONENKO С.В. История Отечества: люди, идеи, решения. Очерки истории России 19 – начала 20 вв. М.: Политиздат, 1991. 374 с.
39. Манякин С.И. Сибирь далекая и близкая. 2-е издание, дополненное и переработанное. М.: Зарницы, 2003. 440 с.
40. Товпинец М., Евстафьев И., Карасьева Е. Схильність до синантропії звичайного хом'яка (*Cricetus cricetus*) за спостереженнями в Криму // *Праці Теріологічної Школи*, 2006, N 8, С. 136-145.
41. Суров А.В., Поплавская Н.С., Богомолов П.Л., Крпоткина М.В., Товпинец Н.Н., Кацман Е.А., Феоктистова Н.Ю. Синурбанизация обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus* L., 1758) // *Российский журнал биологических инвазий*. 2015. N 4. С. 105-116.
42. Соловьев С.А., Сидоров Г.Н., Корсаков Н.Г. Мелкие и средние млекопитающие Омского Прииртышья. Омск: Издательство ОмГПУ, 2000. 92 с.
43. Алексеев Г.В., Асарин А.Е., Балонишников Ж.А., Битков Л.М., Булыгина О.Н., Бугров Л.Ю., Виноградова В.В., Гаврилова С.Ю., Ганюшкин Д.А., Гинзбург А.И., Георгиевский М.В., Глазовский А.Ф., Говоркова В.А., Голованов О.Ф., Голод М.П., Гребенец В.И., Гройсман П.Я., Груза Г.В., Губарьков А.А., Щепаченко Д.Г. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет, 2014. 94 с.
44. Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2012. V. 93 (4). P. 485-498. DOI: 10.1175/bams-d-11-00094.1
45. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Текст]: постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717. 2012. 325 с.

REFERENCES

1. Barnosky A.D., Matzke N., Tomiya S., Wogan O.U., Swartz B., Quental T.B., Marshall C., McGuire J.L., Lindsey E.L., Maguire K.C., Mersey B., Ferrer E.A. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 2011, no. 471, pp. 51-57. DOI: 10.1038/nature09678

2. Gilyarov A.M. Imminent threats to biological diversity. *Priroda* [Nature]. 2011, no. 9 (1153), pp. 3-12. (In Russian)
3. Wilson D.E., Reeder D.M., eds. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press, 2005, vol. 1, 142 p.
4. Banaszek A., Bogomolov P., Feoktistova N., La Haye M., Monecke S., Reiners T. E., Rusin M., Surov A., Weinhold U., Ziomek J. *Cricetus cricetus*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2020, article number: e.T5529A111875852. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T5529A111875852.en
5. Weinhold U. Draft European Action Plan For the conservation of the Common hamster (*Cricetus cricetus*, L. 1758). Council of Europe. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. 28th meeting. Strasbourg, 24-27 November. 2008, 36 p.
6. Poplavskaya N.S., Kropotkina M.V., Feoktistova N.Yu. Dramatic decrease in the commercial species of common hamster (*Cricetus cricetus*) in 20th-21st centuries. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University]. 2015, no. 5 (55), pp. 223-255. (In Russian)
7. Tissier M.L., Handrich Y., Robin J., Weitten M., Pevet P., Kourkgy C., Habold C. How maize monoculture and increasing winter rainfall have brought the hibernating European hamster to the verge of extinction. *Scientific Reports*, 2016, vol. 6, article number: 25531. DOI: 10.1038/srep25531
8. Surov A., Banaszek A., Bogomolov P., Feoktistova N., Monecke S. Dramatic global decrease in the range and reproduction rate of the European hamster *Cricetus cricetus*. *Endangered Species Research*, 2016, vol. 31, pp. 119-145. DOI: 10.3354/esr00749
9. Banaszek A., Surov A., Sultz C., Tkadlek E., Ziomek J., La Haye M., Rusin M., Feoktistova N., Monecke S., Reiners T., Weinhold U. 24th Annual Meeting of the International Hamster Workgroup, Uglich, Russia, 2017, October, 1-5. Moscow, KMK Scientific Press, 2017, 97 p.
10. Ziomek J., Banaszek A. The common hamster, *Cricetus cricetus* in Poland: status and current range. *Folia Zoologica*. 2007, no. 56 (3), pp. 235-242.
11. Rusin M.Y., Banaszek A., Mishta A.V. The common hamster (*Cricetus cricetus*) in Ukraine: evidence for population decline. *Folia Zoologica*, 2013, vol. 62 (3), pp. 207-213. DOI: 10.25225/fozo.v62.i3.a6.2013
12. Pavlinov I.Ya., Lissovsky A.A. *Mlekopitayushchie Rossii: sistematiko-geograficheskii spravochnik* [The mammals of Russia: a taxonomic and geographic reference]. Moscow, KMK Publ., 2012, 604 p. (In Russian)
13. Gershenson S. Evolutionary studies on the distribution and dynamics of melanism in the hamster (*Cricetus cricetus* L.). I. Distribution of black hamsters in the Ukrainian and Bashkirian Soviet Socialist Republics (U.S.S.R.). *Genetics*, 1945, vol. 30 (3), pp. 207-232. DOI: 10.1093/genetics/30.3.207
14. Grulikh I. Population outbreak of the common hamster (*Cricetus cricetus* L.) in eastern Slovakia in the period of 1971-1972. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological department]. 1977, vol. 82 (6), pp. 16-24. (In Russian)
15. Libois R.M., Rosoux R. Le hamster commun (*Cricetus cricetus* L.) en Belgique: status actuel et ancien des populations. *Ann. Soc. R. Zool. Belg.* 1982, vol. 112, pp. 227-236.
16. Niethammer J., Krapp F., eds. *Cricetus cricetus* (Linnaeus, 1758) – Hamster (Feldhamster). *Handbuch der Säugetiere Europas*. Bd 2/I. Rodentia II. Aula Verlag. Wiesbaden, Germany, pp. 7-28.
17. Kayser A., Stubbe M. Colour variation in the common hamster *Cricetus cricetus* in the north-eastern foot-hills of the Harz Mountains. *Acta Theriologica*, 2000, vol. 45, pp. 377-383. DOI: 10.4098/at.arch.00-37
18. Neumann K., Michaux J.R., Maak S., Jansman H.A.H., Kayser A., Mundt G., Gattermann, R. Genetic spatial structure of European common hamsters (*Cricetus cricetus*) – a result of repeated range expansion and demographic bottlenecks. *Molecular Ecology*, 2005, vol. 14(5), pp. 1473-1483. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2005.02519.x
19. Banaszek A., Jadwiszczak K.A., Ratkiewicz M., Ziomek J., Neumann, K. Population structure, colonization processes and barriers for dispersal in Polish common hamsters (*Cricetus cricetus*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 2010, vol. 48(2), pp. 151-158. DOI: 10.1111/j.1439-0469.2009.00530.x
20. Feoktistova N.Y., Surov A.V., Tovpinet N.N., Kropotkina M.V., Bogomolov P.L., Siutz C., Hoffmann I.E. The common hamster as a synurbist: a history of settlement in european cities. *Zoologica Poloniae*, 2013, vol. 58(3-4), pp. 116-129. DOI: 10.2478/zoop-2013-0009
21. Kryštufek B., Pozdnyakov A.A., Ivajnić D., Janžeković F. Low phenotypic variation in eastern common hamsters *Cricetus cricetus*. *Folia Zoologica*, 2016, vol. 65 (2), pp. 148-156. DOI: 10.25225/fozo.v65.i2.a10.2016
22. Tissier M.L., Handrich Y., Dallongeville O., Robin J.-P., Habold C. Diets derived from maize monoculture cause maternal infanticides in the endangered European hamster due to a vitamin B3 deficiency. *Proc. R. Soc.*, 2017, vol. 284, article number: 20162168. DOI:10.1098/rspb.2016.2168
23. Laptev I.P. *Mlekopitayushchie taezhnoi zony Zapadnoi Sibiri* [Taiga zone mammals of Western Siberia]. Tomsk, Tomsk University Publ., 1958, pp. 107-119. (In Russian)
24. Kulik I.L. Materials for the ecology of the common hamster in Altai. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological department]. 1962, vol. 67 (4), 16 p. (In Russian)
25. Neronov V.M., Tupikova N.V., Sokolova A.L. Kolichestvennoe raspredelenie obyknovennogo khomyaka na territorii SSSR i dinamika ego chislennosti po dannym zagotovok pushniny [Barabinskaya i Kulundinskaya stepi]. *Soveshchanie po voprosam organizatsii i metodam ucheta resursov fauny nazemnykh pozvonochnykh*, 4-8 marta 1961 [Quantitative distribution of the common hamster on the territory of the USSR and the dynamics of its population according to fur harvesting data [Barabinskaya and Kulunda steppes]]. *Soveshchanie po voprosam organizatsii i metodam ucheta resursov fauny nazemnykh pozvonochnykh, Moskva, 4-8 marta 1961* [Meeting on the organization and methods of accounting for terrestrial fauna resources vertebrates. Moscow, March 4-8, 1961, Proceedings. Report]. Moscow, 1961, pp. 86-88. (In Russian)
26. Yudin B.S., Krivosheev V.G., Belyaev V.G. *Melkie mlekopitayushchie severa Dal'nego Vostoka* [Small mammals of the northern regions of Russian Far East]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1976, 271 p. (In Russian)
27. Berdyugin K.I., Bolshakov V.N. The common hamster (*Cricetus cricetus* L.) in the eastern part of the area. *Ecology and protection of the common hamster*. (eds. Stubbe M, Stubbe A) Wissenschaftliche Beiträge Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle, Germany, 1998, pp. 43-79.
28. Bogdanov I.I., Malkova M.G., Sidorov G.N. *Mlekopitayushchie Omskoi oblasti* [Mammals of the Omsk region: a tutorial]. Omsk, OmSPU Publ., 1998, 88 p. (In Russian)
29. Moskvitina N.S., Ravkin Yu.S., Bogomolova N.N., Panov V.V., Zhigalin A.V., Kokhonov E.V. *Cricetus cricetus*: distribution and population in Western Siberia, retrospective and current state. 24-th Annual Meeting of the International Hamster Workgroup. Moscow, KMK Publ., 2017, pp. 58-61.
30. Ravkin Yu.S., Efimov V.M. Bank dannyykh po chislennosti i raspredeleniyu zhivotnykh v predelakh byvshego SSSR [Databank on the number and distribution of animals within the former USSR]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Formirovaniye baz dannyykh po bioraznootobraziyu – opyt, problemy, resheniya"*, Barnaul, 2009 [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Formation of databases on biodiversity – experience, problems, solutions", Barnaul, 2009]. Barnaul, Artika Publ., 2009, pp. 205-214. (In Russian)
31. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 2005, no. 25 (15), pp. 1965-1978. DOI: 10.1002/joc.1276
32. World Reference Base for Soil Resources. 2006. FAO, Rome, 2007, 128 p.
33. Anderson R.P., Lew D., Peterson A. Townsend Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting

- optimal models. *Ecological Modelling*. 2003, vol. 162(3), pp. 211-232. DOI: 10.1016/S0304-3800(02)00349-6
34. Luk'yanova I.V., Sapegina V.F. Small mammals – hosts of ixodid ticks in the central sites of tick-borne encephalitis in North-Eastern Altai. *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altae* [The nature of central sites of tick-borne encephalitis in Altai]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 1967, pp. 116-125. (In Russian)
35. Yudin B.S., Galkina L.I., Potapkina A.S. *Mlekopitayushchie Altae-Sayanskoi gornoi strany* [Mammals of the Altai-Sayan highlands]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, 296 p. (In Russian)
36. Mashkin V.I. (Eds.) *Uchety i resursy okhotnich'ikh zhivotnykh Rossii* [Accounts and numbers of hunting animals in Russia]. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Vyatka State Agricultural Academy". 2nd expanded edition. Kirov, Russian Research Institute of Irrigated Agriculture of Russian Academy of Agricultural Sciences, 2007, 231 p. (In Russian)
37. Shilov I.A. *E'kologiya* [Ecology]. Moscow, Yurayt Publ., 2011, 345 p. (In Russian)
38. Mironenko S.V. *Istoriya Otechestva: lyudi, idei, resheniya. Ocherki istorii Rossii 19 – nachala 20 vv.* [National history: people, ideas, solutions. Essays on the Russian history in the 19th and early 20th centuries]. Moscow, Politizdat Publ., 1991, 374 p. (In Russian)
39. Manyakin S.I. *Sibir' dalekaya i blizkaya* [Siberia, near and far]. 2nd ed., supplemented and revised. Moscow, Zarnitsy Publ., 2003, 440 p. (In Russian)
40. Tovpinets M., Evstafiev I., Karaseva E. Inclination to synanthropy of the common hamster (*Cricetus cricetus*) based on investigations in the Crimea. *Pratsi Teriologichnoi Shkoli* [Proceedings of Theriological School]. 2006, no. 8, pp. 136-145. (In Ukraine)
41. Surov A.V., Poplavskaya N.S., Bogomolov P.L., Kropotkina M.V., Tovpinets N.N., Katzman E.A., Feoktistova N.Yu. Sinurbanization of common hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758). *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii* [Russian journal of biological invasion]. 2015, no. 4, pp. 105-117. (In Russian)
42. Solov'ev S.A., Sidorov G.N., Korsakov N.G. *Melkie i srednie mlekopitayushchie Omskogo Priirtysh'ya* [Small and medium-sized mammals of the Omsk Irtysh region]. Omsk, Omsk State Pedagogical University Publ., 2000, 92 p. (In Russian)
43. Alekseev G.V., Asarin A.E., Balonishnikova Zh.A., Bitkov L.M., Bulygina O.N., Bugrov L.Yu., Vinogradova V.V., Gavrilova S.Yu., Ganyushkin D.A., Ginzburg A.I., Georgievskii M.V., Glazovskii A.F., Govorkova V.A., Golovanov O.F., Golod M.P., Grebenets V.I., Groisman P.Ya., Gruza G.V., Gubar'kov A.A., Shchepashchenko D.G. *Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii* [The Second Assessment Report of Rosgidromet on Climate Changes and Their Consequences on the Territory of the Russian Federation]. Rosgidromet Publ., 2014, 94 p. (In Russian)
44. Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl G.A. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2012, vol. 93 (4), pp. 485-498. DOI: 10.1175/bams-d-11-00094.1
45. *O Gosudarstvennoi programme razvitiya sel'skogo khozyaistva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaistvennoi produktsii, syr'ya i prodovol'stviya* [Tekst]: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 iyulya 2012 g. N 717 [The Government Resolution of the Russian Federation of July 14, 2012 no. 717 "On the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food"]. 2012, 325 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Нина С. Москвитина, Юрий С. Равкин и Александр В. Жигалин разработали концепцию статьи, подготовили ее текст. Нина С. Москвитина отредактировала рукопись до подачи её в редакцию. Ольга В. Немойкина, Евгений В. Кохонов, Ирина Н. Богомолова, Виктор В. Панов, Александр А. Кислый участвовали в сборе полевого материала, подборе литературы и ее анализе. Александр В. Жигалин реализовал моделирование ареала и выявление факторов среды, влияющих на распространение изучаемого вида. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nina S. Moskvitina, Yuriy S. Ravkin and Alexander V. Zhigalin developed the concept of the article and prepared its text. Nina S. Moskvitina edited the manuscript before submitting it to the editor. Olga V. Nemoikina, Evgeniy V. Kokhonov, Irina N. Bogomolova, Victor V. Panov and Alexander A. Kislyi participated in the collection of field material, the selection of literature and its analysis. Alexander V. Zhigalin implemented range modeling and identification of environmental factors that affect the distribution of the studied species. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Нина С. Москвитина / Nina S. Moskvitina <https://orcid.org/0000-0002-3425-7723>
 Юрий С. Равкин / Yuriy S. Ravkin <https://orcid.org/0000-0002-0374-203X>
 Ольга В. Немойкина / Olga V. Nemoikina <https://orcid.org/0000-0001-8407-1217>
 Евгений В. Кохонов / Evgeniy V. Kokhonov <https://orcid.org/0000-0003-1259-5593>
 Ирина Н. Богомолова / Irina N. Bogomolova <https://orcid.org/0000-0002-8806-701X>
 Виктор В. Панов / Victor V. Panov <https://orcid.org/0000-0002-9728-2985>
 Александр А. Кислый / Alexander A. Kislyi <https://orcid.org/0000-0002-9051-1458>
 Александр В. Жигалин / Alexander V. Zhigalin <https://orcid.org/0000-0003-4661-0560>

Original article / Оригинальная статья

УДК: 595.78(470.67)

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-19-27

Materials on the Lepidoptera fauna of the Dagestan Republic (Northeastern Caucasus, Russia): spring aspect. Families Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebididae & Noctuididae

Roman V. Yakovlev^{1,2}, Abdulgamid A. Teymurov³, Naida S. Kurbanova³, Vasiliy V. Anikin⁴, Alexey Yu. Matov⁵, Pavel S. Morozov⁶, Artem E. Naydenov¹, Vitaly M. Spitsyn⁷, Alexander N. Streltsov⁸ and Petr Ya. Ustjuzhanin^{1,2}

¹Altai State University, Barnaul, Russia²Tomsk State University, Tomsk, Russia³Dagestan State University, Makhachkala, Russia⁴Saratov State University, Saratov, Russia⁵Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Russia⁶Moscow Society of Naturalists, Moscow, Russia⁷N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia⁸Herzen University, St. Petersburg, Russia

Principal contact

Roman V. Yakovlev, Dr. Sci., Professor, Altai State University; 61 pr. Lenina, Barnaul, Russia
RUS-656049.

Tel. +79039123374

Email yakovlev_asu@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-5222-2241>

How to cite this article

Yakovlev R.V., Teymurov A.A., Kurbanova N.S., Anikin V.V., Matov A.Yu., Morozov P.S., Naydenov A.E., Spitsyn V.M., Streltsov A.N., Ustjuzhanin P.Ya. Materials on the Lepidoptera fauna of the Dagestan Republic (Northeastern Caucasus, Russia): spring aspect. Families Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebididae & Noctuididae. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 19-27. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-19-27

Received 14 April 2022

Revised 25 April 2022

Accepted 29 April 2022

Abstract

Aim. To clarify the spring aspect of the faunistic composition of Lepidoptera insects in the Republic of Dagestan as one of the most poorly studied regions of the European part of Russia.

Materials and Methods. The collection of material was carried out in six localities of the Republic of Dagestan at light sources and with a butterfly net. The material was determined using modern guides.

Results. We have determined 210 species of the families: Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebididae and Noctuidae. Thirteen species are indicated for the fauna of Eastern Caucasus for the first time: *Trypostela machinopsis* (Meyrick, 1936), *Multicoloria vibicigerella* (Zeller, 1839), *Casignetella ancistrum* (Falkovitsh, 1976) (Coleophoridae), *Gymnancyla gilvella* (Ragonot, 1887) (Pyralidae), *Hypena obesalis* (Treitschke, 1829) (Erebididae), *Clostera pigra* (Hüfnagel, 1766) (Notodontidae), *Cleora cinctaria* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Chlorissa pretiosaria* (Staudinger, 1887), *Acasis viretata* (Hübner, [1799]), *Earophila badiata* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Pareulype berberata* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Eupithecia assimilata* (Doubleday, 1856) and *Eupithecia intricata* (Zetterstedt, 1839) (Geometridae).

Conclusion. It seems very perspective to study the entomofauna of the Republic of Dagestan, especially in non-standard periods: in spring and autumn.

Key Words

Biodiversity, Lepidoptera, faunistic record, species richest, Caspian basin, Dagestan State Reserve.

© 2022 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Материалы по фауне чешуекрылых насекомых (Lepidoptera) Республики Дагестан (Северо-Восточный Кавказ, Россия): весенний аспект. Семейства Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebidae & Noctuidae

Роман В. Яковлев^{1,2}, Абдулгамид А. Теймуров³, Наида С. Курбанова³, Василий В. Аникин⁴, Алексей Ю. Матов⁵, Павел С. Морозов⁶, Артем Е. Найденов¹, Виталий М. Спицын⁷, Александр Н. Стрельцов⁸, Петр Я. Устюжанин^{1,2}

¹Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

²Томский государственный университет, Томск, Россия

³Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

⁴Саратовский государственный университет, Саратов, Россия

⁵Зоологический институт, Санкт-Петербург, Россия

⁶Московское общество испытателей природы, Москва, Россия

⁷Федеральный центр комплексных арктических исследований УрО РАН им. Н. Лаверова, Архангельск, Россия

⁸Университет Герцена, Санкт-Петербург, Россия

Контактное лицо

Роман В. Яковлев, доктор биологических наук, профессор, Алтайский государственный университет; 656049 Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

Тел. +79039123374

Email yakovlev_asu@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5222-2241>

Формат цитирования

Яковлев Р.В., Теймуров А.А., Курбанова Н.С., Аникин В.В., Матов А.Ю., Морозов П.С., Найденов А.Е., Спицын В.М., Стрельцов А.Н., Устюжанин П.Я. Материалы по фауне чешуекрылых насекомых (Lepidoptera) Республики Дагестан (Северо-Восточный Кавказ, Россия): весенний аспект. Семейства Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebidae & Noctuidae // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 19-27. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-19-27

Получена 14 апреля 2022 г.

Прошла рецензирование 25 апреля 2022 г.

Принята 29 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. Уточнить весенний аспект фаунистического состава чешуекрылых насекомых (Lepidoptera) Республики Дагестан как одного из самых слабо изученных регионов европейской части России.

Материал и методы. Сбор материала проводился в шести локалитетах Республики Дагестан на источники света и воздушным сачком. Материал был определен по современным определителям.

Результаты. Были определены 210 видов семейств: Coleophoridae, Pterophoridae, Pyralidae, Crambidae, Drepanidae, Geometridae, Sphingidae, Saturniidae, Notodontidae, Erebidae и Noctuidae. Тринадцать видов впервые указаны для фауны Восточного Кавказа: *Trypostela machinopsis* (Meyrick, 1936), *Multicoloria vibicigerella* (Zeller, 1839), *Casinetella ancistrum* (Falkovitsh, 1976) (Coleophoridae), *Gymnancyla gilvella* (Ragonot, 1887) (Pyralidae), *Hypena obesalis* (Treitschke, 1829) (Erebidae), *Clostera pigra* (Hübner, 1766) (Notodontidae), *Cleora cinctaria* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Chlorissa pretiosaria* (Staudinger, 1887), *Acasis viretata* (Hübner, [1799]), *Earophila badiata* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Pareulype berberata* ([Denis & Schiffermüller], 1775), *Eupithecia assimilat* (Doubleday, 1856) и *Eupithecia intricata* (Zetterstedt, 1839) (Geometridae).

Заключение. Исследование энтомофауны Республики Дагестан представляется очень перспективным, особенно в «нестандартные» сроки: осенью и весной.

Ключевые слова

Биоразнообразие, Lepidoptera, фаунистическая находка, видовое богатство, Каспийский бассейн, Дагестанский государственный заповедник.

INTRODUCTION

The fauna of Lepidoptera in the Russian portion of the Caucasus is studied fragmentarily. This is shown in the Catalogue of the Lepidoptera of Russia [1], where the Caucasus is divided into two sub-regions: the West Caucasian region (region No. 13), including the Krasnodar and Stavropol Territories, the Republic of Adygea, Kabardino-Balkaria, Karachay-Cherkesskaya, North Ossetia-Alania, Ingushetia and the East Caucasian region (region No. 14), including the Chechen Republic and the Republic of Dagestan. For the West Caucasian region, 2811 species of Lepidoptera are given, and for the East Caucasian region – 2112 species.

The detailed faunistic data on the Lepidoptera fauna of the Republic of Dagestan have been published only for a small number of taxonomic groups: Coleophoridae, Pyraloidea, Pterophoridae, Noctuoidea, Hesperioidea, and Papilionoidea [2-13].

Such a significant imbalance, in our opinion, is associated with insufficient knowledge of the fauna of Dagestan and Chechnya. In the first part of our work, we conducted research in September 2020 in five localities of Dagestan. Five species were found as new for the fauna of Russia, and 23 species – as new to the East Caucasus region. This data is in print. The second expedition was carried out in May 2021. The material has been partially processed and presented in this paper.

MATERIAL AND METHODS

The specimens were collected with a butterfly net and using light traps of various types. The material was defined according to modern methods basing on the external and morphological characters. The genital preparations were carried out according to standard methods [14].

Collecting localities (Figs 1-2):

1. **Russia**, Dagestan Rep., Dagestan Reserve, Sary-Kum dune, 43°3'14" N / 47°11'1" E, 60 m, 27-28.iv.2021 & 10-11.v.2021, R.V. Yakovlev leg. (1)
2. **Russia**, Dagestan Rep., Dagestan Reserve, Magaramkent distr., Samur Forest, 41°52'0" N / 48°33'23" E, -20 m, 29-30.iv.2021, R.V. Yakovlev leg. (2)
3. **Russia**, Dagestan Rep., Dagestan Reserve, Magaramkent distr., Samur Forest, N41°53'11" / E48°30'24", -20 m, 1-2.v.2021, R.V. Yakovlev leg. (3)
4. **Russia**, Dagestan Rep., Tabasaran distr., 5 km W Sirtych vill., 41°48'6" N / 48°10'31" E, 200 m, 3.v.2021, R.V. Yakovlev leg. (4)
5. **Russia**, Dagestan Rep., 3.5 km W Gunib, Botanical garden, N42°24'12.39", E46°55'12.86", 1700 m, 06-07.v.2021, R.V. Yakovlev leg. (5)
6. **Russia**, Dagestan Rep., 1 km S Tsudakhar, Botanical garden, N42°19'37.95", E47°09'44.07", 1150-1350 m, 08-09.v.2021, R.V. Yakovlev leg. (6)

RESULTS

During the expedition, 210 Lepidoptera species (Tab. 1) have been collected. The species new to the fauna of the eastern Caucasus are marked with *.



Figure 1. The Republic of Dagestan on the map
Рисунок 1. Республика Дагестан на карте

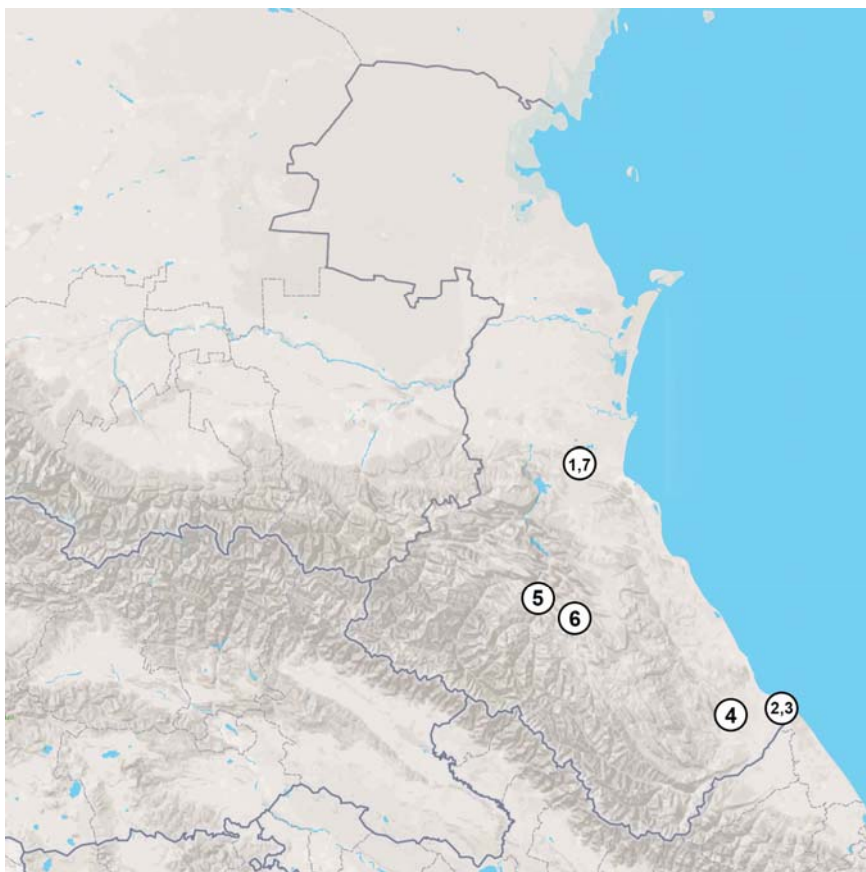


Figure 2. Collecting localities in the Dagestan Republic

Рисунок 2. Точки сборов в Республике Дагестан

Table 1. List of collecting Lepidoptera

Таблица 1. Список собранных Lepidoptera

#	Taxa	Localities					
		1	2	3	4	5	6
Cossidae							
1	<i>Dyspessa ulula</i> (Borkhausen, 1790)	-	-	-	+	-	+
Oecophoridae							
2	<i>Pleurota pyropella</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	-	-	+	-	-
Coleophoridae							
3	* <i>Trypostela machinopsis</i> (Meyrick, 1936)	+	-	-	-	-	-
4	* <i>Multicoloria vibicigerella</i> (Zeller, 1839)	+	-	-	-	-	-
5	<i>Multicoloria ditella</i> (Zeller, 1849)	-	-	-	+	-	-
6	* <i>Casignetella ancistrum</i> (Falkovitsh, 1976)	-	-	-	-	-	+
Pyralidae							
7	<i>Sciota rhenella</i> (Zincken, 1818)	+					
8	<i>Pima boisduvaliella</i> (Guenée, 1845)						+
9	<i>Etiella zinckenella</i> (Treitschke, 1832)	+					
10	<i>Pempelia palumbella</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+					+
11	<i>Episcythristis tetricella</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+				+	
12	<i>Pterothrixidia squalidella</i> (Eversmann, 1842)	+					
13	<i>Bradyrrhoa gilveolella</i> (Treitschke, 1832)	+					
14	<i>Isauria dilucidella</i> (Duponchel, 1836)	+	+				+
15	* <i>Gymnancyla gilvella</i> (Ragonot, 1887)						
16	<i>Euzophera alpherakyella</i> (Ragonot, 1887)	+		+			
17	<i>Euzophera albicostalis</i> (Hampson, 1903)	+			+		
18	<i>Ancylosis sareptella</i> (Herrich-Schäffer, 1861)	+					
19	<i>Ancylosis albicosta</i> (Staudinger, 1870)	+					+
20	<i>Ancylosis xylinella</i> (Staudinger, 1870)	+					
21	<i>Ancylosis oblitella</i> (Zeller, 1848)	+	+				
22	<i>Phycitodes albatella</i> (Ragonot, 1887)	+					
23	<i>Phycitodes saxicola</i> (Vaughan, 1870)	+					
24	<i>Cadra furcatella</i> (Herrich-Schäffer, 1849)	+					
25	<i>Coenochroa ablutella</i> (Zeller, 1839)	+					

Crabmidae						
26	<i>Euchromius mouchai</i> (Bleszyński, 1961)				+	
27	<i>Thisanotia chrysonuchella</i> (Scopoli, 1763)	+				+
28	<i>Evergestis politalis</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)					+
29	<i>Evergestis frumentalis</i> (Linnaeus, 1761)			+		
30	<i>Loxostege deliblatia</i> (Szent-Ivány & Uhrik-Meszáros, 1942)					+
31	<i>Loxostege sticticalis</i> (Linnaeus, 1761)	+				
32	<i>Ecpyrrhorhoe diffusalis</i> (Guenée, 1854)					+
33	<i>Paracorsia repandalis</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+				
34	<i>Pyrausta despicata</i> (Scopoli, 1763)	+	+	+		+
35	<i>Pyrausta sanguinalis</i> (Linnaeus, 1767)					+
36	<i>Pyrausta virginalis</i> (Duponchel, 1832)	+	+		+	+
37	<i>Sitochroa verticalis</i> (Linnaeus, 1758)	+				
38	<i>Anania terrealis</i> (Treitschke, 1829)					+
39	<i>Nomophila noctuella</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	+			
Pterophoridae						
40	<i>Paraplatyptilia metzneri</i> (Zeller, 1841)	-	-	-	-	+
41	<i>Crombrugghia tristis</i> (Zeller, 1841)	+	-	-	-	-
42	<i>Procapperia maculata</i> (Constant, 1865)	-	-	-	-	+
43	<i>Capperia celeusi</i> (Frey, 1886)	+	-	-	-	-
44	<i>Capperia maratonica</i> (Adamczewski, 1951)	+	-	-	-	-
45	<i>Hellinsia inulae</i> (Zeller, 1852)	-	-	+	-	-
46	<i>Emmelina monodactyla</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+
Nolidae						
47	<i>Nola subchlamydula</i> (Staudinger, 1871)	-	-	+	-	-
48	<i>Nycteola revayana</i> (Scopoli, 1772)	-	+	-	-	-
49	<i>Earias clorana</i> (Linnaeus, 1761)	+	-	-	-	+
Erebidae						
50	<i>*Hypena obesalis</i> (Treitschke, 1829)	-	-	-	-	+
51	<i>Hypena rostralis</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	-
52	<i>Zekelita ravalis</i> (Staudinger, 1851)	+	-	-	-	-
53	<i>Zekelita ravulalis</i> (Staudinger, 1879)	-	-	+	-	-
54	<i>Eublemma purpurina</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-
55	<i>Drasteria caucasica</i> (Kolenati, 1846)	-	+	-	-	+
56	<i>Drasteria herzi</i> (Alphéraky, 1892)				+	
57	<i>Drasteria picta</i> (Christoph, 1877)	+	-	-	-	-
58	<i>Minucia lunaris</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-
59	<i>Grammodes stolidia</i> (Fabricius, 1775)	+	-	-	-	-
60	<i>Lygephila procax</i> (Hübner, [1813])	-	-	-	-	+
61	<i>Eutelia adalatrix</i> (Hübner, [1813])	+	-	-	-	-
62	<i>Colobochyla salicalis</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	+	-	-
63	<i>Phragmatobia fuliginosa</i> (Linnaeus, 1758)		+			
64	<i>Diaphora mendica</i> (Clerck, 1759)		+			
65	<i>Wittia sororcula</i> (Hufnagel, 1766)		+			
Noctuidae						
66	<i>Abrostola triplasia</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+
67	<i>Macdunnoughia confusa</i> (Stephens, 1850)	+	-	-	-	-
68	<i>Autographa gamma</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
69	<i>Acronicta euphorbiae</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	+
70	<i>Acronicta megacephala</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	+	-	+
71	<i>Acronicta psi</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+
72	<i>Acronicta rumicis</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+
73	<i>Simyra nervosa</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	+
74	<i>Tyta luctuosa</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	+	-	-	-
75	<i>Cucullia argentina</i> (Fabricius, 1787)	+	-	-	-	-
76	<i>Cucullia gnaphalii</i> (Hübner, [1813])	+	+	-	-	-
77	<i>Cucullia tanacetii</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	+
78	<i>Cucullia umbratica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+
79	<i>Shargacucullia verbasci</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	-
80	<i>Calophasia opalina</i> (Esper, 1793)	+	-	-	-	-
81	<i>Behounekia freyeri</i> (Frivaldszky, 1835)	-	-	+	-	-
82	<i>Omphalopana antirrhini</i> (Hübner, [1809])	+	-	-	-	-
83	<i>Periphanes delphinii</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-
84	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, [1808])	+	-	-	-	-
85	<i>Elaphria venustula</i> (Hübner, [1790])	-	-	-	-	+

86	<i>Caradrina clavipalpis</i> (Scopoli, 1763)	+	+	-	-	-	-
87	<i>Charanyca trigrammica</i> (Hufnagel, 1766)	+	+	-	-	-	-
88	<i>Athetis pallustris</i> (Hübner, [1808])	-	-	-	-	+	-
89	<i>Phlogophora meticulosa</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	-
90	<i>Actinotia polyodon</i> (Clerck, 1759)	-	-	-	-	+	-
91	<i>Chloantha hyperici</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	-	+	-	-	-	-
92	<i>Lithophane ornitopus</i> (Hufnagel, 1766)	-	-	-	-	+	-
93	<i>Conistra veronicae</i> (Hübner, [1813])	+	-	-	-	+	-
94	<i>Mniotype adusta</i> (Esper, 1790)	-	-	-	-	+	-
95	<i>Orthosia cerasi</i> (Fabricius, 1775)	-	-	-	-	+	-
96	<i>Orthosia gothica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+	-
97	<i>Egira conspiciellaris</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-	-	+	+
98	<i>Anarta dianthi</i> (Tauscher, 1809)	-	+	-	+	-	-
99	<i>Anarta stigmata</i> (Christoph, 1887)	+	-	+	-	-	-
100	<i>Anarta trifolii</i> (Hufnagel, 1766)	+	+	-	+	+	+
101	<i>Cardeia irrisoria</i> (Erschov, 1874)	-	+	-	-	-	-
102	<i>Pachetra sagittigera</i> (Hufnagel, 1766)	+	-	-	+	-	-
103	<i>Lacanobia w-latinum</i> (Hufnagel, 1766)	-	-	-	-	+	+
104	<i>Sideridis turbida</i> (Esper, 1790)	-	-	-	-	+	+
105	<i>Conisania arterialis</i> (Draudt, 1936)	+	-	-	-	-	-
106	<i>Luteohadena luteago</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	+	+	-	-
107	<i>Hecatera bicolorata</i> (Hufnagel, 1766)	-	-	+	-	-	-
108	<i>Hecatera cappa</i> (Hübner, [1809])	+	-	-	-	-	-
109	<i>Hadena albimacula</i> (Borkhausen, 1792)	-	-	-	-	-	+
110	<i>Hadena capsicola</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	+	-	-	-
111	<i>Hadena magnolia</i> (Boisduval, 1829)	+	-	-	-	-	-
112	<i>Hadena silenes</i> (Hübner, [1822])	+	-	-	-	-	-
113	<i>Mythimna albipuncta</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-	-
114	<i>Mythimna alopecuri</i> (Boisduval, 1840)	+	-	-	-	+	+
115	<i>Mythimna vitellina</i> (Hübner, [1808])	-	-	+	-	-	-
116	<i>Leucania obsoleta</i> (Hübner, [1803])	-	+	-	-	-	-
117	<i>Agrotis cinerea</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	-	+
118	<i>Agrotis exclamatoris</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+	+
119	<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel, 1766)	+	+	-	-	-	+
120	<i>Agrotis segetum</i> ([Denis et Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	+	-
121	<i>Ochropleura plecta</i> (Linnaeus, 1761)	-	-	+	-	+	-
122	<i>Rhyacia arenacea</i> (Hampson, 1907)	-	-	-	-	+	-
Notodontidae							
123	<i>Cerura vinula</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	+	-
124	<i>Cerura intermedia</i> (Teich, 1896)	-	-	-	-	+	-
125	<i>Furcula persica</i> (Gaede, 1933)	+	-	-	-	+	-
126	<i>Furcula interrupta</i> (Christoph, 1867)	+	+	-	-	-	-
127	<i>Dicranura ulmi</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	+	+	-	+	-
128	<i>Notodonta dromedaries</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	+	-	+	-
129	<i>Notodonta tritophus</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	+	+	-	-	-
130	<i>Notodonta derbendica</i> (Daniel, 1965)	-	-	+	-	-	-
131	<i>Pheosia grummi</i> (Christoph, 1885)	-	+	+	-	-	-
132	<i>Pterostoma palpinum</i> (Clerck, 1759)	-	+	+	-	-	+
133	<i>Clostera curtula</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	+	+
134	* <i>Clostera pigra</i> (Hufnagel, 1766)	-	+	-	-	-	-
Drepanidae							
135	<i>Cilix glaucata</i> (Scopoli, 1763)	+	-	-	-	-	-
136	<i>Thyatira batis</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	+	-	-	-
137	<i>Tethea ocularis</i> (Linnaeus, 1767)	-	-	+	-	-	-
Geometridae							
138	<i>Ellicrinia trinotata</i> (Metzner, 1845)	+	-	-	-	-	-
139	<i>Ellicrinia cordiaria</i> (Hübner, 1790)	-	+	-	-	-	-
140	<i>Selenia tetralunaria</i> (Hufnagel, 1767)	-	+	+	-	-	-
141	<i>Therapis flavicaria</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	+	-	-	-
142	<i>Charissa (Dysgnophos) difficilis</i> (Alphéraky, 1883)	-	-	-	-	-	+
143	<i>Charissa (Cnestrognophos) annubilata</i> (Christoph, 1885)	-	-	-	-	-	+
144	<i>Dyscia innocentaria</i> (Christoph, 1885)	+	-	-	+	-	+
145	* <i>Cleora cinctaria</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	+	+
146	<i>Ectropis crepuscularia</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	+	-	-	+	-
147	<i>Biston betularia</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+	-

148	<i>Hypomecis punctinalis</i> (Scopoli, 1763)	-	+	+	-	-	-
149	<i>Phaselia serrularia shurensis</i> (Wehrli, 1941)	-	-	-	-	-	+
150	<i>Ligdia adustata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	+	-	-	-	-
151	<i>Stegania dilectaria</i> (Hübner, [1790])	-	+	-	-	-	-
152	<i>Heliomata glarearia</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	+	-	+
153	<i>Isturgia murinaria</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-	-
154	<i>Neognopharmia stevenaria</i> (Boisduval, 1840)	-	-	-	+	-	-
155	<i>Macaria notata</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	-	+
156	* <i>Chlorissa pretiosaria</i> (Staudinger, 1887)	-	-	-	-	-	+
157	<i>Phaioграмма etruscaria</i> (Zeller, 1849)	-	-	+	-	-	-
158	<i>Aplocera plagiata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	+
159	<i>Lithostege coassata</i> (Hübner, 1825)	+	-	-	-	-	-
160	<i>Lithostege griseata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-	-
161	* <i>Acasis viretata</i> (Hübner, [1799])	-	-	-	-	+	-
162	<i>Lobophora halterata</i> (Hufnagel, 1767)	-	-	-	-	-	+
163	<i>Scotopteryx subvicinaria</i> (Staudinger, 1892)	-	-	-	-	-	+
164	<i>Cataclysmes rigata</i> (Hübner, 1813)	-	-	-	-	+	-
165	<i>Orthonama obstipata</i> (Fabricius, 1794)	-	-	+	-	-	-
166	<i>Xanthorhoe ferrugata</i> (Clerck, 1759)	-	-	-	-	-	+
167	<i>Xanthorhoe fluctuata</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	+
168	<i>Catarhoe rubidata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-	+
169	<i>Costaconvexa polygrammata</i> (Borkhausen, 1794)	-	+	+	-	-	-
170	<i>Protorhoe unicata</i> (Guenée, [1858])	-	-	-	+	-	-
171	<i>Epirrhoe galiata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	+	+
172	<i>Epirrhoe rivata</i> (Hübner, 1813)	-	-	-	-	-	+
173	* <i>Earophila badiata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	-	+
174	<i>Anticlea derivata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	+	-
175	<i>Thera juniperata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+	-
176	<i>Chloroclysta siterata</i> (Hufnagel, 1767)	-	-	-	-	+	-
177	<i>Nebula</i> sp.	+	-	-	-	+	+
178	<i>Cosmorhoe ocellata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	+
179	<i>Rheumaptera (Eutriphosa) cervinalis</i> (Scopoli, 1763)	-	-	-	-	+	+
180	<i>Triphosa dubitata</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	+	-
181	* <i>Pareulype berberata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	-	-	-	+
182	<i>Minoa murinata</i> (Scopoli, 1763)	-	-	-	-	-	+
183	<i>Eupithecia abbreviata</i> Stephens, 1831	-	-	+	-	-	-
184	* <i>Eupithecia assimolata</i> Doubleday, 1856	-	-	-	-	-	+
185	<i>Eupithecia centaureata</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	+	-	-	-	-	-
186	<i>Eupithecia dodoneata</i> (Guenée, [1858])	-	-	+	-	-	-
187	* <i>Eupithecia intricata</i> (Zetterstedt, 1839)	-	-	-	-	-	+
188	<i>Eupithecia ochridata</i> (Schütze & Pinker, 1968)	+	+	+	-	+	+
189	<i>Eupithecia</i> sp.	+	-	+	-	+	-
190	<i>Horisme aquata</i> (Hübner, 1813)	-	-	-	-	-	+
191	<i>Horisme calligraphata</i> (Herrich-Schäffer, 1838)	-	-	-	-	+	+
192	<i>Idaea biselata</i> (Hufnagel, 1767)	-	-	+	-	-	-
193	<i>Idaea degeneraria erschoffi</i> (Christoph, 1872)	+	-	-	-	-	-
194	<i>Scopula beckeraria</i> (Lederer, 1853)	+	-	-	-	-	-
195	<i>Scopula marginepunctata</i> (Goeze, 1781)	+	-	-	-	-	-
196	<i>Scopula ochraceata</i> (Staudinger, 1901)	+	-	-	-	-	-
197	<i>Scopula rubiginata</i> (Hufnagel, 1767)	-	-	-	-	-	+
198	<i>Cyclophora annularia</i> (Fabricius, 1775)	-	+	-	-	-	-
199	<i>Cyclophora punctaria fritzae</i> (Hausmann, 2003)	+	-	-	-	-	-
Saturniidae							
200	<i>Saturnia pyri</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	+	+	-	-	-
Sphingidae							
201	<i>Laothoe caucao</i> (Zolotuhin, 2018)	+	+	-	-	-	+
202	<i>Smerinthus ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	-	+
203	<i>Marumba quercus</i> ([Denis & Schiffermüller], 1775)	-	-	+	-	-	+
204	<i>Mimas tiliae</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	+	-	-	-
205	<i>Agrius convolvuli</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	-
206	<i>Hyles euphorbiae</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	-	+
207	<i>Hyles gallii</i> (Rottemburg, 1775)	+	-	-	-	-	+
208	<i>Hyles hippophaes</i> (Esper, 1793)	+	-	-	-	-	-
209	<i>Hyles livornica</i> (Esper, 1779)	+	-	-	-	-	-
210	<i>Neopteronota gorgoniades</i> (Hübner, 1819)	+	-	-	-	-	-

DISCUSSION

During the expedition and subsequent office processing we have collected and defined 210 Lepidoptera species of fourteen families, including thirteen species new to the fauna of the eastern Caucasus: *Trypostela machinopsis* (Meyrick, 1936), *Multicoloria vibicigerella* (Zeller, 1839), *Casignetella ancistron* (Falkovitsh, 1976) (Coleophoridae), *Gymnancyla gilvella* (Ragonot, 1887) (Pyrilidae), *Hypena obesalis* (Treitschke, 1829) (Erebidae), *Clostera pigra* (Hübner, 1766) (Notodontidae), *Cleora cinctaria* ([Denis & Schiffermüller, 1775], *Chlorissa pretiosaria* (Staudinger, 1887), *Acasis viretata* (Hübner, [1799]), *Eorophila badiata* ([Denis & Schiffermüller, 1775], *Pareulype berberata* ([Denis & Schiffermüller, 1775], *Eupithecia assimilat* (Doubleday, 1856) and *Eupithecia intricata* (Zetterstedt, 1839) (Geometridae).

CONCLUSION

It seems to us very relevant to conduct faunal studies in the Eastern Caucasus, and in particular, in the Republic of Dagestan. It is particularly important to study the protected natural areas and to conduct special expeditions in non-standard seasons: in spring and autumn, when the number of rare and little studied species can be the greatest.

ACKNOWLEDGMENT

We thank G.S. Dzhamirzoev, M.-R.D. Magomedov, K.M. Kuniev, E. Ilyina, O.V. Kravets (all from Makhachkala, Russia), D. Morgun (Moscow, Russia), Z.M. Asadulaev (Gunib, Russia) for organizing and undertaking an expedition to Dagestan, in which the material treated in this paper was collected. The English of the final draft was edited by Anna Ustjuzhanina (Tomsk, Russia). Research by Roman Yakovlev, Petr Ustjuzhanin and Artem Naidenov was supported by a grant from Altai State University No. 15/22 - VG (11 April 2022).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Благодарим Г.С. Джамирзоева, М.-Р.Д. Магомедова, К.М. Куниева, Е. Ильину, О.В. Кравец (Махачкала, Россия), Д. Моргуна (Москва, Россия), Асадулаева З.М. (Махачкала-Гуниб, Россия) за организацию и проведение экспедиции в Дагестане. Окончательный вариант английского редактировала Анна Устюжанина (Томск, Россия). Исследования Романа Яковлева, Петра Устюжанина и Артема Найденова поддержаны грантом Алтайского государственного университета № 15/22 - ВГ (11 апреля 2022 г.).

REFERENCES

1. Sinev S.Y., ed. *Katalog cheshuekrylykh (Lepidoptera) Rossii* [Catalogue of the Lepidoptera of Russia. Second edition]. St. Petersburg, Zoological Institute RAS Publ., 2019, 448 p. (In Russian)
2. Anikin V.V., Shchurov V.I. Casebearers from Caucasus (Lepidoptera: Coleophoridae). *Zoosystematica Rossica*. 2001, vol. 10, pp. 171-179.
3. Dubatolov V.V., Poltavsky A.N., Ilyina E.V. Lithosiini and Arctiini of Daghestan (NE Caucasus) (Lepidoptera: Erebidae, Arctiinae). *SHILAP Revista de lepidopterologia*. 2021, vol. 49, no 193, pp. 129-148.
4. Ilyina E.V., Poltavsky A.N., Matov A.Yu., Gasanova N.M.-S. *Katalog sovok (Lepidoptera: Nolidae, Erebidae, Noctuidae) Dagestana* [Catalogue of Owllet-Moths (Lepidoptera: Nolidae, Erebidae, Noctuidae) of Dagestan]. Makhachkala, Nauka-Dagestan Publ., 2012, 192 p. (In Russian)

5. Ilyina E.V., Morgun D.V. Ecological and faunistic review of butterflies (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) of Daghestan: Part 1. *Entomological Review*. 2010, vol. 90, no. 9, pp. 1167-1191.
6. Ilyina E.V., Morgun D.V. Ecological and faunistic review of butterflies (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) of Daghestan: Part 2. *Entomological Review*. 2011, vol. 91, no. 4, pp. 450-466.
7. Kovtunovich V.N. Materials on the fauna of Plume Moths (Lepidoptera, Pterophoridae) of Dagestan. In: *Uchenye Zapiski Blagoveshchenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta, Biologiya* [Scientists notes of BGPU, Biology]. 2006, vol. 23, pp. 70-85. (In Russian)
8. Poltavsky A.N., Ilyina E.V. The Noctuidae (Lepidoptera) of the Daghestan Republic (Russia). *Phegea*. 2002, vol. 30, no. 1, pp. 11-36.
9. Poltavsky A.N., Ilyina E.V. The Noctuidae (Lepidoptera) of the Daghestan Republic (Russia). II. *Phegea*. 2003, vol. 31, no. 4, pp. 167-181.
10. Poltavsky A.N., Ilyina E.V. Materials to the Snout-Moths Fauna (Lepidoptera: Pyraloidea) of Dagestan Republic. In: *Trudy Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Proceedings of Dagestan State Pedagogical University]. 2016, vol. 1, pp. 53-59 (In Russian)
11. Poltavsky A.N., Ilyina E.V., Matov A.Y. Owllets (Lepidoptera: Noctuidae) of Dagestan. In: *Trudy Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk* [Proceedings of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2007, vol. 3, pp. 164-226. (In Russian)
12. Tshikolovets V.V., Nekrutenko Y.P. The Butterflies of Caucasus and Transcaucasia (Armenia, Azerbaijan, Georgia and Russian Federation). Kyev, Tshikolovets-Press, 2012, 424 p.
13. Yakovlev R.V., Poltavsky A.N., Ilyina E.V., Shchurov V.I. Witt T.J. Cossidae (Lepidoptera) of the Russian Caucasus with the description of a new species. *Zootaxa*. 2015, vol. 4044, no. 2, pp. 270-288.
14. Robinson G. The preparation of slides of Lepidoptera genitalia with special reference to the Microlepidoptera. *Entomologist's Gazette*. 1976, vol. 27, pp. 127-132.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синева С.Ю. (ред.) Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е. Санкт-Петербург: изд-во Зоологического института РАН, 2019. 448 с.
2. Anikin V.V., Shchurov V.I. Casebearers from Caucasus (Lepidoptera: Coleophoridae) // *Zoosystematica Rossica*. 2001. V. 10. P. 171-179.
3. Dubatolov V.V., Poltavsky A.N., Ilyina E.V. Lithosiini and Arctiini of Daghestan (NE Caucasus) (Lepidoptera: Erebidae, Arctiinae) // *SHILAP Revista de lepidopterologia*. 2021. V. 49. N 193. P. 129-148.
4. Ильина Е.В., Полтавский А.Н., Матов А.Ю., Гасанова Р.М.-С. Каталог совок (Lepidoptera: Nolidae, Erebidae, Noctuidae) Дагестана. Махачкала: Наука-Дагестан, 2012. 192 с.
5. Ilyina E.V., Morgun D.V. Ecological and faunistic review of butterflies (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) of Daghestan: Part 1 // *Entomological Review*. 2010. V. 90. N 9. P. 1167-1191.
6. Ilyina E.V., Morgun D.V. Ecological and faunistic review of butterflies (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) of Daghestan: Part 2 // *Entomological Review*. 2011. V. 91. N 4. P. 450-466.
7. Ковтунович В.Н. Материалы по фауне пальцекрылок (Lepidoptera, Pterophoridae) Дагестана // *Ученые Записки Благовещенского государственного педагогического университета, Биология*. 2006. Т. 23. С. 70-85.
8. Poltavsky A.N., Ilyina E.V. The Noctuidae (Lepidoptera) of the Daghestan Republic (Russia) // *Phegea*. 2002. V. 30. N 1. P. 11-36.
9. Poltavsky A.N., Ilyina E.V. The Noctuidae (Lepidoptera) of the Daghestan Republic (Russia). II // *Phegea*. 2003. V. 31. N 4. P. 167-181.
10. Полтавский А.Н., Ильина Е.В. Материалы по огневкам (Lepidoptera: Pyraloidea) Республики Дагестан // *Труды*

Дагестанского государственного педагогического университета. 2016. Т. 1. С. 53-59.

11. Полтавский А.Н., Ильина Е.В. Матов А.Ю. Совки (Lepidoptera: Noctuidae) Дагестана // Труды Южного научного центра Российской Академии наук. 2007. Т. 3. С. 164-226.

12. Tshikolovets V.V., Nekrutenko Y.P. The Butterflies of Caucasus and Transcaucasia (Armenia, Azerbaijan, Georgia and Russian Federation). Kyev, Tshikolovets-Press, 2012. 424 p.

13. Yakovlev R.V., Poltavsky A.N., Ilyina E.V., Shchurov V.I. Witt T.J. Cossidae (Lepidoptera) of the Russian Caucasus with the description of a new species // Zootaxa. 2015. V. 4044. N 2. P. 270-288.

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

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Roman V. Yakovlev formulated the aim of the study and prepared the manuscript. Abdulgamid A. Teymurov and Naida S. Kubanova participated in the selection of locations for the study, provided the data on the vegetation of the studied areas. Vasilii V. Anikin, Alexey Yu. Matov, Pavel S. Morozov, Artem E. Naydenov, Vitaly M. Spitsyn, Alexander N. Streltsov and Petr Ya. Ustjuzhanin determined the Lepidoptera species. All the authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Роман В. Яковлев руководил постановкой цели и подготовил рукопись, Абдулгамид А. Теймуров и Наида С. Курбанова участвовали в подборе локаций для исследования, предоставили данные о растительности исследованных участков. Василий В. Аникин, Алексей Ю. Матов, Павел С. Морозов, Артем Е. Найденов, Виталий М. Спицын, Александр Н. Стрельцов и Петр Я. Устюжанин определяли материал по чешуекрылым. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Roman V. Yakovlev / Роман В. Яковлев <https://orcid.org/0000-0002-5222-2241>

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

Naida S. Kurbanova / Наида С. Курбанова <https://orcid.org/0000-0002-8369-5949>

Vasilii V. Anikin / Василий В. Аникин <https://orcid.org/0000-0001-8575-5418>

Alexey Yu. Matov / Алексей Ю. Матов <https://orcid.org/0000-0002-6066-6440>

Pavel S. Morozov / Павел С. Морозов <https://orcid.org/0000-0003-1393-0867>

Artem E. Naydenov / Артем Е. Найденов <https://orcid.org/0000-0001-9367-3578>

Vitaly M. Spitsyn / Виталий М. Спицын <https://orcid.org/0000-0003-2955-3795>

Alexander N. Streltsov / Александр Н. Стрельцов <https://orcid.org/0000-0002-5658-8515>

Petr Ya. Ustjuzhanin / Петр Я. Устюжанин <https://orcid.org/0000-0002-5222-2241>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574, 598.294
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-28-36

Масштабы сезонных перемещений городской части популяции большой синицы на юго-востоке Западно-Сибирской равнины

Иван Г. Фролов

Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Контактное лицо.

Иван Г. Фролов, научный сотрудник, Институт систематики и экологии животных СО РАН;
630091 Россия, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11.
Тел. +79538703617
Email frolov.igv@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7907-9166>

Формат цитирования

Фролов И.Г. Масштабы сезонных перемещений городской части популяции большой синицы на юго-востоке Западно-Сибирской равнины // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 28-36. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-28-36

Получена 1 ноября 2021 г.

Прошла рецензирование 16 марта 2022 г.

Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме

Цель работы. Изучить зависимость плотности большой синицы в период гнездования в зависимости от удалённости от мест концентрации вида на зимовках при прочих равных условиях.

Материал и методы. Проведено 36 маршрутных учётов в 22 выделах, удалённых на расстояние до 95 км от мест скопления птиц на зимовке. Выделы расположены в одной погодно-климатической зоне. Учёты проведены в период зимовки (в январе) и период гнездования (с 16 апреля по 15 мая) в 2014-2018 годах. Для учёта влияния небольших населённых пунктов, где зимует меньшее, по сравнению с крупным городом, количество синиц, использовались данные о населении людей в радиусе 25 км от учётной площади.

Результаты. Большинство больших синиц предпочитает минимизировать расстояние от мест зимовок до мест гнездования. Наиболее предпочтительное расстояние перемещений составляет 10-20 км от крупного города, который является основным местом зимовки этого вида.

Выводы. Плотность большой синицы в период гнездования экспоненциально возрастает при близости мест зимовок. При удалении от мест зимовок более чем на 20 км плотность вида в период гнездования достоверно не меняется. Максимальная имманентная плотность в гнездовой период достигается в местах благоприятных зимовок вида, то есть в мегаполисе с агломерацией.

Ключевые слова

Большая синица, *Parus major*, гнездование, пространственное распределение, сезонные миграции, моделирование, ГИС.

The scale of seasonal migrations in the urban part of the Great Tit population in the southeast of the West Siberian plain

Ivan G. Frolov

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

Principal contact

Ivan G. Frolov, Research assistant, Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Frunze St, Novosibirsk, Russia 930091.
Tel. +79538703617

Email frolov.ig@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7907-9166>

How to cite this article

Frolov I.G. The scale of seasonal migrations in the urban part of the Great Tit population in the southeast of the West Siberian plain. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 28-36. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-28-36

Received 1 November 2021

Revised 16 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. This research aims to study the Great Tit breeding density, depending on the distance from preferred wintering sites with all other things being equal.

Material and Methods. 36 route counts were carried out in 22 locations ranging up to 95 km away from the preferred wintering sites. The data was collected in the same weather and climatic zone. The route counts were carried out in the wintering season (January) and in the breeding season (16 April – 15 May) in 2014-2018. To consider the influence of small settlements, where a smaller number of tits spends winter in comparison with a large city, sample sites were characterized by the population of people living within a radius of 25 km around the sample site.

Results. Most Great Tits prefer to minimise the distance from their wintering sites to their nesting sites. The most preferred distance of seasonal movement is 10-20 km from a large city, the main wintering place for this species.

Conclusions. The density of the Great Tit population during the nesting period increases exponentially with the proximity of wintering sites. When more than 20 km from wintering sites, the density of the species during the nesting period does not change reliably. The maximum immanent density during the nesting period is achieved in places of favourable wintering of the species, that is, in a metropolis with agglomeration.

Key Words

The Great Tit, *Parus major*, nesting, spatial distribution, seasonal migrations, modeling, GIS.

ВВЕДЕНИЕ

Регулярные зимовки большой синицы (*Parus major*) в городских условиях известны для многих городов [1; 2], при этом зимовка является наиболее критичным периодом в жизни этого вида [3]. В условиях Сибири это явление началось гораздо позже. В Новосибирске также наблюдается массовая зимовка большой синицы. В 1980-х плотность большой синицы, зимующей на территории жилой застройки Новосибирска, оценивалась в 409 и в 285 особей/км² [4; 5]. В 1999-2001 годах плотность большой синицы в многоэтажной жилой застройке превышало в отдельные половины месяца 1000 особей/км² [6]. В 2014 году в отдельные моменты зимнего периода плотность большой синицы на зимовке в городе и в лесопарковых зонах достигала 2000 особей/км² [7]. Преимущество городской группировки большой синицы состоит в том, что птицы в ней могут использовать антропогенные корма, доступные в большом количестве из-за соседства с человеком. Также, температурные условия и наличие мест ночёвок в городе предоставляют больше возможностей для большой синицы успешно перезимовать в городах по сравнению с частью популяции, зимующей в лесах. Подобная связь распределения больших синиц на гнездовании с климатическими условиями зимовки и доступности кормов в зимний период известна и для европейских городов [8].

Внутрисезонная динамика плотности вида свидетельствует о значительных пространственных перераспределениях вида: в осеннее время птицы прикочевывают в большой город, в течение зимы заметно несколько волн пополнения зимующей группировки [6], и в конце зимы подавляющая часть зимовавших птиц покидает город [9; 10]. Таким образом заметна важность крупных населенных пунктов для успешной зимовки значительной части популяции большой синицы. Птицы совершают ежегодные сезонные миграции весной в поисках подходящего места для гнездования и в осенне-зимний период в поисках корма и мест ночёвки в период зимовок. При этом птицы определяют дальность вынужденных сезонных миграций таким образом, чтобы успеть занять пригодные места для гнездования при минимальных затратах бюджета времени и энергии.

Известно, что взаиморасположение мест зимовок и гнездования оказывают существенное влияние на пространственную разнородность плотности вида [10]. Так для дальних мигрантов предложена концептуальная модель формирования гнездовой плотности видов в зависимости от основных групп факторов [11]. Расстояние мест гнездования от мест зимовок является одним из таких ключевых факторов. Для различных географических групп дальних мигрантов получены уравнения регрессии гнездовой плотности по данному фактору. Для ближних мигрантов каких-либо отчетливых представлений о таких территориальных связях не сформировано. Места зимовок ближних мигрантов не удалены на большие расстояния от районов гнездования и в значительной степени располагаются в пределах их гнездовых ареалов. Появившаяся возможность сравнительно легкой идентификации мест концентрации значительного количества зимующих птиц позволяет

для них оценить характер влияния данного географического фактора. Наравне с этим появляется возможность оценить дальность сезонных миграций этого вида и её изменчивость.

Всё сказанное свидетельствует о том, что птицы предпочитают минимизировать расстояние сезонных миграций из мест размножения в места зимовки. Иначе говоря, при прочих равных условиях особи, занявшие участки максимально близко к месту успешной зимовки при прочих равных по бюджету времени и энергии оказываются в более выгодном положении, чем те, которым приходится лететь с мест зимовок до мест гнездования дальше. В результате при удалении от мест массовой зимовки (крупный город в случае с большой синицей) плотность вида в гнездовой период экспоненциально уменьшается.

Для проверки гипотезы следует решить следующие задачи.

1. Оценить величину пространственных и межгодовых различий плотности большой синицы в гнездовой период.
2. В гнездовой период при прочих равных условиях выявить характер изменений плотности по градиенту расстояния от крупного города.
3. В гнездовой период при прочих равных условиях выявить расстояния, при которых проявляется связь плотности вида в гнездовой период с урбанизацией территории (которая является индикатором или маркером места для успешной зимовки).
4. Рассчитать уравнения регрессии, аппроксимирующие зависимость плотности в гнездовой период от расположения и емкости мест пригодных зимовок.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач проведено 36 маршрутных учётов оценки плотности большой синицы на 22 учётных площадях. 32 маршрута были пройдены и в зимний период, и в весенней в один и тот же календарный год. Для оценки плотности видов использовалась методика маршрутного учёта птиц на постоянных учётных площадях без ограничения ширины трансекты по принципу Хайне [12] и с группами дальностей обнаружения [13]. Для птиц, отмеченных летящими, вносились поправки на среднюю скорость их перемещения [14]. Площади, на которых проводились учёты, были постоянными в течение всего времени работы. Размеры учётных площадей составляют от 1,5 км² до 6,0 км², форма площадей прямоугольная или близкая к прямоугольной. Внутри каждой площади был заложен криволинейный маршрут с постоянной геометрией [15]. Протяжённость одного маршрута составляла от 2,5 до 5 км. Даты учётов выбирались таким образом, чтобы между учётами по возможности был равный промежуток времени. За наименьшую единицу рассмотрения (пробу) принята средняя плотность вида на учетной площади в определённую половину месяца. Норма учёта – 10 км в месяц в каждом выделе. Учётные площади располагались в черте города Новосибирска и на удалении до 95 км от границы города. Крайние учётные площади удалены друг от друга на 150 км в долготном направлении и на 117 км – в широтном.

Для выявления влияния изучаемого фактора в выборке по возможности минимизированы различия всех остальных значимых групп факторов. Весь район находился в климатической зоне предпочтения вида. Продолжительность безморозного периода в г. Новосибирске и окрестностях составляет 124-142 дня [16], поэтому широтно-климатическими различиями можно пренебречь. Влияние различной степени соответствия условий среды экологическим потребностям вида нивелировалось тем, что для анализа использована имманентная плотность вида, то есть показатели плотности в пересчете не на всю учетную площадь, а только на те ее части, условия на которых соответствуют параметрам экологической ниши вида. По экспертным оценкам различиями в проявлении трофического фактора на разных учетных площадях можно пренебречь. Концепция имманентной плотности, принципы оценки значимых факторов (защитного, трофического) заимствована из литературы [10; 17].

По данным Н.А. Козлова [4], в гнездовое время большая синица заселяет преимущественно лиственные и смешанные насаждения. В глухих лесах она очень редка, и почти не встречается на расстоянии 10-15 км от населенного пункта. Излюбленные места обитания больших синиц – сады и парки, дачные поселки и озелененные участки городов. Согласно В.А. Юдкину [17], пригодными для гнездования большой синицы являются сады, лесопарковые зоны, леса, граничащие с открытыми пространствами. Эта совокупность защитных условий среды, иначе говоря – топоархитектура, формализовано, названа «полюсьем». Связь плотности большой синицы в подтаёжной подзоне в гнездовой период с топоархитектурой предпочитаемого находится на среднем уровне (0,44). Связь плотности большой синицы на гнездовании с долей благоприятного субстрата (горизонтальные тонкие ветви деревьев и кустарников, толстые травянистые стебли) находится на среднем уровне (0,48-0,58) [17].

В общем, в гнездовое время большая синица занимает участки рослого древостоя, которые граничат с открытыми пространствами, даже если открытые пространства со всех сторон окружены лесом. Важным фактором, влияющим на распределение большой синицы, является наличие дупел. Оценить проявление этого фактора можно по количеству отмирающих деревьев [17]. После размножения связь вида с гнездовой топоархитектурой становится слабой, и вид покидает места размножения. Во время послегнездовых миграций большая синица перемещается в места обитания, занятые кустарниками: закустаренные болота, ивняки рек [17]. Наибольшие значения плотности вида в зимнее время отмечены в населенных пунктах (в посёлках и жилых районах крупных городов). Вид многочислен в городских лесопарковых зонах и на дачных участках [4; 5; 17].

Таким образом, для большой синицы существует два ключевых местообитания в разные сезоны года: населённые пункты в период зимовки и леса с долей открытых пространств в период гнездования.

На каждой учетной площади доля территории, пригодной для обитания вида, различна. Для всех пробных площадей, где проводились учёты птиц, была

определена доля пригодной для гнездования большой синицы доля топоархитектуры. Параметры и характеристики этих топоархитектур подробно описаны в публикациях В.А. Юдкина [10; 11; 17]. Там же даются методические рекомендации по оценке проявления этих факторов, как на местности, так и с использованием данных дистанционного зондирования Земли (по приведённым ключевым признакам изображений).

Для нивелирования различий учётных площадей по вариации фактора защитных условий местности мы рассчитываем имманентную плотность вида ($N_{им}$), разделив наблюдаемую плотность вида в период гнездования на долю площади, занятой пригодной для обитания вида топоархитектурой. При подсчёте имманентной плотности учитывается количество древостоя. За период наблюдений можно пренебречь изменениями характеристик древостоя (вырубками и ростом новых деревьев). Поэтому изменения общей численности вида в районе исследования вызывает и соответствующие изменения имманентной плотности (при прочих равных условиях).

Каждая учётная площадь, заложенная на территории исследования, была охарактеризована по удалённости от крупного мегаполиса – г. Новосибирска с населением агломерации, доходящей до 2 миллионов человек. Расстояние определялось от центра учётной площади до границы населённого пункта.

Также для описания мест зимовок большой синицы была использована информация о количестве проживающих людей на территории исследования. Были взяты результаты всероссийской переписи населения 2010 года [18] и карта населённых пунктов с ресурса OpenStreetMap [19]. Карта населённых пунктов, представляющая собой полигоны, была сопоставлена с информацией о количестве проживающих людей. Агломерация г. Новосибирска и г. Бердска в ходе этой операции стала единым полигоном с общим значением численности людей. Предполагается, что количество людей, проживающих в населённом пункте, является маркером количества корма и укрытий, которые используют большие синицы в период зимовки. Это позволило оценить потенциальную ёмкость зимовок большой синицы.

Каждая учётная площадь, заложенная на территории исследования, была охарактеризована по количеству проживающих людей, собственно, на территории учёта. Кроме этого, количество проживающих людей было подсчитано также в окрестностях с радиусами 5-50 км (с шагом в 5 км), центры которых находятся в центре учётной площади.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены результаты учётов большой синицы в период зимовки и в период гнездования.

Для большой синицы обнаружены межгодовые колебания плотности на постоянных учётных площадях, однако, межгодовые значения плотности находятся на сходных уровнях и эти межгодовые различия недостоверны. Таким образом, мы можем принять, что численность вида достоверно не менялась за годы наблюдений.

Таблица 1. Характеристика учётных площадей
Table 1. Characteristics of recording sites

Описание учётной площади, год наблюдений, координаты центроида полигона Recording site description, year of observation, centroid coordinates	Расстояние от границы Новосибирска, км Distance to the border of Novosibirsk, km	Размер пробной площади, км ² Sample site size, sq km	Доля топоархитектуры типа «полевое» Area percentage of «field-forest»	Плотность вида, особей/км ² Species density, individuals/sq km			
				Январь I / January I	Январь II / January II	Апрель II / April II	Май I / May I
Леса сосново-березовые, дендропарк (54,8040° с. ш., 83,0581° в. д., 2014 г.) Pine-birch forests, dendropark (54.8040° N, 83.0581° E, 2014)	0	2,7	0,68	454,2	105,1	-	-
То же, 2016 г. / Same, 2016	0	2,7	0,68	69,1	143,6	214,5	107,3
То же, 2017 г. / Same, 2017	0	2,7	0,68	49,1	40,0	127,3	45,5
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	2,7	0,68	41,8	72,7	145,5	97,0
Старая многоэтажная застройка (54,8274° с. ш., 83,0286° в. д., 2014 г.) Old high-rise buildings (54.8274° N, 83.0286° E, 2014)	0	2,8	0,69	1 058,1	1 116,1	130,6	188,7
То же, 2017 г. / Same, 2017	0	2,8	0,69	1 128,6	969,4	195,9	122,4
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	2,8	0,69	234,7	344,9	191,8	163,3
Леса сосново-березовые, дендропарк (55,0611° с. ш., 82,8799° в. д., 2014 г.) Pine-birch forests, dendropark (55.0611° N, 82.8799° E, 2014)	0	2,0	0,58	1 135,6	1 118,6	206,8	101,7
То же, 2016 г. / Same, 2016	0	2,0	0,58	869,7	1 603,0	163,6	121,2
То же, 2017 г. / Same, 2017	0	2,0	0,58	378,8	506,1	218,2	51,5
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	2,0	0,58	506,1	1 087,9	224,2	142,4
Леса березово-сосновые, Заельцовский бор (55,0599° с. ш., 82,8555° в. д., 2014 г.) Birch-pine forests, Zaeltsovsky Bor (55.0599° N, 82.8555° E, 2014)	0	4,1	0,39	0,0	0,0	55,6	21,8
То же, 2016 г. / Same, 2016	0	4,1	0,39	73,3	63,3	103,3	80,0
То же, 2017 г. / Same, 2017	0	4,1	0,39	54,5	6,7	143,3	33,3
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	4,1	0,39	13,3	33,3	73,3	66,7
Старая многоэтажная застройка (55,0603° с. ш., 82,9018° в. д., 2018 г.) Old high-rise buildings (55.0603° N, 82.9018° E, 2018)	0	2,2	0,36	425,5	-	34,5	21,8
То же, 2014 г. / Same, 2014	0	1,4	0,57	1 330,0	1 674,7	516,7	-
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	1,4	0,57	340,0	-	74,3	54,3
То же, 2018 г. / Same, 2018	0	4,6	0,29	548,3	-	2,2	0,0
Леса сосново-березовые (54,8564° с. ш., 83,0314° в. д., 2014 г.) Pine-birch forests (54.8564° N, 83.0314° E, 2014)	0	2,8	0,30	37,1	441,9	16,1	56,5
Многоэтажная жилая застройка (54,8795° с. ш., 83,0795° в. д., 2014 г.) Multi-storey residential buildings (54.8795° N, 83.0795° E, 2014)	0	2,8	0,46	1 111,5	1 442,3	88,5	26,9
Осиново-березовые леса (55,6509° с. ш., 82,7430° в. д., 2016 г.) Aspen-birch forests (55.6509° N, 82.7430° E, 2016)	60	7,0	0,41	0,0	0,0	2,2	34,8
Осиново-березовые леса (55,7242° с. ш., 82,6986° в. д., 2016 г.) Aspen-birch forests (55.7242° N, 82.6986° E, 2016)	71	8,4	0,32	7,1	0,0	37,0	44,4
Поля, перелески (55,1854° с. ш., 83,0616° в. д., 2016 г.) Fields, woods (55.1854° N, 83.0616° E, 2016)	6	4,1	0,48	0,0	-	65,9	39,0

Поля, перелески (55,1895° с. ш., 83,2938° в. д., 2016 г.) Fields, woods (55.1895° N, 83.2938° E, 2016)	18	5,4	0,54	0,0	-	29,5	12,6
Поля, перелески (55,2301° с. ш., 83,4306° в. д., 2016 г.) Fields, woods (55.2301° N, 83.4306° E, 2016)	30	3,5	0,53	0,0	-	57,1	51,0
Поля, перелески (55,3231° с. ш., 83,6751° в. д., 2016 г.) Fields, woods (55.3231° N, 83.6751° E, 2016)	45	4,5	0,61	0,0	-	34,3	28,3
Осиново-березовые леса (54,8723° с. ш., 83,2449° в. д., 2017 г.) Aspen-birch forests (54.8723° N, 83.2449° E, 2017)	7	5,4	0,45	-	-	68,0	28,0
Поселки (54,7693° с. ш., 83,2269° в. д., 2017 г.) Settlements (54.7693° N, 83.2269° E, 2017)	8	7,0	0,32	126,6	-	0,0	52,0
Осиново-березовые леса (54,7570° с. ш., 83,2868° в. д., 2017 г.) Aspen-birch forests (54.7570° N, 83.2868° E, 2017)	10	3,5	0,50	0,0	-	80,0	6,0
Осиново-березовые леса (54,7934° с. ш., 83,4126° в. д., 2017 г.) Aspen-birch forests (54.7934° N, 83.4126° E, 2017)	19	5,9	0,70	0,0	-	78,0	30,0
Осиново-березовые леса (54,8277° с. ш., 83,6476° в. д., 2017 г.) Aspen-birch forests (54.8277° N, 83.6476° E, 2017)	29	6,6	0,62	0,0	-	54,0	54,0
Поселки (54,8448° с. ш., 83,6903° в. д., 2017 г.) Settlements (54.8448° N, 83.6903° E, 2017)	35	2,7	0,16	106,7	-	0,0	0,0
Поля, перелески (55,1065° с. ш., 81,9505° в. д., 2017 г.) Fields, woods (55.1065° N, 81.9505° E, 2017)	60	4,3	0,51	0,0	-	48,0	0,0
Поля, перелески (55,124° с. ш., 81,3597° в. д., 2017 г.) Fields, woods (55.124° N, 81.3597° E, 2017)	90	3,4	0,35	-	-	16,0	8,0
Рям Барабинского типа, Кузнецкий рям (55,1649° с. ш., 81,3244° в. д., 2014 г.) Ryam Barabinskiy type, Kuznetskiy Ryam (55.1649° N, 81.3244° E, 2014)	95	1,5	0,42	0,0	-	-	-

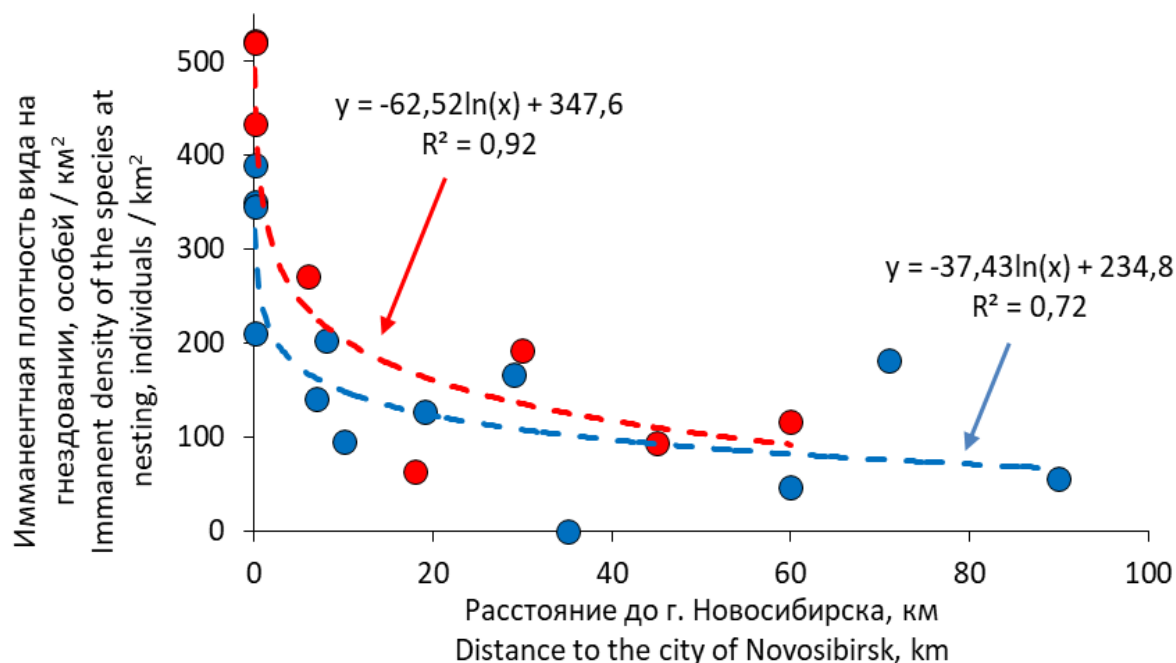


Рисунок 1. Связь средней имманентной плотности большой синицы в период гнездования в зависимости от расстояния до крупного города (Новосибирск) в 2017 году (красный ряд) и в 2018 году (синий ряд)

Figure 1. Relationship between the average immanent density of the Great Tit during the nesting period depending on the distance to a large city (Novosibirsk) in 2017 (red row) and 2018 (blue row)

Максимальная имманентная плотность вида в период гнездования наблюдается в черте города, а минимальная – в удалённых от города выделах. Выявленная зависимость позволяет заключить, что птицы стремятся покинуть места зимовок и выбирают наиболее пригодные места для гнездования в непосредственной близости от мест зимовок. Большая синица преодолевает некоторое расстояние от мест зимовки, занимая сначала места, близлежащие к

местам зимовки, а затем и более удалённые места. Местами концентрации большой синицы на зимовке являются населённые пункты, в особенности, крупные города.

Для того чтобы учесть большую часть мест зимовок этого вида, необходимо принять во внимание зимовки не только в крупном городе, но и в мелких населённых пунктах. Суммарную ёмкость потенциальных зимовок большой синицы можно

оценить количеством живущих в определённом радиусе людей. Распределение большой синицы показало высокие уровни связи с количеством живущих людей в радиусе 10, 15, 20, 25, 30 км от учётной площади. Наибольшая информативность достигается при сопоставлении плотности популяции большой синицы с количеством проживающих людей в радиусе 25 км от учётной площади, которые характеризуют потенциальную ёмкость зимовок этого вида (рис. 2). Именно при этом радиусе результаты наблюдений наилучшим образом распределяются по оси абсцисс графика. Так как выборки в отдельные годы отличаются друг от друга количеством проб и распределением этих проб по вариации фактора, то на рисунке отдельные годы выделены разными цветами. Линия тренда,

аппроксимирующая данные по всем годам наблюдений, показывает уменьшение имманентной плотности большой синицы на гнездовании при уменьшении уровня урбанизации (количества проживающих в радиусе 25 км людей). Радиус в 25 км выбран также и потому, что, согласно рис. 1, птицы совершают наиболее активные перемещения не более чем на 20 км. Подобный подход, когда учитывается влияние всех потенциальных мест зимовок, позволяет увеличить точность моделирования и лучше различать учётные площади, находящиеся между несколькими средними и мелкими населёнными пунктами, но вдали от крупного города, от учётных площадей, которые находятся хоть и ближе к крупному городу, но в радиусе 25 км остаются малонаселёнными человеком.

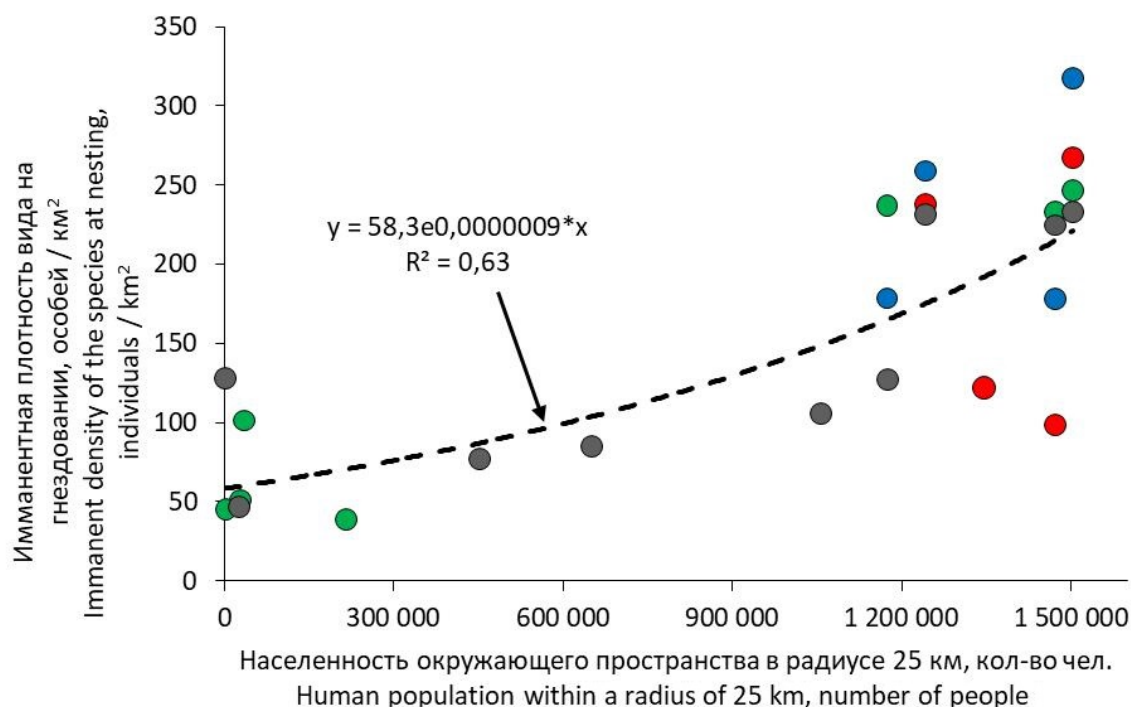


Рисунок 2. Связь средней имманентной плотности большой синицы на гнездовании с уровнем урбанизации (количество проживающих людей в радиусе 25 км от учётной площади)

Красным обозначен – 2014 год, зеленым – 2016 год, черным – 2017 год, синим – 2018 год

Figure 2. Relationship between the average immanent density of the Great Tit during nesting period and the level of urbanization (the number of people living within a radius of 25 km from the sample site)

The year 2014 is in red, 2016 is in green, 2017 is in black and 2018 is in blue

Следует обратить внимание на следующее. В городской черте и в непосредственной близости от крупного города плотность вида находится на высоком уровне, а затем уменьшается при удалении от населённых пунктов.

Формализовано зависимость имманентной плотности большой синицы от населённости окружающего пространства можно выразить следующим уравнением:

$$N_{int} = 58,3 * e^{0,0000009 * F_{25}} \quad (1)$$

где N_{int} – имманентная плотность вида на гнездовании, F_{25} – кол-во человек, проживающих в радиусе 25 км вокруг учётной площади, $R^2 = 0,63$. Уравнение показывает, что при отсутствии человека в непосредственной близости, имманентная плотность вида на территории исследования всё равно будет принимать значения около 58 особей/км².

Имея в распоряжении карту населённости человеком территории исследования и определив долю пригодной топоархитектуры, можно рассчитать наблюдаемую плотность вида на гнездовании по формуле 2.

$$N_{in emp} = 58,3 * e^{0,0000009 * F_{25}} * F_{top} \quad (2)$$

где $N_{in emp}$ – наблюдаемая эмпирическая плотность вида на гнездовании, F_{25} – кол-во человек, проживающих в радиусе 25 км вокруг учётной площади, F_{top} – доля площади, занятая топоархитектурой типа «полюсье». Результат моделирования можно представить в виде картографической модели, иллюстрирующей пространственную неоднородность наблюдаемой плотности большой синицы в период гнездования (рис. 3).

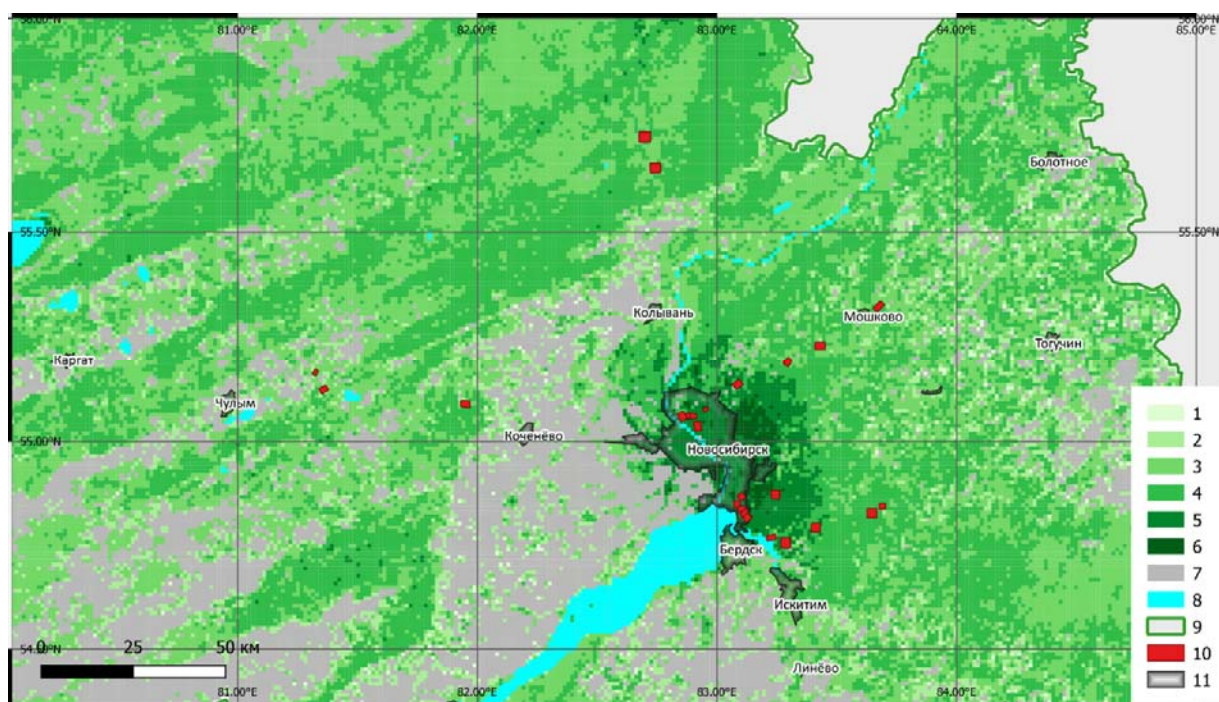


Рисунок 3. Результат моделирования пространственного распределения большой синицы на гнездовании
Плотность популяции большой синицы: 1 – 0-5 особей/км²; 2 – 5-10 особей/км²; 3 – 10-25 особей/км²; 4 – 25-50 особей/км²; 5 – 50-100 особей/км²; 6 – 100-220 особей/км²; 7 – участки с долей пригодной топоархитектуры типа «попесье» меньше 0,07; 8 – водные поверхности; 9 – граница Новосибирской области; 10 – учётные площади; 11 – населённые пункты.
Размер ячейки карты – 1 км²

Figure 3. The result of modeling the spatial distribution of the Great Tit during nesting period
Population density of the Great Tit: 1 – 0-5 individuals/sq km; 2 – 5-10 individuals/sq km; 3 – 10-25 individuals/sq km; 4 – 25-50 individuals/sq km; 5 – 50-100 individuals/sq km; 6 – 100-220 individuals/sq km; 7 – areas with a cover of suitable «field-forest» topoarchitectural type less than 0.07; 8 – water surfaces; 9 – border of the Novosibirsk region; 10 – sample sites; 11 – cities and settlements (labelled in Russian on the map). Cell size is 1 sq km

Территории, которые по тем или иным причинам являются непригодными для большой синицы, на данной карте отображены серым и голубым цветом. Эта карта является информационной основой для дальнейшего анализа. Оценка достоверности модели показала, что наблюдаемые значения плотности вида хорошо соотносятся со значениями, рассчитанными из модели ($r=0,87$, $R^2=0,75$).

ВЫВОДЫ

Большие синицы, покидая места благоприятных зимовок, в первую очередь занимают близлежащие леса, пригодные для гнездования, и, если им не удастся занять ближайший к месту зимовки репродуктивный участок, они продолжают перемещение и занимают более удалённые от мест зимовок территории.

В заключении можно сформулировать следующие выводы.

1. Плотность населения большой синицы в гнездовой период при прочих равных условиях определяется расстоянием от мест успешной зимовки и зимней ёмкостью среды на зимовках.
2. Максимальная имманентная плотность в гнездовой период там, где на обширной площади представлены благоприятные условия зимовки (мегаполис и агломерация). При удалении от этой территории имманентная плотность вида экспоненциально снижается и далее 20 км этот тренд становится недостоверным.
3. По сравнению с дальними мигрантами расстояние, на котором выявляется воздействие района массовых

зимовок на гнездовую плотность большой синицы, на 2 порядка меньше (тысячи километров у дальних мигрантов против десятков километров у большой синицы).

Кроме этого, в ходе исследования получены уравнения регрессии, которые позволяют определить плотность вида на необследованную территорию.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарность В.А. Юдкину за помощь в сборе материала, за ценные советы и замечания по тексту рукописи.

ACKNOWLEDGMENT

The author thanks V.A. Yudkin for assistance in collecting bird census data as well as for valuable comments and guidance in manuscript preparation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Golawski A. et al. Does the sex and age of birds and the size of human settlements affect recapturing of the Great Tit (*Parus major*) at bird feeders? // Behavioural Processes. 2019. V. 162. P. 162-166. DOI: 10.1007/s11356-015-4723-0
2. Tryjanowski P. et al. Urban and rural habitats differ in number and type of bird feeders and in bird species consuming supplementary food // Environmental Science and Pollution Research. Springer, 2015. V. 22. N 19. P. 15097-15103. DOI: 10.1007/s11356-015-4723-0
3. Newton I. Population limitation in birds. Academic press, 1998. 597 p.
4. Козлов Н.А. Птицы Новосибирска: Пространственно-временная организация населения. Новосибирск: Наука, 1988. 77 с.

5. Цыбулин С.М. Птицы диффузного города: на примере новосибирского Академгородка. Новосибирск: Наука, 1985. 169 с.
6. Юдкин Д.В., Юдкин В.А. Распределение большой синицы в Новосибирске в период зимовки // Беркут. 2002. Т. 11. N 1. С. 98-104.
7. Фролов И.Г. Годовая динамика распределения дендрофильных птиц – ближних мигрантов в г. Новосибирске // Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: биология. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2015. 77 с.
8. Bejer B., Rudemo M. Fluctuations of tits (Paridae) in Denmark and their relations to winter food and climate // *Ornis Scandinavica*. 1985. V. 16. N 1. P. 29-37. DOI: 10.2307/3676572
9. Юдкин В.А. Экологические аспекты географии птиц Северной Евразии. Новосибирск: Наука, 2009. 416 с.
10. Жимулёв И.Ф. Орнитофауна Новосибирского Академгородка. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2017. 512 с.
11. Юдкин В.А. Организация пространственного распределения птиц в репродуктивный период. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 105 с.
12. Hayne D.W. An examination of the strip census method for estimating animal populations // *The Journal of Wildlife Management*. 1949. T. 13. N 2. P. 145-157. DOI: 10.2307/3796084
13. Равкин Ю.С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. N 7. С. 66-75.
14. Равкин Ю.С., Доброхотов Б.П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130-136.
15. Юдкин В.А., Ефремова О.В. Зоология позвоночных. Учебная полевая практика. Методическое пособие. Новосибирский государственный университет. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2008. 104 с.
16. Лучицкая И.О., Белая Н.И., Арбузов С.А. Климат Новосибирска и его изменения. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014. 224 с.
17. Юдкин В.А. Птицы подтаёжных лесов Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2002. 488 с.
18. Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm. (дата обращения: 31.10.2021)
19. Российский портал Open Street Map. URL: <http://openstreetmap.ru>. (дата обращения: 31.10.2021)
5. Tsybulin S.M. *Ptitsy diffuznogo goroda: Na primere novosibirskogo Akademgorodka* [Birds of a diffuse city: on the example of the Novosibirsk Akademgorodok]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, 169 p. (In Russian)
6. Yudkin D.V., Yudkin V.A. Distribution of the Great Tit in Novosibirsk during the wintering period. *Berkut* [Golden eagle]. 2002, vol. 11, no. 1, pp. 98-104. (In Russian)
7. Frolov I.G. Godovaya dinamika raspredeleniya dendrofil'nykh ptits – blizhnikh migrantov v g. Novosibirske [The annual dynamics of the dendrophilous short-distant migratory birds distribution in Novosibirsk]. *Materialy 53-i Mezhdunarodnoi nauchnoi studencheskoi konferentsii MNSK-2015: biologiya, Novosibirsk, 2015* [Proceedings of the 53rd International Scientific Student Conference ISSC-2015: Biology]. Novosibirsk, 2015, 77 p. (In Russian)
8. Bejer B., Rudemo M. Fluctuations of tits (Paridae) in Denmark and their relations to winter food and climate. *Ornis Scandinavica*, 1985, vol. 16, no. 1, pp. 29-37. DOI: 10.2307/3676572
9. Yudkin V.A. *Ekologicheskie aspekty geografii ptits Severnoi Evrazii* [Ecological aspects of the geography of birds in Northern Eurasia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009, 416 p. (In Russian)
10. Zhimulev I.F. *Ornitoфауна Novosibirskogo Akademgorodka* [The avifauna of the Novosibirsk Akademgorodok]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2017, 512 p. (In Russian)
11. Yudkin V.A. *Organizatsiya prostranstvennogo raspredeleniya ptits v reproductivnyi period* [Organization of the spatial distribution of birds during the breeding period]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Branch «Geo» Publ., 2000, 105 p. (In Russian)
12. Hayne D.W. An examination of the strip census method for estimating animal populations. *The Journal of Wildlife Management*, 1949, vol. 13, no. 2, pp. 145-157. DOI: 10.2307/3796084
13. Ravkin Yu.S. To the method of obtaining bird census data in forest landscapes. In: *Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altae* [The nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai]. Novosibirsk, 1967, no. 7, pp. 66-75. (In Russian)
14. Ravkin Yu.S., Dobrokhoto B.P. To the method of bird census data in forest landscapes during out-of-nesting time (out of a breeding season). In: *Organizatsiya i metody ucheta ptits i vrednykh gryzunov* [Organization and census data methods for birds and harmful rodents]. Moscow, 1963, pp. 130-136. (In Russian)
15. Yudkin V.A., Efremova O.V. *Zoologiya pozvonochnykh* [Zoology of vertebrates]. Novosibirsk, NSU Publ., 2008, 104 p. (In Russian)
16. Luchitskaya I.O., Belaya N.I., Arbuzov S.A. *Klimat Novosibirska i ego izmeneniya* [The climate of Novosibirsk and its changes]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2014, 224 p. (In Russian)
17. Yudkin V.A. *Ptitsy podtaezhnykh lesov Zapadnoi Sibiri* [Birds of the hemiboreal forests of Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2002, 488 p. (In Russian)
18. *Chislennost' naseleniya Rossii, federal'nykh okrugov, sub"ektov Rossiiskoi Federatsii, gorodskikh okrugov, munitsipal'nykh raionov, gorodskikh i sel'skikh poselenii* [The population of Russia, federal districts, constituent entities of the Russian Federation, urban districts, municipal districts, urban and rural settlements]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm (accessed 31.10.2021)
19. *Rossiiskii portal Open Street Map* [Russian portal Open Street Map]. Available at: <http://openstreetmap.ru>. (accessed 31.10.2021)

REFERENCES

1. Golawski A. et al. Does the sex and age of birds and the size of human settlements affect recapturing of the Great Tit (*Parus major*) at bird feeders? *Behavioural Processes*, 2019, vol. 162, pp. 162-166. DOI: 10.1007/s11356-015-4723-0
2. Tryjanowski P. et al. Urban and rural habitats differ in number and type of bird feeders and in bird species consuming supplementary food. *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, vol. 22, no. 19, pp. 15097-15103. DOI: 10.1007/s11356-015-4723-0
3. Newton I. Population limitation in birds. Academic press, 1998, 597 p.
4. Kozlov N.A. *Ptitsy Novosibirska: Prostranstvenno-vremennaya organizatsiya naseleniya* [Birds of Novosibirsk: Spatial-temporal population organization]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 77 p. (In Russian).

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Иван Г. Фролов собрал, провел анализ данных и подготовил текст рукописи. Автор несет ответственность за плагиат, самоплагиат и другие неэтические проблемы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ivan G. Frolov collected, performed data analysis and wrote the manuscript. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Иван Г. Фролов / Ivan G. Frolov <https://orcid.org/0000-0002-7907-9166>

Оригинальная статья / Original article
УДК 564.3+546.3; 577.4 (20)
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

Особенности накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац

Варужан С. Оганесян¹, Лаура Д. Арутюнова¹, Людмила С. Мирумян¹,
Мадина З. Магомедова², Патимат Д. Магомедова², Татев Э. Погосян³

¹Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА, Ереван, Республика Армения

²ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия

³Армянский государственный педагогический университет, Ереван, Республика Армения

Контактное лицо

Варужан С. Оганесян, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Научного центра зоологии и гидроэкологии НАН РА; 0014 Республика Армения, г. Ереван, ул. П. Севака, 7. Тел. +375091363849
Email varugh_zool52@mail.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>

Формат цитирования

Оганесян В.С., Арутюнова Л.Д., Мирумян Л.С., Магомедова М.З., Магомедова П.Д., Погосян Т.Э. Особенности накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 37-41. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

Получена 7 февраля 2022 г.
Прошла рецензирование 21 марта 2022 г.
Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов в организме брюхоногих моллюсков-слизней (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац, а именно, проведение количественного анализа тяжелых металлов в почве разных пунктов горного массива Арагац и в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniacae*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*), а также принципов биогенной миграции тяжелых металлов по системе почва–растение–животное (слизни) и определения роли слизней в этой миграции в наземных экосистемах.

Материал и методика. Материалом для данного исследования послужили слизни, собранные из разных точек южного склона горного массива Арагац. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) в организме моллюсков определялось методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии AAS extraction & ISO-8288. Определены также особенности биологической аккумуляции тяжелых металлов в организме моллюсков.

Результаты. Брюхоногие моллюски (Molluska: Limacidae) в своем организме активно накапливают тяжелые металлы (особенно Cu, Zn, Ca) и играют определенную роль в их передаче по пищевым цепям. Слизни, обитая в верхних горизонтах почв (мезофауна), под камнями и растительным опадом, активно реагируют на малейшие изменения среды и являются ее биондикаторами.

Заключение. Обитающие в почве слизни, являются важным звеном биогенной миграции тяжелых металлов. Выявлена обратная зависимость между валовым и подвижным количеством тяжелых металлов в миграции по системе: почва–растение–организм.

Ключевые слова

Тяжелые металлы, Molluska, Limacidae, Арагац, биологическое накопление, миграция.

Specific features of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Molluska: Limacidae) of the southern slope of the Aragats mountain range

Varuzhan S. Hovhannisyan¹, Laura D. Arutyunova¹, Lyudmila S. Mirumyan¹,
Madina Z. Magomedova², Patimat D. Magomedova² and Tatev E. Poghosyan³

¹Scientific Centre of Zoology and Hydroecology, National Academy of Sciences, Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Armenian State Pedagogical University, Yerevan, Republic of Armenia

Principal contact

Varuzhan S. Hovhannisyan, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Zoology and Hydroecology; 7, P. Sevak St, Yerevan, Republic of Armenia 0014.

Tel. +375091363849

Email varugh_zool52@mail.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>

How to cite this article

Hovhannisyan V.S., Arutyunova L.D., Mirumyan L.S., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Poghosyan T.E. Specific features of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Molluska: Limacidae) of the southern slope of the Aragats mountain range. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 37-41. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

Received 7 February 2022

Revised 21 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. The aim of this work is the study of the specifics of accumulation of heavy metals in the body of gastropod mollusks - slugs (Molluska: Limacidae) on the southern slope of the Aragats mountain range, namely, conducting a quantitative analysis of heavy metals in the soil of different points of the Aragats mountain range and in the body of slugs (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*), as well as the principles of biogenic migration of heavy metals according to the soil–plant–animal system (slugs) and determining the role of slugs in this migration in terrestrial ecosystems.

Material and Methods. Slugs collected from different points of the southern slope of the Aragats mountain range served as material for this study. The content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) in the body of the mollusks was determined by the Atomic Absorption Spectrophotometry method: AAS extraction & ISO-8288. The features of the biological accumulation of heavy metals in the body of mollusks were also determined.

Results. Gastropod mollusks (Molluska: Limacidae) actively accumulate heavy metals (especially Cu, Zn, Ca) in their bodies and play a certain role in their transfer through food chains. Slugs, living in upper soil horizons (mesofauna) and under stones and plant litter, actively respond to the slightest changes in the environment and are perspective objects allowing the detection of deviations in the functioning of soils and the natural complex as a whole.

Conclusion. Slugs living in the soil are an important link of the biogenic migration of heavy metals. An inverse relationship was revealed between the total and removable number of heavy metals in migration through the system: soil–plant–organism.

Key Words

Heavy metals, Molluska, Limacidae, Aragats, biological accumulation, migration.

ВВЕДЕНИЕ

Южный склон горного массива Арагац граничит с северо-западной частью Араратской равнины и влияет на формирование климата равнины. Из склонов г. Арагац в сторону равнины вытекает множество родниковых ручьев, которые имеют большое значение в системе орошения и водоснабжения населения Араратской равнины. Вертикальные ландшафты горного массива Арагац обеспечивают необходимые условия для развития множества видов растений и животных. Вышесказанное аргументирует важность изучения экологической ситуации и биоразнообразия горного массива [1; 2].

Биогенная миграция тяжелых металлов в почвенной среде происходит с помощью растений и животных: олигохет, насекомых и их личинок, в том числе и слизней (Limacidae). Слизни, обитая в верхних горизонтах почв (мезофауна), под камнями и растительным опадом, активно реагируют на малейшие изменения среды и являются перспективными объектами, позволяющими обнаружить отклонения в функционировании почв и природного комплекса в целом [3-5].

Накапливаясь в верхних горизонтах почвы, тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo и др.), мигрируя по пищевым цепям: почва–растение–животное, накапливаются в организме животных [5], а отсюда, в качестве токсикантов, могут попасть в организм человека и вызывать у него генетические и другие отклонения [3; 4; 6].

Исследования наземных экосистем по определению роли слизней в биогенной миграции тяжелых металлов, проводились в г. Ванадзор (Лорийская область) [6]. Роль слизней в биогенной

миграции тяжелых металлов южного склона горного массива Арагац изучается впервые.

Целью работы является изучение динамики накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Mollusca: Limacidae) южного склона горного массива Арагац, выявления принципов биогенной миграции тяжелых металлов по системе почва–растение–животное (слизни) и изучение роли слизней в биогенной миграции тяжелых металлов наземных экосистем, а также проведение количественного анализа тяжелых металлов в почве разных пунктов горного массива Арагац и в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceus caucasicum*; *Limax flavus*).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для данного исследования послужили слизни, собранные из разных точек южного склона горного массива Арагац: Каменное озеро (3207 м над у.м.), Амберд (2300 м над у.м.), Бюраканский лес (1600-1750 м над у.м.), Бюракан (1475 м над у.м.), Оргов-Дзорап (1630 м над у.м.), Памятник Армянскому алфавиту (1750), Апаран (1880 м над у.м.) в период 2015-2021 гг. (рис. 1).

Материал в живом виде (свыше 40 проб) был передан в Центр Эколого-ноосферных исследований НАН РА. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) в организме моллюсков определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии AAS extraction & ISO-8288. Накопление тяжелых металлов (индекс интенсивности биологического накопления) рассчитан по формуле $кб = \frac{Б}{П}$, где Б – количество тяжелых металлов в организме, П – количество тяжелых металлов в почве [7].



Рисунок 1. Карта южного склона горного массива Арагац:

1 – Каменное озеро, 2 – Амберд, 3 – Бюракан, 4 – Оргов-Дзорап, 5 – Бюраканский лес, 6 – Памятник Армянскому алфавиту, 7 – Апаран

Figure 1. Map of the southern slope of the Aragats mountain range:

1 – Stone Lake, 2 – Amberd, 3 – Byurakan, 4 – Orgov-Dzorap, 5 – Byurakan forest, 6 – Monument to the Armenian alphabet, 7 – Aparan

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемых пунктах южного склона горного массива Арагац, под камнями среднего размера обнаружено три вида слизней – *Limax flavus* (Linnaeus, 1758), *Vitrinoides monticola* (Simroth, 1886) и *Deroceras caucasicum* (Simroth, 1901). Химический анализ слизней показал, что жизнедеятельность слизней проходит под влиянием состава среды.

В статье приведены данные результатов атомно-абсорбционного анализа количества химических элементов (Pb, Cu, Zn, Ca, Mo) в почве (на глубине 20 см), откуда были собраны слизи. Сравнительный анализ показал, что количество тяжелых металлов в организме слизней зависит от их содержания в почве (табл. 1).

Таблица 1. Количество тяжелых металлов в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*) и в почве из разных пунктов горного массива Арагац
Table 1. Number of heavy metals in the body of slugs (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*) and in the soil from different points of the Aragats mountain range

	Cu	Pb	Zn	Ca	Mo
Каменное озеро / Stone lake					
Слизень / Slug	0,670	0,072	0,012	0,0011	0,013
Почва / Soil	20,0	13,4	68,8	57,6	1,58
КБ / Biological accumulation coefficient (BAC)	0,0335	0,0053	1,744	1,909	0,0082
Амберд / Amberd					
Слизень / Slug	0,788	0,078	0,026	0,0015	0,020
Почва / Soil	23,1	11,9	96,6	95,9	0,27
КБ / BAC	0,034	0,065	2,69	1,56	0,074
Бюраканский лес / Byurakan forest					
Слизень / Slug	0,511	0,066	0,010	0,0010	0,014
Почва / Soil	18,5	11,5	68,8	66,8	0,05
КБ / BAC	0,027	0,005	0,001	1,497	0,28
Бюракан / Byurakan					
Слизень / Slug	4,8	5,21	2,58	0,0023	0,029
Почва / Soil	24,8	17,8	87,0	84,3	0,49
КБ / BAC	0,193	0,292	0,029	2,728	0,059
Оргов-Дзорап / Orgov-Dzorap					
Слизень / Slug	0,499	0,048	0,011	0,009	0,012
Почва / Soil	27,7	10,8	55,1	64,7	0,05
КБ / BAC	0,018	0,0044	1,996	1,391	0,24
Памятник Армянскому алфавиту / Monument to the Armenian alphabet					
Слизень / Slug	3,74	4,88	2,1	0,015	0,77
Почва / Soil	29,3	14,8	61,0	77,5	1,12
КБ / BAC	0,127	0,329	0,034	1,935	0,685
Апаран / Aparan					
Слизень / Slug	3,66	5,55	0,012	0,008	0,011
Почва / Soil	25,7	10,2	54,4	66,2	0,05
КБ / BAC	0,142	0,544	2,205	1,208	0,22

В пункте Бюракан максимальное содержание меди в организме слизней составляет 4,8 мг/кг, в почве 24,8 мг/кг, а КБ составляет 0,193 мг/кг.

Содержание свинца в организме слизней в пункте Апаран составляет 5,55 мг/кг, в почве 10,2 мг/кг, КБ = 0,544, а в пункте Бюракан – 5,21 мг/кг, и 17,8 мг/кг соответственно, КБ = 0,292.

Минимальное количество свинца в организме слизней зарегистрировано в материале из пункта Оргов-Дзорап (0,048 мг/кг) и в Бюраканском лесу (0,066 мг/кг), где в почве содержание свинца довольно высокое – 10,8 мг/кг и 11,5 мг/кг соответственно, КБ = 0,0044 мг/кг и 0,005 мг/кг.

В пунктах Бюракан максимальное содержание цинка в организме слизней составляет 2,58 мг/кг, в почве – 87,0 мг/кг, КБ = 0,029 мг/кг, а в пункте Памятник Армянскому алфавиту – 61,0 мг/кг, 2,1 мг/кг соответственно, КБ = 0,034 мг/кг.

Минимальное количество цинка в организме слизней зарегистрировано в материале, собранном из

пунктов Бюраканский лес (0,10 мг/кг) и Оргов-Дзорап (0,011 мг/кг). В Апаране и участке Каменное озеро оно составляет 0,012 мг/кг, а в Амберде – 0,026 мг/кг соответственно, где в почве содержание цинка довольно высокое и в Бюраканском лесу составляет 68,8 мг/кг, в пункте Оргов-Дзорап – 55,1 мг/кг соответственно, а КБ составляет 0,001 мг/кг и 1,996 мг/кг.

Максимальное содержание кальция, в организме слизней в пункте Памятник Армянскому алфавиту составляет 0,015 мг/кг, в почве – 77,5 мг/кг, а КБ = 1,935 мг/кг.

В пункте Бюраканский лес минимальное содержание кальция в слизнях составляет 0,0010 мг/кг, в почве – 66,8 мг/кг, а КБ = 1,497 мг/кг.

В пункте Памятник Армянскому алфавиту Максимальное содержание молибдена в организме слизней составляет 0,77 мг/кг, в почве – 0,05 мг/кг, а КБ = 0,685 мг/кг.

Минимальное количество молибдена (0,011 мг/кг) в организме слизней зарегистрировано в материале, собранном из пункта Апаран, где в почве содержание Мо довольно высокое и составляет 0,05 мг/кг, а Кб = 0,22 мг/кг.

По данным таблицы 1, слизи наиболее интенсивно накапливают Си и Рб в средних и нижних пунктах горного массива рядом с населенными пунктами – Апаран, Бюракан и Памятник Армянскому алфавиту, а в высокогорных пунктах Каменное озеро, Амберд и Бюраканский лес, их накопление в организме слизней значительно меньше. Zn, Ca и Mo в организме моллюсков накапливаются с меньшей интенсивностью. Количество Zn сравнительно выше в пунктах Бюракан и Памятник армянскому алфавиту. По-видимому, количество тяжелых металлов в организме слизней связано с их содержанием в звеньях пищевой цепи почва–растение–слизень.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, согласно нашим исследованиям, одним из важных звеньев биогенной миграции тяжелых металлов, по системе почва–растение–животное, являются моллюски, которые накапливают в своем организме тяжелые металлы, приводят их в подвижное состояние, тем самым очищая верхние слои почвы от поллютантов. Выведенные из почвы, тяжелые металлы в дальнейшем по пищевым цепям могут попасть в другие экосистемы.

Процесс накопления металлов в организме моллюсков (Limacidae) происходит с разной интенсивностью; наблюдается обратная зависимость накопления тяжелых металлов в организме и в почве, т.е., чем больше количество металлов в почве, тем меньше их в организме и наоборот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марджанян М.А., Мирумян Л.С., Погосян Т.Э., Оганесян В.С. К энтомофауне южного склона горного массива Арагац // Материалы юбилейной XX международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и юга России», Махачкала, 6-8 ноября, 2018. С. 451-454.
2. Оганесян В.С., Мирумян Л.С., Арутюнова Л.Дж. Вредители бюраканского леса // Материалы Всероссийского Форума с международным участием, Махачкала, 24-27 сентября, 2015. С. 338-341.
3. Покоржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. Москва: Наука, 1985. 300 с.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени участвовали в сборе и обработке материалов, анализе данных и их оформлении. Авторы несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

4. Барсов В.А., Пилипенко А.Ф., Жуков А.В., Кульбачко Ю.Л. Сезонные, годовые и вызванные антропогенные факторы изменения структуры популяций почвенных и наземных беспозвоночных животных в некоторых биогенноценозах центрального степного Приднестровья // Вестник Днепропетровского университета. 1996. Вып. 2. С. 177-184.
5. Бутковский Р.О. Тяжелые металлы и энтомофауна // Агрохимия. 1984. N 5. С. 14-18.
6. Хачатрян К.С., Оганесян В.С., Арутюнова Л.Дж. Динамика накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Mollusca: Limacidae) в г. Ванадзор // Биологический журнал Армении. 2011. Т. 3. N 63. С. 42-46.
7. Հովհաննիսյան Վ.Ս., Խաչատրյան Կ.Ս., Խաչատրյան Զ.Գ., Միրումյան Լ.Ս. Անողնաշարները որպես միջավայրի էկոտոքսիկոլոգիական իրավիճակի գնահատման բիոինդիկատորներ // Հայաստանի կենսաբանական հանդես. 2012. Т. 64. N 4. С. 6-10.

REFERENCES

1. Marjanyan M.A., Mirumyan L.S., Poghosyan T.E., Hovhannisyanyan V.S. K entomofaune yuzhnogo sklona gornogo massiva Aragats [To the entomofauna of the southern slope of the Aragats mountain range] *Materialy yubileinoi XX mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Biologicheskoye raznoobrazie Kavkaza i yuga Rossii»*, Makhachkala, 6-8 noyabrya 2018 [Proceedings of the XX Anniversary International Scientific Conference "Biological Diversity of the Caucasus and the South of Russia", Makhachkala, 6-8 November 2018]. Makhachkala, 2018, pp. 451-454. (In Russian)
2. Hovhannisyanyan V.S., Mirumyan L.S., Arutyunova L.J. Vrediteli byurakanskogo lesa [Pests of the Byurakan forest]. *Materialy vserossiyskogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem*, Makhachkala, 24-27 sentyabrya 2015 [Proceedings of the All-Russian Forum with international participation, Makhachkala, 24-27 September 2015]. Makhachkala, 2015, pp. 338-341. (In Russian)
3. Pokorzhewsky A.D. *Geokhimicheskaya ekologiya nezemnykh zhivotnykh* [Geochemical ecology of terrestrial animals]. Moscow, Nauka Publ., 1985, 300 p. (In Russian)
4. Barsov V.A., Pilipenko A.F., Zhukov A.V., Kul'bachko Yu.L. Seasonal, Annual and Anthropogenic Generated Factors of Changes in the Structure of Populations of Soil and Terrestrial Invertebrates in Some Biogenoceneses of the Central Steppe of the Pridnestrovie. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta* [Bulletin of the Dnepropetrovsk University]. 1996, no. 2, pp. 177-184. (In Russian)
5. Butovskiy R.O. Heavy Metals and Entomofauna. *Agrokhiya* [Agrochemistry]. 1984, no. 5, pp. 14-18. (In Russian)
6. Khachatryan K.S., Hovhannisyanyan V.S., Arutyunova L.Dzh. Dynamics of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Mollusca: Limacidae) in Vanadzor. *Biologicheskii zhurnal Armenii* [Biological Journal of Armenia]. 2011, vol. 3, no. 63, pp. 42-46. (In Russian)
7. Hovhannisyanyan V.S., Khachatryan K.S., Khachatryan H.G., Mirumyan L.S. Invertebrates as bioindicators for assessing the ecotoxicological status of the environment. *Hayastani kensabanakan handes* [Biological Journal of Armenia]. 2012, vol. 64, no. 4, pp. 6-10. (In Armenian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors actively participated in the collection and treatment of materials, data analysis and in the drafting of the manuscript. 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

Варужан С. Оганесян / Varuzhan S. Hovhannisyanyan <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>
 Лаура Д. Арутюнова / Laura D. Arutyunova <http://orcid.org/0000-0001-7814-6577>
 Людмила С. Мирумян / Lyudmila S. Mirumyan <http://orcid.org/0000-0003-2821-9795>
 Мадина З. Магомедова / Madina Z. Magomedova <http://orcid.org/0000-0001-8425-1664>
 Патимат Д. Магомедова / Patimat D. Magomedova <http://orcid.org/0000-0001-6072-1094>
 Татев Э. Погосян / Tatev E. Poghosyan <http://orcid.org/0000-0002-3640-9508>

Оригинальная статья / Original article
УДК 582.669.2 (58.006: 470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-42-51

Всхожесть семян и ростовая активность растений *Dianthus awaricus* Khar. в условиях Внутригорного Дагестана

Руслан М. Османов, Зиярат А. Гусейнова, Асият Н. Алибегова

Горный ботанический сад – обособленное подразделение Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Руслан М. Османов, младший научный сотрудник, Горный ботанический сад – обособленное подразделение Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75.
Тел. +79389868980
Email ru.osmanov@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>

Формат цитирования

Османов Р.М., Гусейнова З.А., Алибегова А.Н. Всхожесть семян и ростовая активность растений *Dianthus awaricus* Khar. в условиях Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 42-51. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-42-51

Получена 24 января 2022 г.
Прошла рецензирование 31 марта 2022 г.
Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме.

Цель. Изучение динамики роста растений *Dianthus awaricus* в полевых экспериментальных условиях и лабораторной всхожести семян, полученных в интродукционном эксперименте.

Материал и методы. Материалом для изучения служили образцы семян *D. awaricus*, собранные в природных популяциях по высотному экоклину от 820 до 1720 м над уровнем моря. Для изучения полевой всхожести и динамики роста растений был проведен посев семян *D. awaricus* на двух экспериментальных базах Горного ботанического сада (1100 и 1750 м над ур. моря). Оценка лабораторной всхожести была проведена с использованием семян, собранных на Цудахарской базе.

Результаты. Сравнительная характеристика средних значений длины побега и числа боковых ветвей исследованных образцов показала, что различия между популяциями достоверны. Различается и ежемесячный прирост у растений *D. awaricus* разных образцов. Помесячная изменчивость длины побега *D. awaricus* у испытанных образцов находится на высоком уровне, на экспрессивность которых, по всей видимости, существенное влияние оказывает комплекс экологических факторов. Изучение всхожести семян *D. awaricus* показало, что в лабораторных условиях она выше, чем в полевых экспериментальных. Наибольший процент всхожести семян отмечен у образца «Гуниб», в лабораторных – 64,0%, в полевых условиях на Цудахарской базе – 28,6%.

Выводы. Отмеченные различия по динамике роста у исследованных образцов *D. awaricus*, по-видимому, обусловлены комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды. Для образца «Цудахар» условия эксперимента и место сбора семенного материала были идентичными, для двух других образцов они оказались отличными от их природного местопроизрастания. Низкая полевая всхожесть семян *D. awaricus*, вероятно, объясняется отрицательным воздействием зимней засухи и неблагоприятных погодных условий в весеннее время года.

Ключевые слова

Dianthus awaricus, эндемик, всхожесть семян, динамика роста, интродукция, Внутригорный Дагестан.

Evaluation of seed germination and growth activity of plants of *Dianthus awaricus* Khar. in the conditions of inner mountain Dagestan

Ruslan M. Osmanov, Ziyarat A. Guseynova and Asiyat N. Alibegova

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

Principal contact

Ruslan M. Osmanov, Research Assistant, Mountain Botanical Garden, a separate division of the Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 75 M. Yaragskogo St., Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79389868980

Email ru.osmanov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>

How to cite this article

Osmanov R.M., Guseynova Z.A., Alibegova A.N. Evaluation of seed germination and growth activity of plants of *Dianthus awaricus* Khar. in the conditions of inner mountain Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 42-51. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-42-51

Received 24 January 2022

Revised 31 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. Study of the growth dynamics of *Dianthus awaricus* plants in field experimental conditions and of laboratory germination of seeds obtained in the introduction experiment.

Material and Methods. Samples of *D. awaricus* seeds collected in natural populations along the altitudinal ecocline from 820 to 1,720 m above sea level served as the material for the study. To study the field germination and growth dynamics of the plants, *D. awaricus* seeds were sown at two experimental bases of the Mountain Botanical Garden (at 1,100 and 1,750 m above sea level). Evaluation of laboratory germination was carried out using seeds collected at the Tsudakhar base.

Results. Comparative characteristics of the average values of the shoot length and the number of lateral branches of the studied samples showed that the differences between the populations are significant. The monthly increase in *D. awaricus* plants of different accessions also differs. Monthly variability of the shoot length of *D. awaricus* in the tested accessions is at a high level, the expressivity of which, apparently, is significantly affected by a complex of environmental factors. A study of the germination of *D. awaricus* seeds showed that it is higher under laboratory conditions than under experimental field conditions. The highest percentage of seed germination was observed in the "Gunib" sample: 64.0% in the laboratory and 28.6% in the field at the Tsudakhar base.

Conclusions. Differences were noted in growth dynamics in the studied samples of *D. awaricus* studied, apparently due to a complex of abiotic and biotic environmental factors. For the "Tsudakhar" samples the experimental conditions and place of collection of seed material were identical but for the other two samples they were different from their natural habitat. The low field germination of *D. awaricus* seeds is probably due to the negative impact of winter drought and adverse weather conditions in the spring.

Key Words

Dianthus awaricus, endemic, seed germination, growth dynamics, introduction, Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

Dianthus awaricus Khar. (гвоздика аварская) – травянистый многолетник высотой 10-30 см. Стебли простые, сизоватые, деревенеющие у основания, одиночные или их несколько. Листья линейно-ланцетовидные, длиной 2-4 см и шириной около 1 мм, заостренные, по краям шероховатые, при основании спаянные во влагалище длиной 2-3 мм. Цветки одиночные на верхушке стеблей; чашечка продолговато-цилиндрическая, длиной около 20 мм; прицветные чешуи яйцевидные, в числе 6-8, чуть длиннее середины чашечки; лепестки белые, по краю глубоко надрезанные. Цветение приходится на июнь–август, в культуре цветет со второго года жизни; плод представлен сухой коробочкой [1; 2].

Произрастает *D. awaricus* в известняковой части Центрального Дагестана (Центрально-Дагестанский, Предгорный, Буйнакский и Ахтыно-Кюринский флористические районы), в среднем горном поясе, до 2000 м над уровнем моря. Является эндемиком Восточного Кавказа. Состояние популяций вида уязвимое в связи с низкой всхожестью семян в естественных условиях произрастания [1; 3; 4].

D. awaricus – вегетативно неподвижный, стержнекорневой вид. Как известно, вегетативно неподвижные и вегетативно малоподвижные многолетние травянистые растения размножаются только семенами, в отличие от вегетативно подвижных, размножающихся преимущественно вегетативно, так как их естественное семенное размножение ограничено [5-7].

Ранее нами проводились исследования по изменчивости семенной продуктивности *D. awaricus* в центральных районах Дагестана (в природных условиях), в которых было выявлено, что «масса 100 семян» у данного вида увеличивается с набором высоты над уровнем моря [8].

В связи с вышеизложенным, актуально более детальное изучение вопросов связанных с репродуктивными особенностями *D. awaricus*, что возможно на экспериментальных участках Горного ботанического сада, где проводятся комплексные работы по оценке внутривидовой изменчивости и других биолого-экологических особенностей различных культиваров и природных образцов растений [9].

Целью настоящей работы является изучение динамики роста растений *Dianthus awaricus* в экспериментальных условиях и лабораторной всхожести семян, полученных в интродукционном эксперименте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для изучения служили образцы семян *D. awaricus*, собранные в 2019 году, в природных популяциях по высотному экоклину от 820 до 1720 м над уровнем моря (табл. 1).

Для изучения полевой всхожести и динамики роста растений в тот же год был проведен осенний посев семян *D. awaricus* на двух экспериментальных базах Горного ботанического сада, находящихся на разных высотных уровнях – Цудахарской, 1100 м над ур. моря (ЦЭБ) и Гунибской, 1750 м (ГЭБ) (рис. 1). Посев проводился в метровые деланки с междурядьями 35 см и глубиной заделки – 2-4 см. Весной 2020 года, после учета числа всходов и выпавших растений, ежемесячно проводились замеры длины побега и числа боковых ветвей, с апреля по сентябрь месяца.

Параметры температуры воздуха и относительной влажности на экспериментальных базах представлены в таблице 2. При проведении экспериментальных работ руководствовались общепринятыми методиками [11; 12], а также исследованиями по изучению прорастания семян в интродукции [13; 14]. Для оценки лабораторной всхожести были использованы семена, собранные в 2020 году на второй год жизни растений на Цудахарской базе (семенной материал с трех ценопопуляций: «Цудахар», «Гуниб» и «Агвали»), так как цветение и плодоношение растений на Гунибской базе наступило только на третий год, и было единичным, что не представляло достаточного семенного материала для проведения исследований. До начала опыта (март 2021 г.) семена хранились в холодильнике, при $t = -5^{\circ}\text{C}$. Проращивание семян проводилось согласно ГОСТу (Семена цветочных культур. Методы определения всхожести и энергии прорастания) [15] в чашках Петри, на увлажненной фильтровальной бумаге с предварительной обработкой семян 1%-ным раствором калия перманганата, при комнатной температуре воздуха $19-22^{\circ}\text{C}$. Опыт проводился в трехкратной повторности, по 100 семян в каждой.

Таблица 1. Характеристика пунктов сбора образцов**Table 1.** Characteristics of sample collection points

Географический пункт Geographical location	Экспозиция и крутизна склона, высота над уровнем моря, м Exposure and steepness of slope, height above sea level, m	Координаты Coordinates
Цумадинский район, окр. с. Агвали Tsumadinsky district, near the settlement of Agvali	S, 35°, 820	42° 37' 30" N 46° 8' 37" E
Левашинский район, окр. с. Цудахар Levashinsky district, near the village of Tsudakhar	SW, 30°, 1100	42° 21' 8" N 47° 9' 36" E
Гунибский район, окр. с. Гуниб Gunibsky district, near the settlement of Gunib	S, 30-40°, 1720	42° 24' 38" N 46° 55' 30" E



Рисунок 1. Измерение длины побега растений *Dianthus awaricus* в условиях полевого эксперимента
Figure 1. Measurement of shoot length of *Dianthus awaricus* plants in a field experiment

Таблица 2. Некоторые климатические параметры на экспериментальных базах Горного ботанического сада (май-август, 2020 г.) [10]

Table 2. Some climatic parameters at the experimental bases of the Mountain Botanical Garden (May-August, 2020) [10]

Параметры Parameters			Месяц / Month			
			Май May	Июнь June	Июль July	Август August
Температура воздуха, °C Temperature air, °C	$\bar{x}$	ЦЭБ / TsEB	15,4	20,7	22,1	18,2
		ГЭБ / GEB	13,5	18,2	19,4	15,9
	min	ЦЭБ / TsEB	5,6	10,4	14,6	10,5
		ГЭБ / GEB	3,6	8,0	10,1	5,8
	max	ЦЭБ / TsEB	31,5	32,1	34,6	29,3
		ГЭБ / GEB	29,0	29,5	34,1	27,0
Относительная влажность, % Relative humidity, %	$\bar{x}$	ЦЭБ / TsEB	56,0	47,0	56,0	63,0
		ГЭБ / GEB	59,0	51,0	62,0	76,0

Примечание: $\bar{x}$ – средняя температура воздуха; min – минимальное значение температуры; max – максимальное значение температуры

Note: $\bar{x}$ – average air temperature; min is the minimum temperature value; max is the maximum temperature value

Статистическая обработка полученных данных (корреляционный и дисперсионный анализы) проводилась с использованием программ Statistica v. 13.0. Уровни варьирования приняты по Зайцеву [16]: CV<10% – низкий, CV=11-20% – средний, CV>20% – высокий.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика средних значений длины побега и числа боковых ветвей, исследованных образцов *D. awaricus* представлена в таблице 3. Наименьшие средние показатели, как по длине побега, так и по числу боковых ветвей, за весь период наблюдений, отмечены у растений образца «Гуниб»

(1700 м). На завершающем этапе измерений (август месяц) они составляли, соответственно 15,4±1,15 и 5,3±0,71. Максимальные же средние значения наблюдались у образца «Цудахар» (1100 м), где длина побега достигала 23,1±1,90 см, а число боковых ветвей – 8,2±0,88 шт. Растения образца «Агвали» (820 м) характеризовались промежуточным положением по средним значениям (соответственно 16,0±0,88 и 5,4±0,65). Тогда как, в природных популяциях, с этих же пунктов средние значения длины побега *D. awaricus* намного выше, чем в нашем эксперименте и составляют в Агвали – 35,2, Цудахаре – 34,4, Гунибе – 39,3-40,5 см [17; 18].

В объединенной выборке средние помесечные значения длины побега растений *D. awaricus* за период наблюдений на Цудахарской базе колеблются в

пределах от 3,6±0,24 до 17,1±0,63 см, а число боковых ветвей – от 0,2±0,11 до 5,9±0,46 шт.

Таблица 3. Сравнительная характеристика образцов *Dianthus awaricus* по морфологическим признакам

Table 3. Comparative characteristics of *Dianthus awaricus* samples by morphological features

Месяц Month	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Range		CV, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Range		CV, %
		min	max			min	max	
		Длина побега Shoot length				Число боковых ветвей Number of branches		
«Цудахар» / «Tsudakhar» (n=6)								
Май / May	5,5±0,93	3,2	8,5	41,4	1,0±0,63	0,0	4,0	41,4
Июнь / June	15,8±1,20	12,2	19,2	21,0	2,7±0,76	1,0	6,0	70,0
Июль / July	19,7±1,60	15,0	26,0	19,7	5,3±0,88	2,0	8,0	40,5
Август / August	23,1±1,90	18,0	31,0	20,2	8,2±0,88	5,0	12,0	30,4
«Гуниб» / «Gunib» (n=12)								
Май / May	3,3±0,34	1,5	5,0	36,2	0,0±0,00	0,0	0,0	0,0
Июнь / June	8,4±0,61	5,0	12,0	25,5	1,0±0,31	0,0	3,0	100,0
Июль / July	11,1±0,80	7,4	15,6	24,8	3,0±0,42	0,0	5,0	49,2
Август / August	15,4±1,15	11,5	23,3	26,1	5,3±0,71	1,0	9,0	46,1
«Агвали» / «Agvali» (n=20)								
Май / May	3,3±0,34	1,5	5,0	26,7	0,0±0,00	0,0	0,0	0,0
Июнь / June	10,3±0,78	3,7	14,2	30,3	1,4±0,34	0,0	4,0	99,0
Июль / July	12,1±0,68	7,5	16,0	20,3	3,1±0,41	0,0	5,0	48,7
Август / August	16,0±0,88	12,0	23,5	20,0	5,4±0,65	1,0	9,0	44,0

Помесечная изменчивость длины побега *D. awaricus* у испытанных образцов находится на высоком уровне, с относительно большой амплитудой минимальных и максимальных значений, на экспрессивность которых существенное влияние оказывает комплекс экологических факторов.

Общий прирост растений у образцов *D. awaricus* за период наблюдений составляет по нарастающей «Гуниб» – «Агвали» – «Цудахар» (12,1; 12,7 и 17,6 см, соответственно). Различается и ежемесячный прирост у растений *D. awaricus* разных образцов. С мая по июнь максимальный прирост отмечается у растений образца «Цудахар» относительно образцов «Агвали» и «Гуниб» (10,3; 7,0; 5,1 см, соответственно). С июня по июль прирост растений уменьшается у всех образцов, причем у образца «Агвали» (820 м над ур. моря) он самый низкий (1,8 см), у образца «Гуниб» (1720 м) чуть выше и составляет 2,7 см, у образца «Цудахар» (1100 м) относительно других образцов выше – 3,9 см. Однако, в последующем (июль-август) у образца «Цудахар» прирост продолжает уменьшаться (3,4 см), а у образцов «Агвали» (3,9 см) и «Гуниб» (4,3 см) увеличивается.

Что же касается ветвления, оно происходит на протяжении всего периода наблюдений, максимальное число боковых ветвей отмечено у всех образцов в августе месяце, при этом растения у образца «Цудахар» более ветвистые, со средним значением числа ветвей, равным 8,2±0,88 и max их числом 12 шт.

Отмеченные различия, во всей видимости, связаны не только с температурой воздуха и влажностью (табл. 2), но и комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды. Для образца «Цудахар» условия эксперимента и место сбора семенного материала являлись идентичными, для двух других образцов, собранных с участков ниже (Агвали, 820 м) и выше (Гуниб, 1720 м) уровня экспериментального участка (Цудахарская база, 1100 м) они оказались отличными от их природного местообитания.

Результаты корреляционного анализа показывают, что учетные признаки положительно коррелируют между собой (на уровне $p \leq 0,5$) почти на весь период наблюдений, за исключением июня месяца (табл. 4).

Таблица 4. Корреляционный анализ учетных признаков *Dianthus awaricus*

Table 4. Correlation analysis of the considered traits of *Dianthus awaricus*

Признаки Traits	Май May	Июнь June	Июль July	Август August
Длина побега / Число боковых ветвей Shoot length / Number of branches	0,60*	0,33	0,64*	0,51*

По критерию Стьюдента подтверждена обособленность изучаемых образцов, например образца «Цудахар» от других, в наибольшей степени от «Гуниб». Наименьшие различия выявлены между образцами «Цудахар» и «Ботлих», а между «Гуниб» и «Ботлих» различия недостоверны как по длине побега, так и по числу боковых ветвей (табл. 5).

Проведен однофакторный дисперсионный анализ, были вычислены относительные компоненты дисперсии по месяцам (табл. 6). Наибольший вклад в межгрупповые различия вносит признак «длина побега» за июнь (47,7%), июль (41,3%) и август (39,6%) месяцы, несколько ниже вклад в различия обоих учетных признаков – «длина побега» (31,3%) и «число боковых ветвей» (29,6%) за май месяц.

Таблица 5. Достоверность различий между образцами *Dianthus awaricus* по t-критерию
Table 5. Significance of differences between *Dianthus awaricus* samples by t-test

Образцы (группы) Samples (groups)	Длина побега Length shoots	Число боковых ветвей Number of branches
Май / May		
«Цудахар» – «Гуниб» "Tsudakhar" – "Gunib"	2,76*	2,31*
«Цудахар» – «Ботлих» "Tsudakhar" – "Botlikh"	3,73**	3,03**
«Гуниб» – «Ботлих» "Gunib" – "Botlikh"	0,07	-
Июнь / June		
«Цудахар» – «Гуниб» "Tsudakhar" – "Gunib"	6,07***	2,30*
«Цудахар» – «Ботлих» "Tsudakhar" – "Botlikh"	3,71**	1,80
«Гуниб» – «Ботлих» "Gunib" – "Botlikh"	1,80	0,61
Июль / July		
«Цудахар» – «Гуниб» "Tsudakhar" – "Gunib"	5,47***	2,71*
«Цудахар» – «Ботлих» "Tsudakhar" – "Botlikh"	5,26***	2,65*
«Гуниб» – «Ботлих» "Gunib" – "Botlikh"	0,94	0,12
Август / August		
«Цудахар» – «Гуниб» "Tsudakhar" – "Gunib"	3,66**	2,30*
«Цудахар» – «Ботлих» "Tsudakhar" – "Botlikh"	3,90**	2,35*
«Гуниб» – «Ботлих» "Gunib" – "Botlikh"	0,42	0,05

Примечание: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

Note: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

Таблица 6. Результаты однофакторного дисперсионного анализа по двум признакам *Dianthus awaricus*
Table 6. Results of one-way analysis of variance for two traits of *Dianthus awaricus*

Признаки Traits	Источник изменчивости – «популяция» Source of variability – "population"			
	SS	MS	F – test	h ²
Май / May				
Длина побега / Length of shoots	25,80	12,90	7,96**	31,3
Число боковых ветвей / Number of branches	5,05	2,53	7,37**	29,6
Июнь / June				
Длина побега / Length of shoots	218,71	109,35	14,16***	47,7
Число боковых ветвей / Number of branches	10,50	5,25	2,80	15,3
Июль / July				
Длина побега / Length of shoots	325,22	162,61	19,68***	41,3
Число боковых ветвей / Number of branches	25,48	12,74	4,80*	25,5
Август / August				
Длина побега / Length of shoots	268,17	134,10	9,19***	39,6
Число боковых ветвей / Number of branches	38,13	19,10	3,24	18,8

Сила же влияния фактора на стадии завершения вегетационного периода (август) составила от 18,8% для числа боковых побегов и до 39,6% для длины побега (рис. 2).

По ГОСТу [13] всхожими считаются семена, способные прорасти в развитый проросток или корешок размером не менее длины семени. Процент всхожести демонстрирует жизнеспособность семян, и этот параметр является качественной характеристикой репродуктивной активности видов. По полученным данным, всхожесть семян *D. awaricus*, как и многих

других видов, в лабораторных условиях выше, чем в полевых. Наименьший процент всхожести семян у образца «Цудахар» в полевых условиях наблюдался на Гунибской базе (9,6%). Наибольший – отмечен у образца «Гуниб» как в лабораторных, так и в полевых условиях на Цудахарской базе (64,0% и 28,6%, соответственно). В полевых условиях на Цудахарской базе всхожесть семян этого образца составляет 6,6-28,6%, что почти в 10 раз ниже лабораторной (59-64%). Полевая всхожесть семян в интродукционном опыте отражена на диаграмме (рис. 3).

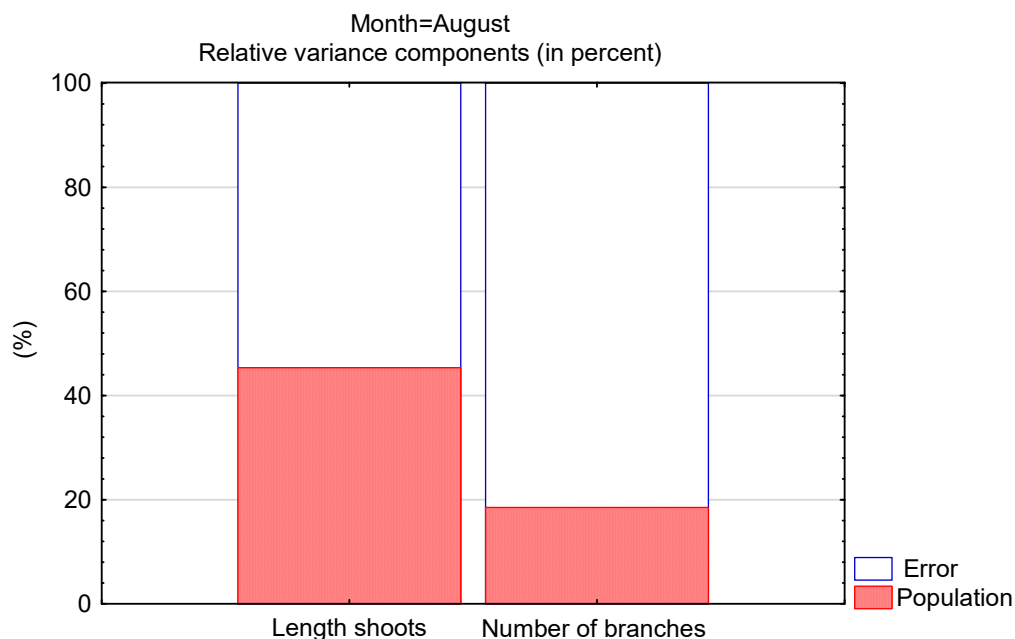


Рисунок 2. Компоненты дисперсии по фактору «популяция» для учетных признаков динамики роста *Dianthus awaricus* в условиях культивирования на Цудахарской экспериментальной базе
Figure 2. Dispersion components by “population” factor for the signs of the growth dynamics considered of *Dianthus awaricus* under cultivation conditions at the Tsudakhar experimental base

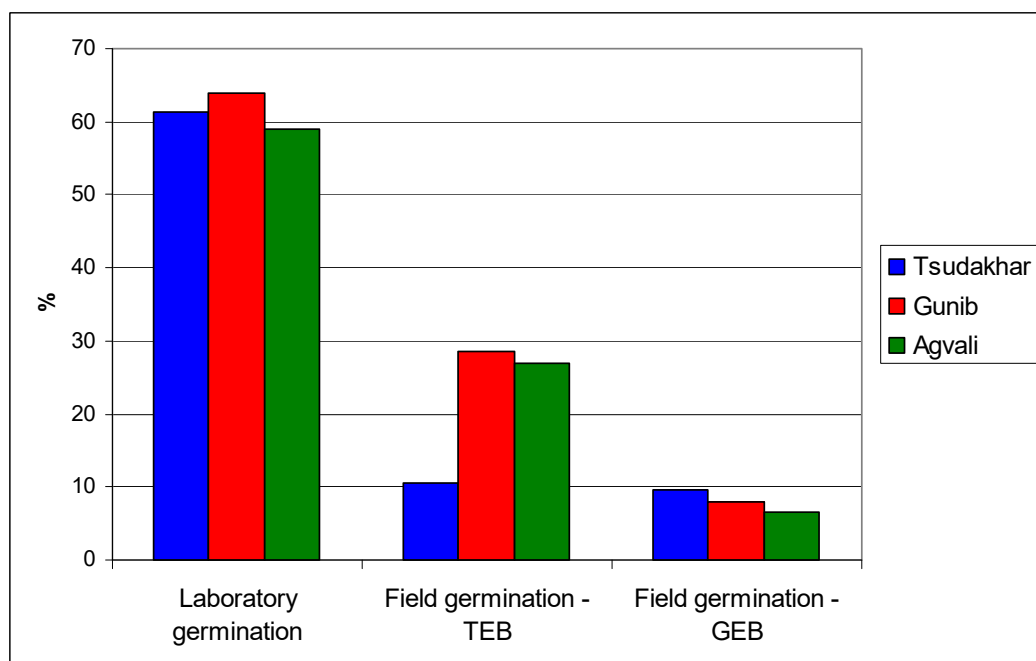


Рисунок 3. Всхожесть семян *Dianthus awaricus*
Figure 3. Germination of seed of *Dianthus awaricus*

Средние значения динамики прорастания семян относительно максимальной всхожести наибольшие в повторности №2 образца «Гуниб» ($5,1 \pm 0,75$), а наименьшие в повторности №3 образца «Цудахар» ($3,4 \pm 0,41$). Анализ изменчивости изученных образцов показал, что для всех повторностей варьирование по всхожести является высоким и очень высоким с небольшой амплитудой минимальных и максимальных значений (табл. 6).

В связи с тем, что при изучении прорастания семян использована относительно небольшая

повторность в опыте, нами приводятся данные вариантов всхожести семян. Такой подход подтверждается и при анализе публикаций с аналогичными исследованиями [19; 20].

Отмечен тренд на уменьшение всхожести семян от момента прорастания, о чем свидетельствует скачкообразный характер их прорастания в лабораторных условиях. По энергии прорастания семян существенные различия отсутствуют (рис. 4).

Таблица 6. Средние значения всхожести образцов *Dianthus awaricus*Table 6. Average germination values of *Dianthus awaricus* accessions

Повторности / образцы (n=14) Replicates / Samples (n=14)	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	Range		CV, %
		min	max	
«Цудахар» / “Tsudakhar”				
№ 1	4,8±0,89	2,0	13,0	68,4
№ 2	4,8±0,85	1,0	13,0	65,5
№ 3	3,4±0,41	1,0	7,0	46,1
«Гуниб» / “Gunib”				
№ 1	5,0±0,77	2,0	10,0	57,6
№ 2	5,1±0,75	1,0	9,0	54,9
№ 3	3,6±0,53	1,0	7,0	55,7
«Агвали» / “Agvali”				
№ 1	4,6±0,67	1,0	8,0	54,7
№ 2	4,4±0,76	1,0	12,0	64,3
№ 3	3,6±0,52	1,0	8,0	53,4
Общие средние значения / General averages				
«Цудахар» / “Tsudakhar”	4,4±0,62	1,7	9,7	53,4
«Гуниб» / “Gunib”	4,6±0,54	1,3	7,7	44,2
«Агвали» / “Agvali”	4,2±0,40	2,0	6,7	35,4
Σ	4,4±0,35	2,1	6,0	30,0

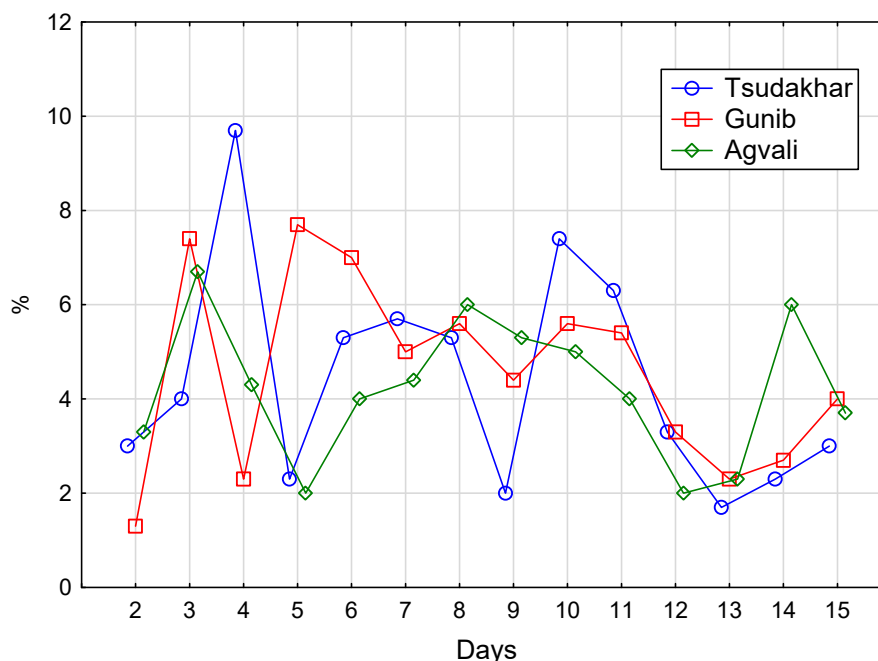


Рисунок 4. Динамика прорастания семян по дням учета (относительно максимальной всхожести)

Figure 4. Dynamics of seed germination by days (relative to the maximum germination)

Результаты сравнительного анализа подтверждены по критерию Стьюдента. Оценка достоверности различий, изучаемых образцов показала, что «Агвали» в высокой степени обособлен от остальных образцов, в наибольшей – от образца «Гуниб» ($t=0,60^*$). Наименьшие различия выявлены между образцами «Цудахар» – «Гуниб» ($t=0,24^*$).

ВЫВОДЫ

Сравнительная характеристика средних значений длины побега и числа боковых ветвей исследованных образцов показала, что различия между популяциями достоверны. Наименьшие средние показатели по изученным признакам за весь период наблюдений отмечены у растений образца «Гуниб» (1700 м).

Максимальные же средние значения наблюдались у образца «Цудахар» (1100 м).

Различается и ежемесячный прирост у растений *D. awaricus* разных образцов. На протяжении всего периода наблюдений у растений продолжается образование ветвей. Максимальное число боковых ветвей отмечено у всех образцов в августе месяце, при этом более ветвистые – растения у образца «Цудахар» ($8,2 \pm 0,88$). Помесячная изменчивость длины побега *D. awaricus* у испытанных образцов находится на высоком уровне, на экспрессивность которых, по всей видимости, существенное влияние оказывает комплекс экологических факторов.

Корреляционный анализ показал, что между изученными признаками существует положительная,

значимая на уровне $p \leq 0,5$ связь, почти на весь период наблюдений. Однофакторный дисперсионный анализ выявил, что наибольший вклад в межгрупповые различия вносит признак «длина побега» за июнь (47,7%), июль (41,3%) и август (39,6%) месяцы, несколько ниже вклад в различия обоих учетных признаков – «длина побега» (31,3%) и «число боковых ветвей» (29,6%) за май месяц. Отмеченные различия по динамике роста у исследованных образцов *D. awaricus*, во всей видимости, связаны не только с температурой воздуха и влажностью, но и с целым комплексом абиотических и биотических факторов окружающей среды. Для образца «Цудахар» условия эксперимента и место сбора семенного материала были идентичными, для двух других образцов, собранных с участков ниже (Агвали, 820 м) и выше (Гуниб, 1720 м) уровня экспериментального участка (Цудахарская база, 1100 м) они оказались отличными от их природного местообитания.

Изучение всхожести семян *D. awaricus* подтверждает, что в лабораторных условиях она выше, чем в полевых. Наименьший процент всхожести семян у образца «Цудахар» в полевых условиях отмечен на Гунибской базе (9,6%). Наибольший – у образца «Гуниб» как в лабораторных, так и в полевых условиях на Цудахарской базе (64,0% и 28,6%, соответственно). Низкая полевая всхожесть семян этого образца, возможно, объясняется отрицательным воздействием зимней засухи и неблагоприятных погодных условий в весеннее время года.

БЛАГОДАРНОСТЬ

1. Авторы благодарят с.н.с. Горного ботанического сада ДФИЦ РАН Анатова Д.М. за помощь в обработке математических данных.
2. Работа выполнена в рамках Государственного задания: тема «Экспериментальное изучение адаптивных механизмов внутривидовой изменчивости растений (FMSW-2022-0021)» с использованием УНУ «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль высотного градиента» Горного ботанического сада ДФИЦ РАН.

ACKNOWLEDGMENT

1. The authors express their gratitude to D.M. Anatova of the Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences for assistance in processing mathematical data.
2. The research was conducted in the framework of State Assignment: Subject «Experimental study of adaptive mechanisms of intraspecific variability of plants (FMSW-2022-0021)» using the USF «System of experimental bases located along the altitudinal gradient» Mountain Botanical Garden of the DFRC of RAS.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Махачкала: Издательский дом Эпоха, 2009. Т. 1. 319 с.
2. Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. Флора Северного Кавказа: Атлас-определитель. М.: Фитон XXI, 2013. 668 с.
3. Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созоология, экология. Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2009. 439 с.
4. Османов Р.М. Распространение эндемичного вида гвоздики аварской (*Dianthus awaricus*) в Дагестане // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. Т. 73. N 5. С. 129-131.
5. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 377 с.
6. Серебряков И.Г. Жизненные формы растений и их изучение. В кн.: Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964, т. 3, с. 146-208.
7. Любарский Е.Л., Полуянова В.И. Структура ценопопуляций вегетативно-подвижных растений. Казань: Изд-во Казанского университета, 1984. 138 с.
8. Османов Р.М. К вопросу об изменчивости признаков семенной продуктивности эндемичного вида *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae) в центральных районах Дагестана // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2019. N3. С. 64-73. DOI: 10.33580/2409-2444-2019-5-3-64-73
9. Анатов Д.М., Асадулаев З.М., Османов Р.М., Ахмедова К.И. К вопросу о происхождении культурного сорта абрикоса Дагестана по изменчивости морфологических признаков листа // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14 N 3. С. 17-24. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-17-24
10. Архив погоды в Цудахаре и Гунибе. URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 23.01.2022)
11. Методические указания по семеноведению интродуцентов / отв. ред. акад. Н.В. Цицин. М.: Наука, 1980. 64 с.
12. Фирсова М.К. Семенной контроль. М.: Колос, 1969. 296 с.
13. Фомина Т.И. Особенности прорастания семян декоративных многолетников семейства Caryophyllaceae Juss. // Вестник Алтайского государственного университета. 2016. N 8 (142). С. 79-83.
14. Филиппова Г.В., Андросова Д.Н., Филиппов Э.В., Прокопьев И.А. Влияние температуры и осадков на морфологию, прорастание и стрессоустойчивость семян некоторых представителей флоры Севера // Экология. 2019. N 6. С. 410-418. DOI: 10.1134/S0367059719050044
15. ГОСТ 24933.2-81. Семена цветочных культур. Методы определения всхожести и энергии прорастания. М.: 1982. С. 84-89.
16. Зайцев Г.М. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.
17. Османов Р.М., Анатов Д.М. Изменчивость морфологических признаков генеративного побега *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae) // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2017. N 4. С. 34-43.
18. Османов Р.М., Галимова П.М. Фитоценотическая приуроченность и морфометрические параметры растений *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae) в условиях Дагестана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. N 6(80). С. 121-124.
19. Дорогина О.В., Елисафенко Т.В. Некоторые аспекты изучения биологии прорастания семян редких и исчезающих видов // Криохранение семян: итоги и перспективы. Новосибирск: Наука, 2014. С. 92-99.
20. Ломакина М.В. Проращивание семян гвоздики китайской // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. N 12. С. 106-108.

REFERENCES

1. Murtazaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana* [Synopsis of the flora of Dagestan]. Makhachkala, Epoch Publ., 2009, vol. 1, 319 p. (In Russian)
2. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. *Flora Severnogo Kavkaza: Atlas-opredelitel* [Flora of the North Caucasus: Key Atlas]. Moscow, Fiton XXI Publ., 2013, 668 p. (In Russian)
3. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. *Kavkazskiy element vo flore Rossiyskogo Kavkaza: geografiya, sozologiya, ekologiya* [Caucasian element in the flora of the Russian Caucasus: geography, zoology, ecology]. Krasnodar, Prosveshchenie-South LLC Publ., 2009, 439 p. (In Russian)
4. Osmanov R.M. Distribution of the endemic species of Avar carnation (*Dianthus awaricus*) in Dagestan. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. 2018, vol. 73, no. 5, pp. 129-131. (In Russian)

5. Serebryakov I.G. *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy* [Ecological morphology of plants]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1962, 377 p. (In Russian)
6. Serebryakov I.G. Life forms of plants and their study. In: *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1964, vol. 3, pp. 146-208. (In Russian)
7. Lyubarsky E.L., Poluyanov V.I. *Struktura tsenopopulyatsiy vegetativno-podvizhnykh rasteniy* [The structure of cenopopulations of vegetatively mobile plants]. Kazan, Kazan University Publ., 1984, 138 p. (In Russian)
8. Osmanov R.M. On the question of the variability of the traits of seed productivity of the endemic species *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae) in the central regions of Dagestan. *Botanical Herald of the North Caucasus*, 2019, no. 3, pp. 64-73. (In Russian) DOI: 10.33580/2409-2444-2019-5-3-64-73
9. Anaton D.M., Asadulaev Z.M., Osmanov R.M., Ahmedova K.I. To the question of the origin of the cultural assortment of Dagestan apricots through assessing the variability of leaf morphological characteristics. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 17-24. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-17-24
10. *Arkhiv pogody v Tsudahare i Gunibe* [Weather archive for Tsudahar and Gunib]. Available at: <https://rp5.ru/> (accessed: 23.01.2022)
11. Tsitsin N.V., ed. *Metodicheskiye ukazaniya po semenovedeniyu introdutsentov* [Guidelines for seed breeding of introducers]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 64 p. (In Russian)
12. Firsova M.K. *Semenny kontrol* [Seed control]. Moscow, Kolos Publ., 1969, 296 p. (In Russian)
13. Fomina T.I. Features of seed germination of ornamental perennials of the family Caryophyllaceae Juss. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Altai State University]. 2016, no. 8 (142), pp. 79-83. (In Russian)
14. Filippova G.V., Androsova D.N., Filippov E.V., Prokopyev I.A. Influence of temperature and precipitation on morphology, germination and stress resistance of seeds of some representatives of the flora of the North. *Ecology*, 2019, no. 6, pp. 410-418. (In Russian) DOI: 10.1134/S0367059719050044
15. GOST 24933.2-81. *Semena tsvetochnykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti i energii prorastaniya* [GOST 24933.2-81. Flower seeds. Methods for determining germination and germination energy]. Moscow, 1982, pp. 84-89. (In Russian)
16. Zaitsev G.M. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 424 p. (In Russian)
17. Osmanov R.M., Anaton D.M. Variability of morphological features of the generative shoot of *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae). *Botanicheskiy vestnik Severnogo Kavkaza* [Botanical Herald of the North Caucasus]. 2017, no. 4, pp. 34-43. (In Russian)
18. Osmanov R.M., Galimova P.M. Phytocenotic confinement and morphometric parameters of *Dianthus awaricus* (Caryophyllaceae) plants in Dagestan. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg State Agrarian University]. 2019, no. 6(80), pp. 121-124. (In Russian)
19. Dorogina O.V., Elisafenko T.V. Some aspects of studying the biology of seed germination of rare and endangered species. In: *Kriokhraneniye semyan: itogi i perspektivy* [Seed cryopreservation: results and prospects]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2014, pp. 92-99. (In Russian)
20. Lomakina M.V. Germination of Chinese carnation seeds. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2017, no. 12, pp. 106-108. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Руслан М. Османов произвел учет изучаемых признаков, написал рукопись, обработал статистические данные. Зиярат А. Гусейнова принимала участие в обсуждении и интерпретации результатов. Асият Н. Алибегова осуществила поиск литературных источников и принимала участие в оформлении материалов. 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

Ruslan M. Osmanov took into account the studied characteristics, wrote the manuscript and processed the statistical data. Ziyarat A. Guseynova took part in the discussion and interpretation of the results. Asiyat N. Alibegova searched for literary sources and took part in the design of materials. 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

Руслан М. Османов / Ruslan M. Osmanov <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>
 Зиярат А. Гусейнова / Ziyarat A. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-0355-4132>
 Асият Н. Алибегова / Asiyat N. Alibegova <https://orcid.org/0000-0002-8977-4728>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.34
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-52-61

Возрастная структура и оценка состояния *Fagus orientalis* Lipsky в Кавказском экорегионе

Хабагин У. Алиев

Горный ботанический сад ОП ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Хабагин У. Алиев, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов Горного ботанического сада ОП ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.

Тел. +79887991445

Email alievxu@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>

Формат цитирования

Алиев Х.У. Возрастная структура и оценка состояния *Fagus orientalis* Lipsky в Кавказском экорегионе // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 52-61. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-52-61

Получена 17 января 2022 г.

Прошла рецензирование 1 марта 2022 г.

Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. Определить возрастную структуру и оценить современное состояние *Fagus orientalis* Lipsky в Кавказском экорегионе.

Материал и методы. Материал собран в буковых лесах различных районов флоры Кавказского экорегиона. Учет особей проведен на 121 пробной площадке, общей площадью 73925 м². Всего в анализ вовлечено 19936 особей *Fagus orientalis*. Для каждой особи дана оценка состояния и определена ее возрастная группа.

Результаты. Изучение возрастной структуры *Fagus orientalis* в буковых лесах Кавказского экорегиона показало схожую картину распределения доли участия возрастных групп во всех исследованных районах. Выявленные возрастные спектры являются левосторонними и полночленными, где преобладают особи прегенеративной фазы. Для всех исследованных популяций в обобщенном варианте отмечена почти одинаковая доля вклада особей проростковой и виргинильной возрастных групп, в сумме составляющие около 50%. В среднем на 1 га приходится 2906 особей, из которых 459 достигли генеративной фазы. Все особи прегенеративной и генеративной фаз в исследованных районах флоры Кавказского экорегиона оценены нами в 1,47 балла.

Выводы. Изучение возрастной структуры популяций и оценка состояния особей позволяет оценить влияние тех или иных абиотических и биотических факторов. Низкие значения доли особей постгенеративных особей является результатом антропогенной нагрузки на легкодоступных территориях. Под воздействием процессов внутри- и межвидовой конкуренций увеличивается доля участия виргинильных и постгенеративных групп, особенно четко проявляющееся в буковом криволесье.

Ключевые слова

Кавказ, район флоры, *Fagus orientalis*, структура, популяция, возрастная группа, оценка состояния.

Age structure and condition assessment of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caucasian Ecoregion

Khabagin U. Aliev

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

Principal contact

Khabagin U. Aliev, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45, M. Gadzhiev St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79887991445

Email alievxu@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>

How to cite this article

Aliev Kh.U. Age structure and condition assessment of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caucasian Ecoregion. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 52-61. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-52-61

Received 17 January 2022

Revised 1 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. To determine the age structure and assess the current state of *Fagus orientalis* Lipsky in the Caucasian Ecoregion.

Material and Methods. The material was collected in beech forests in different floristic districts of the Caucasian Ecoregion. The registration of individual specimens was carried out on 121 test sites, with a total area of 73925 m². A total of 19936 individuals of *Fagus orientalis* were involved in the analysis. Each individual was assessed by condition and assigned to a certain age group.

Results. The study of the age structure of *Fagus orientalis* in the beech forests of the Caucasian Ecoregion showed a similar pattern of distribution of age group participation in all the studied areas studied. The age spectra revealed are left-sided and full-membered where individuals of the pre-generative phase predominate. For all populations, in general, almost the same share of the contribution of individuals of germinal and virginal age groups was noted, amounting to about 50% in total. On average, there are 2906 individuals per 1 ha, of which 459 have reached the generative phase. The condition of individuals of the pre-generative and generative phases across all the botanical areas of the Caucasian Ecoregion studied was estimated by us at 1.47 points.

Conclusions. The study of the age structure of populations and the assessment of the condition of individuals allows us to assess the influence of certain abiotic and biotic factors. Low values of the proportion of post-generative individuals are the result of anthropogenic load in easily accessible territories. Under the influence of processes of intra- and interspecific competition, the share of participation of virginal and post-generative groups increases and is especially clearly observed in beech elfin-woodlands.

Key Words

Caucasus, floristic districts, *Fagus orientalis*, structure, population, age group, condition assessment.

ВВЕДЕНИЕ

Особая роль в формировании и сохранении биологического разнообразия принадлежит лесным экосистемам. Огромный вклад в этом отношении вносят буковые леса Кавказа, образованные третичным реликтом – *Fagus orientalis* и способствовавшие сохранению в своем составе большого количества реликтовых и эндемичных видов. Кроме того, буковые леса вносят неоценимый вклад в сохранение экологического равновесия, выполняя воздухоочищающую, климаторегулирующую, водоохранную и почвозащитную функции. Обширная область распространения бука на Кавказе подвержена многочисленным разрывам и локализация лесных массивов с доминированием бука восточного связана с геоморфологическими, климатическими и почвенными условиями местности. В настоящее время на территории Кавказского экорегиона буковые леса занимают 1/3 часть лесопокрытой площади, что составляет более 2 млн га [1].

Основные работы по изучению структуры буковых лесов Кавказского экорегиона связаны с деятельностью институтов лесохозяйственного назначения, усиленно начатые со второй половины XX века. По своей направленности, большей частью, конечная цель работы была сведена к выявлению лесорастительных условий и типов леса. Необходимость в этом диктовалась оптимизацией работы по ведению хозяйства в буковых насаждениях: характеристика структуры и производительности древостоев, изучение хода естественного возобновления и искусственного восстановления и др. [2; 3].

Ранее нами для некоторых районов Кавказа приведены результаты изучения возрастной структуры и возрастного состояния *F. orientalis* без материалов оценки санитарного состояния особей всех возрастных групп. Для некоторых районов была дана оценка состояния особей, входящих в состав только древесного яруса без учета особей подроста. Кроме того, для некоторых районов, где ранее были проведены исследования по характеристике возрастной структуры, сведения дополнены новыми данными [4-8].

Комплексное изучение возрастной структуры и оценка санитарного состояния особей всех возрастных групп на такой обширной территории ранее не проводились, в связи с чем проведенная нами работа является актуальной. Кроме того, все известные работы по изучению структуры буковых лесов Кавказского экорегиона проведены 30 лет назад. Также, в последние годы остро стоит проблема массового поражения и гибели аборигенных реликтовых и эндемичных видов дендрофлоры Кавказа, вызванное повреждением их инвазивными насекомыми и поражением грибковыми заболеваниями. В качестве примера отметим почти полное уничтожение *Buxus colchica* Pojark. на всем своем ареале самшитовой огневкой (*Cydalima perspectalis* Walker, 1859), начавшееся 2012 году [9; 10]. Наблюдающееся усыхание *Castanea sativa* Mill. не только в Кавказском экорегионе, но и по всему ареалу является следствием поражения крифонектриевым некрозом, вызванным возбудителем *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr., представителем сумчатых грибов, и чернильной болезнью, возбудителем которой является гриб *Blepharospora cambivora* Petri. В последние годы ситуация усугубилась еще и появлением каштановой орехотворки – *Dryocosmus kuriphilus* (Yas., 1951) [9; 11; 12].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал был получен из данных 121 геоботанического описания пробных площадей, заложенных с 2015 по 2021 в семи районах флоры Кавказского экорегиона [13] по общепринятым методам [14; 15]. Площадь каждой пробной площадки составила 625 м². Как исключение, в буковых криволесьях закладывались площадки по 100 м², а на участках со специфическими орографическими условиями – по 400 м². Всего учтено 19936 особей, произрастающих на площади 73925 м² (табл. 1). Жизненное состояние особей оценено по 6-бальной шкале, где 1 балл означает здоровая особь, а 6 – усохшая [16]. Принадлежность к возрастным группам каждой особи бука восточного определялась по общепринятым методам [17; 18].

Таблица 1. Районы флоры, площади сбора материала и количество особей *F. orientalis* в Кавказском экорегионе
Table 1. Floristic districts, areas of material collection and number of *F. orientalis* specimens in the Caucasus Ecoregion

Район флоры Floristic district	Количество пробных площадей Number of trial plots	Общая площадь, м ² Total area, m ²	Количество особей <i>Fagus orientalis</i> Number of <i>Fagus orientalis</i> individuals
Талыш Talysch	10	6250	948
Восточный Кавказ Eastern Caucasus	40	25000	4508
Северо-Западное Закавказье North-Western Transcaucasia	12	7500	2165
Западное Предкавказье Western Precaucasus	4	2600	542
Центральное Закавказье Central Transcaucasia	3	1875	409
Западное Закавказье Western Transcaucasia	46	26950	8906
Западный Кавказ Western Caucasus	6	3750	2458
Всего / Total	121	73925	19936

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованная территория буковых лесов в Талыше расположена на склонах бассейна среднего течения реки Астарачай в Гирканском национальном парке на высотах от 150 до 1400 м над ур. м. Здесь на площади 6250 м², учтено 948 особей *F. orientalis* (табл. 2). Популяционный возрастной спектр левосторонний, полночленный, преобладают особи прегенеративной фазы, доля которых составляет 90%. Из них около 40%

являются проростками (рис. 1). До имматурного состояния доживают 11,4%, что свидетельствует об усиленно протекающих процессах внутри- и межвидовой конкуренции. Доля виргинильной группы составляет 15,7%. Состояние особей прегенеративной фазы колеблется от 1,55 до 1,91 балла. На 1 га для буковых лесов исследуемого массива приходится 1518 особей *F. orientalis*, из которых особей генеративной фазы – 9,7%.

Таблица 2. Состояние, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в Талыше (6250 м²)

Table 2. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in Talysh (6250 м²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	375	222	108	149	41	41	10	1	1
Доля участия, % Proportion of participation, %	39,6	23,4	11,4	15,7	4,3	4,3	1,1	0,1	0,1
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,67	1,91	1,55	1,59	1,24	1,32	1,1	4	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	600	355	173	238	66	66	16	2	2

Примечание (здесь и далее в таблицах принятые сокращения обозначений возрастных групп): p – проростковая, j – ювенильная, im – имматурная, v – виргинильная, g1 – молодая генеративная, g2 – средневозрастная генеративная, g3 – старовозрастная генеративная, ss – субсенильная, s – сенильная

Note (here and later in the tables, abbreviations for age groups are used): p – seedlings, j –juvenile, im – immature, v – virginal, g1 – young generative, g2 – middle-aged generative, g3 – old-age generative, ss – subsenile, s – senile



Рисунок 1. Проростковая возрастная группа *Fagus orientalis*
Figure 1. Seedling age group of *Fagus orientalis*

Состояние особей генеративной фазы в среднем оставляет 1,22 балла. Низкая доля участия особей взрослой генеративной группы и особей постгенеративной фазы является косвенным подтверждением негативного антропогенного воздействия.

Исследование на территории Восточного Кавказа проведены в буковых лесах Предгорного и Высокогорного Дагестана в пределах высот от 650 до

2100 м над ур. м. На площади 2,5 га учтено 4508 особей *F. orientalis* (табл. 3). Для буковых лесов данного района флоры характерен левосторонний полночленный возрастной спектр. На долю особей прегенеративной фазы приходится 84,6%, из которых проростки и виргинильные особи, представленные приблизительно в одинаковом количестве, составляют около 50%. Состояние их колеблется от 1,33 до 1,69 баллов. На

долю особей генеративной фазы приходится 15,1%, преобладают средневозрастные особи. Молодые генеративные особи оценены в 1,64 балла, что является показателем высокой внутривидовой конкуренции. Увеличение доли участия особей старовозрастной

генеративной группы говорит о меньшем влиянии на буковые леса антропогенного пресса, а именно рубки делового леса в труднодоступных участках Предгорного Дагестана и субальпийских букняков Высокогорного Дагестана (рис. 2).

Таблица 3. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* на Восточном Кавказе (25000 м²)

Table 3. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in the Eastern Caucasus (25000 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative Indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individuals specimens, pcs.	1056	828	746	1187	146	433	104	3	5
Доля участия, % Share of participation, %	23,4	18,4	16,5	26,3	3,2	9,6	2,3	0,1	0,1
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,69	1,58	1,33	1,55	1,64	1,25	1,27	3,3	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	422	331	298	475	58	173	42	1	2



Рисунок 2. Субальпийские буковые леса, Республика Дагестан, перевал Мушак
Figure 2. Subalpine beech forests, Mushak Pass, Republic of Dagestan

Особей постгенеративной фазы составляют 0,2%. На 1 га для исследованных буковых лесов Восточного Кавказа приходится 1802 особей *F. orientalis*, из которых 273 относятся к генеративным.

Исследования в Северо-Западном Закавказье проведены в Краснодарском крае на территории заповедника «Утриш» и хребта Маркотх. Общая площадь составила 7500 м², где отмечено произрастание 2165 особей *F. orientalis* (табл. 4). Возрастной спектр левосторонний, полночленный. На долю особей прегенеративной фазы приходится более 90%, где наблюдается небольшое преобладание особей виргинильной группы над проростками и ювенильными особями. Состояние особей в разных группах прегене-

ративной фазы колеблются от 1,41 до 1,77 баллов. Генеративные особи в сумме составляют 9,1%, преобладают средневозрастные особи – 5,8%. Низкая доля участия старовозрастных и постгенеративных особей свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке в этих лесах. Высокие значения доли особей прегенеративной фазы на данном участке, вероятно, связано с тем, что, *F. orientalis*, находясь на северном краю своего ареала, а значит в зоне пессимума, тратит больше жизненной энергии на сохранение потомства. На площади 1 га здесь произрастает 2888 особей *F. orientalis*, из которых 263 достигли генеративного возраста.

Таблица 4. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в Северо-Западном Закавказье (7500 м²)**Table 4.** Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in the North-Western Transcaucasia (7500 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	J	im	V	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	528	526	317	593	62	126	9	2	2
Доля участия, % Share of participation, %	24,4	24,3	14,6	27,4	2,9	5,8	0,4	0,1	0,1
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,77	1,62	1,44	1,41	1,54	1,27	1,08	3,5	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	704	701	423	791	83	168	12	3	3

Буковые леса Западного Предкавказья представлены краевыми северными массивами на горе Стрижамент Ставропольского края, занимающие небольшие участки на высоте от 600 м до 800 м над ур. м. На площади 2600 м² здесь отмечено произрастание 542 особей. Возрастной спектр популяции левосторонний, полночленный. Преобладают особи прегенеративной возрастной фазы, составляющие 85,3%. Больше всего особей ювенильной группы – 34,5% (табл. 5). Состояние особей прегенеративной фазы колеблется от 1,43 до 1,97 баллов. Доля участия особей генеративной фазы составляет в общем 14,4%, из которых 10,5% приходится на средневозрастные генеративные.

Санитарное состояние особей генеративной фазы колеблется в пределах от 1,33 до 1,39 баллов. Всего на 1 га приходится произрастание 2075 особей *F. orientalis*, из которых 300 относятся к генеративным. Доля участия старовозрастной генеративной группы и особей постгенеративной фазы составило 1%, что говорит о незначительном влиянии антропогенного воздействия, так как территория имеет статус ООПТ краевого значения. Относительно низкую долю участия проростковой группы, вероятно, можно объяснить поеданием большого количества семенного материала разными животными, особенно кабанами, следы которых отмечены нами тут повсеместно.

Таблица 5. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в Западном Предкавказье (2600 м²)**Table 5.** Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in the Western Precaucasus (2600 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	103	187	92	80	18	57	3	1	1
Доля участия, % Share of participation, %	19,0	34,5	17,0	14,8	3,3	10,5	0,6	0,2	0,2
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,97	1,89	1,63	1,43	1,33	1,39	1,33	4	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	396	719	354	308	69	219	12	4	4

Район флоры Центрального Закавказья в наших исследованиях представлен участками буковых лесов, произрастающих на территории Югоосетинского государственного заповедника. На площади 1875 м² отмечено произрастание 409 особей *F. orientalis*. Популяционный возрастной спектр левосторонний, полночленный. Доля участия особей прегенеративной фазы составляет 85,8%, преобладают ювенильная (28,9%) и проростковая (23,7%) группы (табл. 6). Состояние особей в разных группах прегенеративной фазы колеблется от 1,32 до 1,79 баллов. Суммарная доля особей генеративной фазы составляет 13,7%, преобладает средневозрастная группа – 8,8%. Состояние особей колеблется от 1,1 до 1,32 баллов. Доля участия постгенеративных особей составляет 1,1 балла, свидетельствующая о незначительном негативном антропогенном воздействии, так как территория имеет статус ООПТ. На 1 га территории приходится 2180 особей *F. orientalis*, из которых 299 относятся к генеративным.

Больше всего площадей буковых лесов в Кавказском экорегионе сосредоточено в Западном Закавказье. Исследования здесь проведены на территории Сочинского национального парка (Краснодарский край), в Республике Абхазия и Грузии. Общая площадь под пробными площадками составила 26950 м², учтено произрастание 8906 особей *F. orientalis* (табл. 7). Возрастной спектр – полночленный, левосторонний, преобладают особи прегенеративной фазы – 79,3%. На долю проростков приходится 24,5%. Состояние особей прегенеративной фазы колеблется от 1,6 до 1,69 баллов. Доля участия генеративных особей составляет 19,3%. Средневозрастные генеративные особи составляют 12,8%. Состояние генеративных особей колеблется от 1,12 до 1,5 баллов. Участие особей постгенеративной фазы составляет 2,3% и это говорит о незначительном антропогенном воздействии, объяснимое тем, что большая часть исследованных буковых лесов входят в состав ООПТ. Кроме того, нашими исследованиями здесь были охвачены участки субальпийских лесов и букового криволеся (рис. 3, 4).

На 1 га в субальпийском поясе произрастают 3302 особи *F. orientalis*, из которых в генеративную фазу вступили 669. Такая высокая доля участия особей объясняется

высокой плотностью древостоев в субальпийских букняках (рис. 3) и в буковых криволесях.

Таблица 6. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в Центральном Закавказье (1875 м²)

Table 6. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in Central Transcaucasia (1875 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	J	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	97	118	57	79	17	36	3	1	1
Доля участия, % Share of participation, %	23,7	28,9	13,9	19,3	4,2	8,8	0,7	0,2	0,2
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,62	1,79	1,46	1,32	1,21	1,01	1,17	4	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	517	629	304	421	91	192	16	5	5

Таблица 7. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в Западном Закавказье (26950 м²)

Table 7. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in Western Transcaucasia (26950 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	2,180	1,685	1,345	1,856	500	1,135	167	9	29
Доля участия, % Share of participation, %	24,5	18,9	15,1	20,8	5,6	12,8	1,9	0,1	0,3
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,69	1,65	1,6	1,68	1,5	1,12	1,18	4,78	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	809	625	499	689	186	421	62	3	11



Рисунок 3. Субальпийские буковые леса, Республика Абхазия
Figure 3. Subalpine beech forests, Republic of Abkhazia

На Западном Кавказе исследования проведены в субальпийских букняках Кавказского государственного природного биосферного заповедника – гора Фишт. Всего на площади 3750 м² отмечено произрастание 2458 особей *F. orientalis* (табл. 8). Возрастной спектр полночленный, левосторонний. Доля особей

прегенеративной фазы составляет 79,8%, преобладают виргинильная группа – 47%. Это объясняется высокой плотностью популяции в субальпийских букняках и буковых криволесьях (рис. 4). Состояние особей колеблется от 1,53 до 1,85 баллов.

Таблица 8. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* на Западном Кавказе (3750 м²)

Table 8. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in the Western Caucasus (3750 m²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	p	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individuals specimens, pcs.	402	169	234	1156	157	254	61	10	15
Доля участия, % Share of participation, %	16,4	6,9	9,5	47,0	6,4	10,3	2,5	0,4	0,6
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,63	1,64	1,53	1,85	1,4	1,25	1,2	4,7	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	1072	451	624	3083	419	677	163	27	40

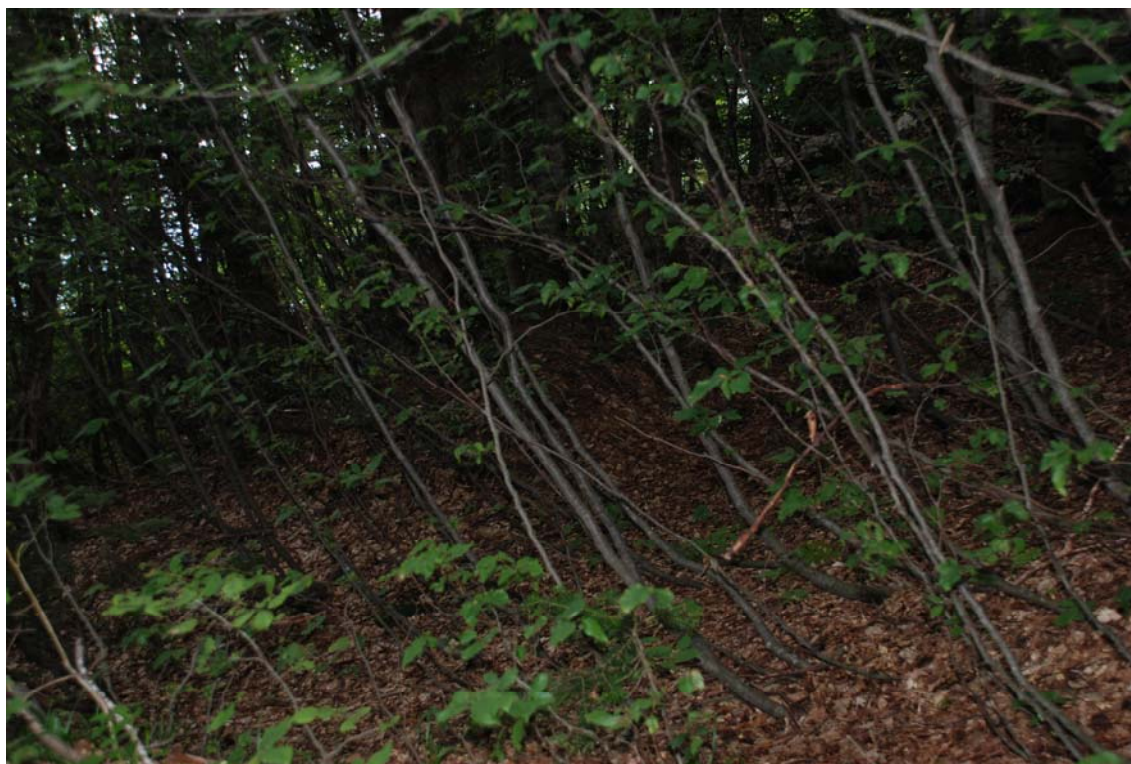


Рисунок 4. Субальпийское буковое криволесье, Краснодарский край, гора Фишт

Figure 4. Subalpine beech elfin-woodlands, Krasnodar Territory, Mount Fisht

На долю генеративных особей приходится 19,2%. Состояние особей колеблется от 1,2 до 1,4 баллов. Участие постгенеративных особей составляет 3,5%, что связано с незначительным антропогенным воздействием и высокой плотностью популяции. На 1 га приходится 6531 особь *F. orientalis*, из которых 1259 относятся к генеративным, что также объясняется высокой плотностью популяции.

В таблице 9 приведены обобщенные данные количественной и качественной характеристик возрастной структуры и оценка состояния *F. orientalis* семи районов флоры Кавказского экорегиона. Всего на площади 73925 м² нами отмечено произрастание

19936 особей *F. orientalis*. Возрастной спектр полночленный, левосторонний. На долю особей прегенеративной фазы приходится 82,6%. Из них около 50% приходится на проростки и виргинильную группы, с небольшим преобладанием второй. Среднее состояние особей прегенеративной фазы колеблется от 1,51 до 1,73 баллов. Доля особей генеративной фазы составляет 16,9%. Преобладают средневозрастные особи – 10,4%. Доля старовозрастных генеративных и постгенеративных особей составляет 2,2%. Состояние их колеблется от 1,19 до 1,41 балла. На 1 га в среднем приходится 2906 особей *F. orientalis*, из которых 459 входит в состав генеративных.

Таблица 9. Оценка состояния, количественная и качественная характеристика популяционной и возрастной структуры *F. orientalis* в изученных районах флоры Кавказского экорегиона (73925 м²)
Table 9. Condition, quantitative and qualitative characteristics of the population and age structure of *F. orientalis* in investigated floristic districts of the Caucasian Ecoregion (73925 м²)

Количественные и качественные показатели Quantitative and qualitative indicators	Возрастная группа / Age group								
	P	j	im	v	g1	g2	g3	ss	s
Количество особей, шт. Number of individual specimens, pcs.	4741	3735	2899	5100	941	2082	357	27	54
Доля участия, % Share of participation, %	23,8	18,7	14,5	25,6	4,7	10,4	1,8	0,1	0,3
Среднее состояние, балл Average condition, score	1,72	1,73	1,51	1,55	1,41	1,23	1,19	4,04	6
Количество особей на 1 га, шт. Number of individual specimens per 1 ha, pcs.	646	545	382	858	139	274	46	6	10

ВЫВОДЫ

Результаты исследования возрастного состояния *F. orientalis* в буковых лесах семи районов флоры Кавказского экорегиона позволило выявить полноту и левосторонность возрастных спектров, с преобладанием особей прегенеративной фазы во всех исследованных районах и при обобщении.

Для всех исследованных районов и в обобщенном варианте отмечена почти одинаковая доля вклада особей проростковой и виргинильной возрастных групп, в сумме, которая составляет около 50%. Этот факт свидетельствует об усиленной внутри- и межвидовой конкуренции, протекающих в процессе перехода виргинильных особей в генеративную фазу.

Низкие значения доли особей постгенеративных особей в отдельных районах является результатом усиленной антропогенной нагрузки на легкодоступных территориях. Под воздействием процессов внутри- и межвидовой конкуренции увеличивается доля участия виргинильных и постгенеративных групп, особенно четко проявляющееся в буковом криволесье.

Особь прегенеративной и генеративной фаз в исследованных районах флоры Кавказского экорегиона оценены нами в 1,47 балла. Отмеченное ухудшение состояния особей виргинильной группы в субальпийских букняках и в буковых криволесьях связано с усиленными процессами внутривидовой конкуренции из-за высокой плотности популяций.

Наблюдающиеся значительные колебания в количестве особей *F. orientalis* в перерасчете на 1 га в разных районах исследования связано с фактором высотного градиента. В обобщенном виде на 1 га отмечено произрастание 2906 особей, из которых 459 достигли генеративной фазы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мальцев М.П. Бук. Москва: Лесная промышленность, 1980. 80 с.
2. Мальцев М.П. Бук и его восстановление. Майкоп: Адыгейское отделение Краснодарского книжного издательства, 1988. 232 с.
3. Калущий К.К., Мальцев М.П., Молотков П.И., Нечаев Ю.А., Синицин Е.М., Шутяев А.М. Буковые леса СССР и ведение хозяйства в них. Москва: Лесная промышленность, 1972. 200 с.
4. Алиев Х.У. Возрастной спектр *Fagus orientalis* Lipsky в букняках Гирканского национального парка (Республика Азербайджан) // Труды XIV Съезда РБО и конференции «Ботаника в современном мире». Т.2. Махачкала, 2018. С. 7-10.
5. Алиев Х.У., Солтанмурадова З.И., Ахмедова К.И. Структура и оценка состояния древесных пород буковых лесов Дагестана //

Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N4. С. 36-51. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-36-51

6. Алиев Х.У., Тимухин И.Н., Туниев Б.С. Возрастной спектр *Fagus orientalis* Lipsky в различных ассоциациях субальпийских букняков Сочинского национального парка // Материалы международной школы-конференции молодых ученых «Лесная наука, молодежь, будущее», Гомель, 2017, С. 23-28.
7. Алиев Х.У., Туниев Б.С., Тимухин И.Н. Возрастной спектр *Fagus orientalis* Lipsky Рицинского реликтового национального парка // Материалы VI Всероссийской конференции с международным участием «Горные экосистемы и их компоненты», Нальчик, 2017. С.45-47.
8. Алиев Х.У., Туниев Б.С., Агасян А.Л. Геоботаническая характеристика и структура реликтового букняка в Шикахохском заповеднике (Южная Армения) // Takhtajania. 2018. Вып. 4. С. 31-36.
9. Щуров В.И., Бондаренко А.С., Скворцов М.М., Щурова А.В. Чужеродные насекомые - вредители леса, выявленные на Северо-Западном Кавказе в 2010-2016 годах, и последствия неконтролируемого расселения // Известия С.-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 220. С. 212-228. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.220.212-228
10. Коба В.П., Пругатарь Ю.В., Шевчук О.М., Лейба В.Д., Сахно Т.М. Особенности роста *Castanea sativa* Mill. в лесных насаждениях Абхазии, пораженных *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Barr // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. 2020. Т. 491. N 1. С. 164-167. DOI: 10.31857/S2686738920020158
11. Жукова Е.А., Тания И.В., Шубин Д.А. Мониторинг состояния самшита на территории Республики Абхазия // Известия С.-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 221. С. 65-78. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.65-78
12. Цхведадзе Л., Кереселидзе М., Шеварнадзе З. Опасные вредители самшита в Грузии // Защита и карантин растений. 2017. N 10. С. 48-49.
13. Меницкий Ю.Л. Проект «Конспект флоры Кавказа». Карта районов флоры // Ботанический журнал. 1991. Т. 76. N 11. С. 1513-1521.
14. Понятовская В.М. Учет обилия и характер размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. Т.III. Москва-Ленинград: Наука, 1964. С. 126-141.
15. Корчагин А.А. Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника Т. V. Ленинград: Наука, 1976. 320 с.
16. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга // Приложение 1 к приказу Рослесхоза от 29.12.2007, N 523. 66 с.
17. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация ценопопуляций // Экология. 2001. N1. С. 3-7.
18. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). Москва: Наука, 1976. 217 с.

REFERENCES

1. Maltsev M.P. *Buk* [The beech]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980, 80 p. (In Russian)

2. Maltsev M.P. *Buk i ego vosstanovlenie* [Beech and its restoration]. Maykop, Adygea department Krasnodar book Publ., 1988, 232 p. (In Russian)
3. Kaluzky K.K., Maltsev M.P., Molotkov P.I., Nechaev Yu.A., Sinitsin E.M., Shutyaev A.M. *Bukovyie lesa SSSR i vedenie khozyaistva v nikh* [Beech forests of the USSR and farming in them]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1972, 200 p. (In Russian)
4. Aliyev Kh.U. *Vozrastnoi spektr Fagus orientalis Lipsky v buknyakakh Girkanskogo natsional'nogo parka (Respublika Azerbaidzhan)* [Age spectrum of *Fagus orientalis* Lipsky in the mansions of the Hyrcan National Park (Republic of Azerbaijan)]. *Trudy XIV S"ezda RBO i konferentsii «Botanika v sovremennoy mire, Makhachkala, 18-23 Iyun' 2018* [Proceedings of the XIV Congress of the Russian Botanical Society and the conference "Botany in the Modern World", Makhachkala, 18-23 June 2018]. Makhachkala, 2010, vol. 2, pp. 7-10. (In Russian)
5. Aliyev H.U., Soltanmuradova Z.I., Akhmedova K.I. Structure and assessment of the condition of beech forests of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 36-51. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-36-51
6. Aliyev Kh.U., Timukhin I.N., Tuniev B.S. *Vozrastnoi spektr Fagus orientalis Lipsky v razlichnykh assotsiatsiyakh subal'piiskikh buknyakov Sochinskogo natsional'nogo parka* [Age spectrum of *Fagus orientalis* Lipsky in various associations of subalpine mansions of Sochi National Park]. *Materialy mezhdunarodnoi shkoly-konferentsii molodykh uchenykh «Lesnaya nauka, molodezh', budushchee», Gomel', 26-30 iyulya 2017* [Materials of the International school-conference of young scientists "Forest Science, youth, the future", Gomel, 26-30 June 2017]. Gomel, 2017, pp. 23-28. (In Russian)
7. Aliyev Kh.U., Tuniev B.S., Timukhin I.N. *Vozrastnoi spektr Fagus orientalis Lipsky Ritsinskogo reliktovogo natsional'nogo parka* [Age spectrum of *Fagus orientalis* Lipsky of the Rician relict National Park]. *Materialy VI Vserosskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Gornye ekosistemy i ikh komponenty», Nal'chik, 11-16 sentyabrya 2017* [Mountain ecosystems and their components. Materials of the VI All-Russian Conference with International participation, Nalchik, 11-16 September, 2017]. Nalchik, 2017, pp. 45-47. (In Russian)
8. Aliyev Kh.U., Tuniev B.S., Aghasyan A.L. Geobotanical characteristics and structure of relict limestone in the Shikakhokhsy Reserve (Southern Armenia). *Takhtajania*. 2018, iss. 4, pp. 31-36. (In Russian)
9. Shchurov V.I., Bondarenko A.S., Skvortsov M.M., Shchurova A.V. Alien insect pests of the forest identified in the North-West Caucasus in 2010-2016, and the consequences of uncontrolled settlement. *News of the St. Petersburg Forestry Academy*, 2017, iss. 220, pp. 212-228. (In Russian) DOI: 10.21266/2079-4304.2017.220.212-228
10. Koba V.P., Plugatar Yu.V., Shevchuk O.M., Leiba V.D., Sakhno T.M. Growth features of *Castanea sativa* Mill. in forest plantations of Abkhazia affected by *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Barr. *Reports of the Russian Academy of Sciences. Life Sciences*, 2020, vol. 491, no. 1, pp. 164-167. (In Russian) DOI: 10.31857/S2686738920020158
11. Zhukova E.A., Tania I.V., Shubin D.A. Monitoring of boxwood condition on the territory of the Republic of Abkhazia. *News of the St. Petersburg Forestry Academy*, 2017, iss. 221, pp. 65-78. (In Russian) DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.65-78
12. Tskhveladze L., Kereselidze M., Shevarnadze Z. Dangerous pests of boxwood in Georgia. *Zashchita i karantin rastenii* [Protection and quarantine of plants]. 2017, no. 10, pp. 48-49. (In Russian)
13. Menitsky Y.L. Project "Synopsis of the flora of the Caucasus". Map of flora districts. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 1991, vol. 76, no. 11, pp. 1513-1521. (In Russian)
14. Ponyatovskaya V.M. *Uchet obiliya i kharakter razmeshcheniya rastenii v soobshchestvakh* [Account the abundance and distribution of plant communities]. In: *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow-Leningrad, Nauka Publ., 1964, vol. 3, pp. 126-141. (In Russian)
15. Korchagin. A.A. *Stroenie rastitel'nykh soobshchestv* [The structure of plant communities]. In: *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Leningrad, Nauka Publ., 1976, vol. 5, pp. 7-130. (In Russian)
16. *Rukovodstvo po proektirovaniyu, organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskogo monitoringa* [Guide to the design, organization and management of forest pathology monitoring]. Appendix 1 to the order of the Federal Forestry Agency of 29.12.2007 N 523. 66 p. (In Russian)
17. Zhivotovsky L.A. Ontogenetic state, effective density and classification of cenopopulations. *Ekologiya* [Ecology]. 2001, no. 1, pp. 3-7. (In Russian)
18. *Tsenopulyatsii rastenii (osnovnye ponyatiya i struktura)* [Cenopopulations of plants (basic concepts and structure)]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 217 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Хабагин У. Алиев собрал и обработал материал, написал текст рукописи. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Khabagin U. Aliev collected and processed the materials and wrote the manuscript. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

**NO CONFLICT OF INTEREST
DECLARATION**

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Хабагин У. Алиев / Khabagin U. Aliev <https://orcid.org/0000-0002-2985-5622>

Оригинальная статья / Original article
УДК 582.26/.27:574.9(262.5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива Крымского полуострова

Татьяна В. Панкеева¹, Наталия В. Миронова¹, Юрий Н. Горячкин², Людмила В. Харитонова²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», Севастополь, Россия

Контактное лицо

Татьяна В. Панкеева, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, отдел биотехнологий и фиторесурсов, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2. Тел. +79788143499
Email tatyanapankeeva@yandex.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

Формат цитирования

Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Горячкин Ю.Н., Харитонова Л.В. Распределение донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива Крымского полуострова // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 62-75. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Получена 9 июля 2020 г.
Прошла рецензирование 8 апреля 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Выявить особенности распределения ключевых видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива.

Материал и методы. Авторами собраны и обработаны полевые материалы комплексной экспедиции, проведенной в летний период 2019 г.

Результаты. Впервые составлена карта и выявлены особенности распределения доминирующих видов макрофитобентоса в прибрежье Каркинитского залива.

Заключение. Показано, что в восточной части залива на отмелем склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями, прилегающем к аккумулятивным берегам, доминируют морские травы, а вдоль абразионно-глинистых берегов донная растительность отсутствует, здесь характерны значительные скопления отмерших взморников. В акватории Бакальской косы на песчаных отложениях растительный покров не обнаружен. В корневой части западной ветви косы, в месте её примыкания к активному глинистому клифу, представлены свалы из представителей рода *Cladophora*. В районе мыса Каменный зарегистрировано совместное произрастание водорослей, встречающихся на выходах известняков, и морских трав, обитающих на рыхлых грунтах. К западу от мыса Каменный на мелководье, прилегающем к абразионным берегам, выработанным в известняках, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita* – *Treptacantha barbata*. Показано, что в составе макрофитобентоса увеличилась биомасса эпифитов, снизилась роль видов-доминантов, возросла доля видов водорослей, встречающихся в морской среде с повышенным уровнем эвтрофирования, что, вероятно, обусловлено воздействием, как природных факторов, так и усилением антропогенной деятельности в береговой зоне. Проведение мониторинговых наблюдений позволит выработать научно обоснованные рекомендации по рациональному природопользованию береговой зоны Каркинитского залива.

Ключевые слова

Черное море, Каркинитский залив, Крым, Бакальская коса, макрофитобентос, строение берегов, геоэкологические условия.

© 2022 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Distribution of bottom vegetation of the shallow water zone in Karkinitzkiy Bay of the Crimean Peninsula

Tatyana V. Pankeeva¹, Nataliya V. Mironova¹, Yuri N. Goryachkin² and Ludmila V. Kharitonova²

¹Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

²Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

Principal contact

Tatyana V. Pankeeva, PhD (Geography), Senior Researcher, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences; 2 Nakhimov Ave, Sevastopol, Russia 299011. Tel. +79788044819
Email tatyanapankeeva@yandex.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

How to cite this article

Pankeeva T.V., Mironova N.V., Goryachkin Yu.N., Kharitonova L.V. Distribution of bottom vegetation of the shallow water zone in Karkinitzkiy Bay of the Crimean Peninsula. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 62-75. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-62-75

Received 9 July 2020

Revised 8 April 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To identify the distribution features of a key species of macrophytobenthos in the shallow water zone of Karkinitzkiy Bay.

Material and Methods. The field materials from a comprehensive expedition carried out during the summer 2019 were collected and processed by the authors.

Results. For the first time, a map was compiled and the features of the distribution of dominant types of macrophytobenthos identified in the shallow water zone of Karkinitzkiy Bay.

Conclusion. It was shown that in the eastern part of the bay, on a shallow slope composed of silty-sandy deposits, adjacent to the accumulative shores, sea grasses dominate and along the abrasive-clay shores there is no bottom vegetation and significant accumulations of dead leaves of *Zostera marina* и *Z. noltei* are typical there. In the water area of the Bakal spit macrophytobenthos is not found on the sandy deposits. *Cladophora* spp. are represented in the base of the western branch of the spit, at the place of its joining an active clayey cliff. Mosaic distribution of bottom vegetation is noted in the area of Cape Kamenniy, where co-growth of algae on the limestone outcrops and marine herbs living on loose soils is registered. West of Cape Kamenniy in shallow water adjacent to the abrasive limestone coasts *Carpodesmia crinite* – *Treptacantha barbata* phytocenoses are characteristic. It was shown that in the composition of macrophytobenthos decreased in the role of dominant species, an increase in the proportion of algae found in the areas with increased eutrophication of marine environment, which is probably due to the influence of anthropogenic and natural factors. Monitoring observations in this area will make it possible to develop scientifically based recommendations aimed at optimizing the environmental regime and rational environmental management of the coastal zone of Karkinitzkiy Bay.

Key Words

Black Sea, Karkinitzkiy Bay, Crimea, Bakal spit, macrophytobenthos, coastal structure, geo-ecological conditions.

ВВЕДЕНИЕ

Прибрежная зона Каркинитского залива отличается обилием уникальных местообитаний донной растительности, где представлены сообщества, как морских трав, так и водорослей, при этом многие виды макрофитов, входящие в их состав, имеют природоохранный статус на региональном, федеральном и международном уровнях. Так, взморники морской и Нольта (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.), трептанта бородастая (*Treptacantha barbata* (Stackhouse) Orellana & Sansón (= *Cystoseira barbata*)), карподесмия косматая (*Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana & Sansón (= *Cystoseira crinita*)) и филлофора курчавая (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon (= *Ph. nervosa*)) включены в Красные книги Республики Крым [1] и Черного моря [2]. Кроме этого, *Phyllophora crispa* внесена в Красную книгу Российской Федерации [3].

Первое упоминание, где частично описан видовой состав макрофитов Каркинитского залива, встречается в отчете А.Г. Генкеля [4]. В работе С.А. Зернова [5], который изучал биоценозы северо-западной части Черного моря, также содержались отрывочные сведения по фитобентосу этого района. Позднее С.А. Зернов [6] в монографии впервые отметил характерные особенности макрофитобентоса этого участка моря: «большие скопления филлофоры, господство zostеры (взморников) на прибрежных песчаных отмелях и малую встречаемость цистозир». В 30-х гг. прошлого столетия в работах Н.В. Морозовой-Водяницкой [7-9] приведены карты распределения зарослей *Phyllophora crispa*, *Zostera marina*, *Z. noltei* в Каркинитском заливе, где была обнаружена приуроченность этих видов к определенным глубинам и субстрату. В середине 40-х гг. в ходе экспедиций с применением водолазной техники, детально исследованы рельеф дна прибрежной зоны, донные грунты и обширные поля взморников к востоку от Бакальской косы, при этом были зарегистрированы огромные выбросы отмерших листьев морских трав, как на берегу, так и на подводных отмелях в море [10]. В 60-х гг. в акватории Каркинитского залива выделено четыре растительные ассоциации (фитоценоза) (*Zostera marina* – *Z. noltei*, *Phyllophora crispa*, *Treptacantha barbata*, *Polysiphonia elongate* + *Chondria capillaris*), распространение которых зависело от состава донных отложений, глубины и степени защищенности побережья [11]. А.А. Калугина с соавторами [11] обнаружила в заливе промысловые скопления неприкрепленной формы *Phyllophora crispa* с высотой пластов 5-30(35) см, которые занимали значительные площади дна на глубине 8-10 м. В связи с этим, дальнейшее изучение этого района осуществляли, в основном, в глубоководной зоне, расположенной на расстоянии более 7 миль от берега [12-15].

В настоящее время в виду высокой природоохранной ценности морской акватории, в Каркинитском заливе созданы четыре особо охраняемые природные территории (ООПТ): государственный природный заповедник «Лебяжий острова», государственный природный заказник федерального значения «Каркинитский», государственный природный заказник федерального значения «Малое филлофорное поле», ландшафтно-рекреационный парк регионального значения

«Бакальская коса» (рис. 1) [16]. Поэтому, в последние десятилетия большинство альгологических работ посвящено детальному изучению макрофитобентоса отдельных охраняемых районов залива [17-24].

Мелководная зона Каркинитского залива характеризуется активным взаимодействием суши и моря, динамичностью и неустойчивостью к внешним воздействиям. Учитывая, что на протяжении ряда десятилетий этот район, особенно его восточная часть, подвергался интенсивному хозяйственному воздействию, вызвавшем изменения геоэкологических условий, приобретает актуальность и представляет особый интерес изучение состояния донной растительности, являющейся основой трофических цепей, в этой зоне.

Цель работы: выявить особенности пространственного распределения ключевых видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами собраны, обработаны и проанализированы полевые материалы комплексной экспедиции, проведенной в береговой зоне северо-западного Крыма (от пос. Портового до с. Владимировка) в летний период 2019 г. (рис. 1). В границы береговой зоны были включены водоохранная зона [25] и прибрежная мелководная зона, охватывающая интервал глубин от уреза воды до 2 м. Протяженность исследованной береговой линии составляла около 60 км.

В ходе экспедиции продолжены сухопутные маршрутные исследования (выполняемые с 2008 г.) по изучению физико-географических условий береговой зоны Каркинитского залива. Для изучения состава макрофитобентоса в мелководной зоне проведен отбор проб по фитоценотической методике, разработанной А.А. Калугина-Гутник [26]. Координаты станций определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*). Работа в море сопровождалась фото- и видеосъемкой, при этом визуально донные отложения описывали по классификации морских обломочных осадков по гранулометрическому составу [27].

Фитобентос отбирали на глубинах 0,5; 1; 1,5; 2 м, где закладывали по четыре учетные площадки размером 25х25 см. Затем макрофиты помещали в мешки из мельничного газа и в сыром виде доставляли в лабораторию, где определяли их видовой состав. Идентификацию водорослей [28] и морских трав [29] проводили с учетом последних номенклатурных изменений. В лабораторных условиях при обработке материала учитывали общую биомассу (сырую) макрофитов, массу литофитов и эпифитов, массу карподесмии косматой (*Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana & Sansón (= *Cystoseira crinita*)), трептанта бородастой (*Treptacantha barbata* (Stackhouse) Orellana & Sansón (= *Cystoseira barbata*)), взморников морского и Нольта (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.), которые являются видами-доминантами исследуемого района. При определении сырой массы, водоросли тщательно промокали фильтровальной бумагой, крупные формы взвешивали на весах с погрешностью 0,01 г, мелкие формы – на весах с погрешностью 0,001 г. Всего было заложено 19 станций, собрано и обработано 40 количественных и 6 качественных проб фитобентоса (рис. 1, табл. 1).

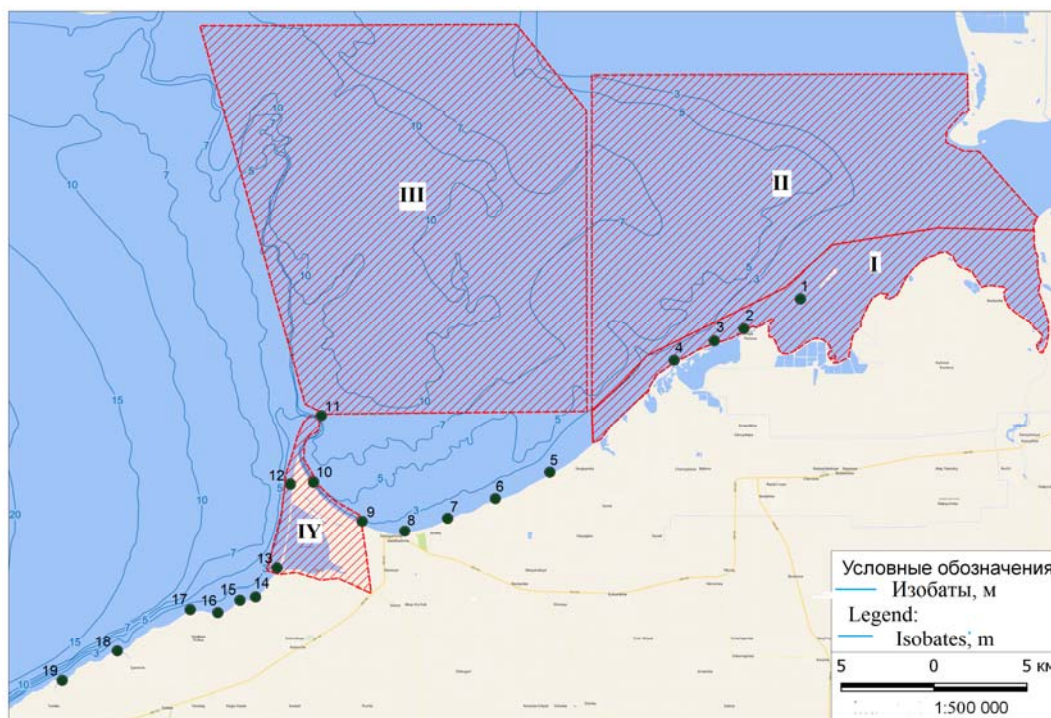


Рисунок 1. Картосхема района исследования и мест отбора фактического материала

Figure 1. Scheme (map) of the region investigated

● - станции отбора качественных и количественных проб макрофитов (2019 г.)

ООПТ: I - государственный природный заповедник «Лебяжьи острова»; II - государственный природный заказник федерального значения «Каркинитский»; III - государственный природный заказник федерального значения «Малое филофорное поле»; IV - ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Бакальская коса».

● - stations of qualitative and quantitative macrophyte sampling (2019)

Specialty protected natural areas: I - Lebyazhie Islands State Nature Reserve; II - Karkinitzkiy State Nature Reserve of Federal Significance; III - Small Phyllophora Field State Nature Reserve of Federal Significance; IV - Bakal Spit Regional Landscape Park

Таблица 1. Координаты станций, диапазон глубин, количество отобранных проб макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива

Table 1. Station coordinates, depth range and number of macrophytobenthos samples collected in the shallow-water zone of Karkinitzkiy Bay

№/№ станций Stations	Координаты / Coordinates		Количество проб / Number of samples				
	Северная широта North latitude	Восточная долгота East longitude	Урез воды Water's edge	0,5 м 0,5 m	1,0 м 1,0 m	1,5 м 1,5 m	2,0 м 2,0 m
1	45°51.358'	033°29.595'	∞	*	*	*	*
2	45°51.195'	033°28.965'	Ω	Ω	*	*	*
3	45°50.949'	033°28.347'	∞	∞	∞	∞	4
4	45°48.909'	033°24.056'	∞	∞	4	4	●
5	45°47.109'	033°21.251'	*~	*~	*~	*~	*~
6	45°46.130'	033°18.790'	*~	*~	*~	*~	*~
7	45°45.778'	033°17.573'	*~	*~	*~	*~	*~
8	45°45.778'	033°17.573'	*~	*~	*~	*~	*~
9	45°45.010'	033°14.915'	∞	∞	∞	∞	∞
10	45°45.704'	033°11.445'	∞	∞	∞	∞	∞
11	45°48.184'	033°10.669'	∞	∞	∞	∞	∞
12	45°45.975'	033°09.757'	∞	∞	∞	∞	∞
13	45°43.182'	033°08.390'	∞	∞	∞	∞	∞
14	45°43.113'	033°07.923'	∞	Ω	~	~	●
15	45°43.111'	033°07.733'	∞	Ω	~	~	●
16	45°42.301'	033°04.320'	∞	~	~	~	●
17	45°41.323'	033°01.567'	∞	4	4	4	●
18	45°40.759'	033°00.645'	Ω	4	—	—	4
19	45°40.444'	032°59.405'	∞	4	4	●	●

Примечание: ∞ - донная растительность отсутствует, * - отмершие листья взморников, ~ - пласты неприкрепленной *Cladophora* spp., Ω - качественные пробы макрофитов, ● - пробы не отбирали, в связи с большой удаленностью от берега
Note: ∞ - lack of bottom vegetation, * - dead leaves of *Zostera* spp., ~ - layers of loose *Cladophora* spp., Ω - qualitative samples of macrophytes, ● - no samples were taken, due to the great distance from the shore

Выделение фитоценозов по доминантной классификации и эколого-флористические характеристики водорослей даны по А.А. Калугиной-Гутник [30]. Сапробиологическая и галобная характеристики – по неопубликованным данным А.А. Калугина-Гутник и Т.И. Еременко. Для сравнительного анализа изменений в составе и структуре фитобентоса использовали архивные материалы экспедиций Института биологии южных морей (ИнБЮМ), проведенных в Каркинитском заливе в 1964-1965 гг. (сборы А.А. Калугиной-Гутник).

Для создания карты распределения донной растительности использовали программный пакет *QGIS 2.14.18*. На электронную основу топографической карты нанесены доминирующие виды макрофитобентоса, тип берега и природопользование. Для картографирования типов природопользования использовали классификацию, разработанную Т.Г. Нефедовой с соавторами [31]. Основные типы природопользования выделяли по преобладающему направлению хозяйственного использования территории с учетом хозяйствующих субъектов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе проведенных исследований составлена карта пространственного распределения доминирующих видов макрофитобентоса в мелководной зоне восточной и западной части Каркинитского залива (по положению к Бакальской косе), которые отличаются природными условиями и антропогенной нагрузкой на береговую зону (рис. 2).

Восточная часть Каркинитского залива

В мелководной зоне косы Заповедная (заповедника «Лебяжий острова») на **станциях 1, 2** на глубине от 0,5 до 2 м на сильно заиленном песке отмечены значительные скопления отмерших листьев взморников, преимущественно взморника морского (табл. 1, рис. 2) На **станции 2** изредка на отдельных твердых включениях встречаются единичные слоевища макрофитов, относящиеся, в основном, к зеленым (*Ulva intestinalis* L., *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kütz.) и красным водорослям (*Ceramium diaphanum* (Lightfoot) Roth и *C. virgatum* Roth), виды которых считаются типичными представителями трофных вод.

В прибрежной зоне пляжа с. Портовое на **станции 3** макрофитобентос был обнаружен только на глубине 2 м (табл. 1). На этой глубине описан фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*. Его биомасса составляет $1157,81 \pm 185,5$ г·м⁻². Доминирующая роль принадлежит эдификаторам фитоценоза (65% общей биомассы макрофитов) (табл. 2). В зарослях взморников встречаются *Cladophora albida* (Nees) Kütz. (12%), *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. (8%), *Laurencia obtusa* (Huds.) J.V. Lamour. (7%), *Ceramium virgatum* (4%), *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze (2% общей биомассы макрофитов). Преобладающие виды водорослей и их количественное соотношение свидетельствует о наличии хозяйственно-бытового загрязнения акватории пляжа.

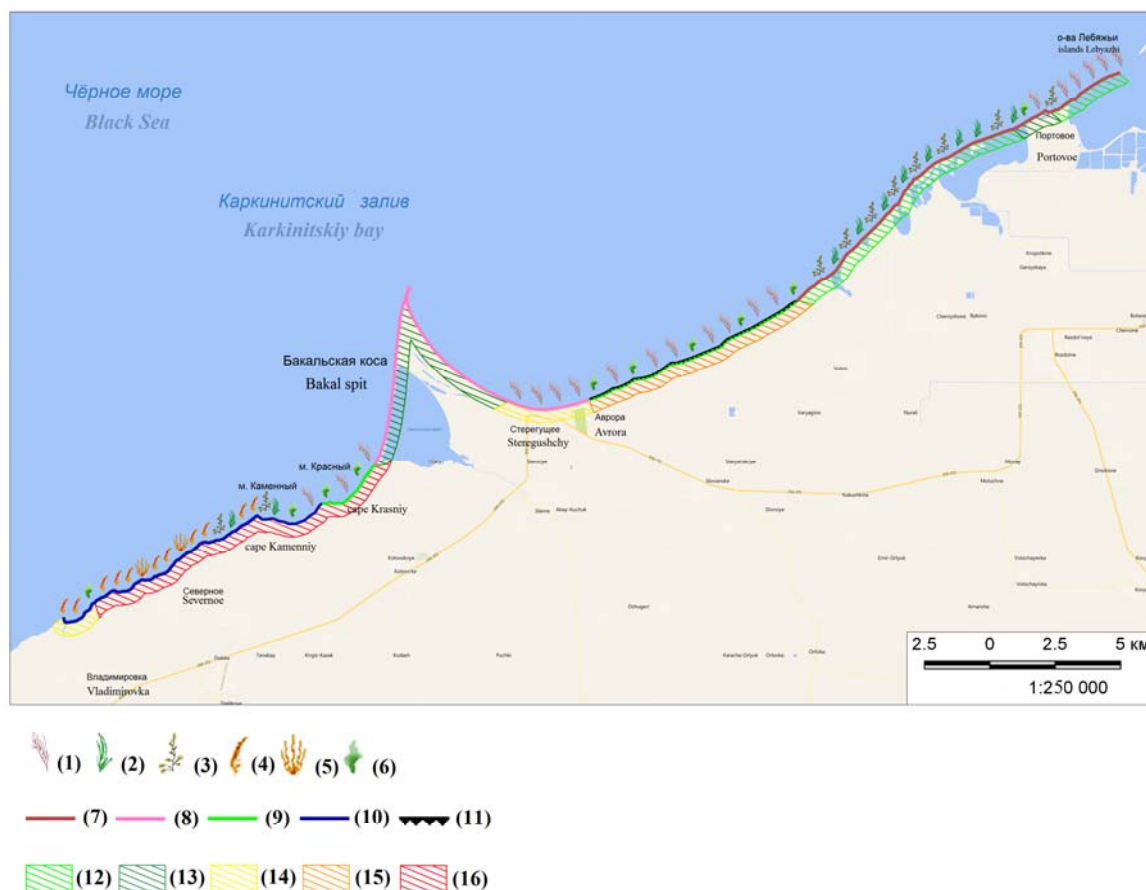
Донная растительность на **станции 4** отмечена с глубины 1 м, в ее составе обильно представлены морские травы (табл. 1). На глубине 1 м описан

фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*, его биомасса не превышает $587,4 \pm 96,2$ г·м⁻². Суммарная доля видов взморников достигает значительных величин, при этом вклад *Zostera noltei* почти втрое выше, чем *Z. marina* (табл. 2). Среди зарослей морских трав встречаются водоросли, такие как *Ceramium diaphanum* (2,1%), *Cladophora laetevirens* (1,0%), *Vertebrata subulifera* (0,7% общей биомассы макрофитов). Доля высшей водной растительности резко снижается с увеличением глубины до 1,5 м, хотя биомасса фитобентоса возрастает почти вдвое (табл. 2). На этой глубине доминирующая роль принадлежит *Cladophora albida* (41,6% общей биомассы макрофитов), пласты (маты) которой лежат на дне между единичными растениями *Z. noltei*.

В мелководной зоне с. Новоандреевка – с. Стерегущее на всех **станциях 5-8** на глинистых отложениях до глубины 2 м были представлены скопления отмерших листьев взморников и пласты неприкрепленных видов рода кладофора (табл. 1). У основания обрыва сформировались скопления отмершей морской травы, образующие фитогенные береговые формы (пляжи, береговые валы, «скалы»).

Показательно, что детальное изучение Каркинитского залива к востоку от Бакальской косы началось с 30-х гг. прошлого столетия. В этот период Н.В. Морозова-Водяницкая [7-9] отмечала массовые скопления zostеры (взморников) на глубине 0,5-6 м, при этом на глубине свыше 6-7 м морские травы встречались «разрозненными куртинами». Автором была определена предельная глубина их обитания, которая составляла 15 м, хотя, единичные экземпляры растений находили на глубине 20-24 м. В этот период ширина зарослей взморников в некоторых местах залива колебалась от 100 до 200 (400) м, а их максимальная биомасса в летний период достигала 6 кг·м⁻² [21]. Н.В. Морозовой-Водяницкой [8] было замечено, что до 1934 г. в акватории Каркинитского залива доминировала *Zostera marina*, а в период с 1934 по 1937 гг. произошла массовая гибель особей этого вида, по мнению специалистов, вызванная эпидемическим заболеванием. В это же время было зафиксировано активное расселение *Z. noltei*, которая стала встречаться до глубины 4 м, хотя, ранее, ее основные скопления были сосредоточены на глубине до 1,5 м [8].

Исследования, проведенные в этом же районе в середине 60-х гг. прошлого столетия, показали, что *Zostera marina* продолжала занимать господствующее положение на незначительно заиленном песчаном ракушечнике на глубине 0,5-8 м, а *Z. noltei* – предпочитала песчаное мелководье [10]. Типичными представителями макрофитов, входившими в состав фитоценоза взморников, являлись, в основном, красные водоросли (*Dasya baillouviana* (S.G. Gmel.) Mont., *Vertebrata subulifera*, *Chondria capillaris*, *Ceramium tenuicorne* Kütz. Waern, *Laurencia obtusa*), тогда как зеленые виды водорослей практически отсутствовали [11]. Характерно, что в 1964-1965 гг. в мелководной зоне восточной части Бакальской косы от ее дистальной до корневой части до глубины 0,4-0,5 м располагался «чистый» плотный песок, лишенный донного растительного покрова [11].



Условные обозначения: 1 – отмершие листья *Zostera marina* и *Z. noltei*; 2 – *Zostera marina*; 3 – *Zostera noltei*; 4 – *Carpodesmia crinita*; 5 – *Treptacantha barbata*; 6 – *Cladophora albida*;

Тип берега: 7 – аккумулятивный с ветровой осушкой; 8 – приложенное аккумулятивное тело; 9 – абразионно-обвальный в глинистых породах; 10 – абразионный в полускальных породах; 11 – фитогенные берега;

Тип природопользования: 12 – природоохранный; 13 – природоохранный с рекреацией; 14 – селитебный (сельский) с организованной рекреацией; 15 – сельскохозяйственный; 16 – сельскохозяйственный с неорганизованной рекреацией и специальное (военное)

Legend: 1 – Dead leaves of *Zostera marina* & *Z. noltei*; 2 – *Zostera marina*; 3 – *Zostera noltei*; 4 – *Carpodesmia crinita*; 5 – *Treptacantha barbata*; 6 – *Cladophora albida*;

Type of coast: 7 – accumulative coastlines with surge-induced recession; 8 – coastal landforms of deposition (spit);

9 – eroded-landslide clay rocks; 10 – eroded coast in loose rocks; 11 – eroded coast with phytogenic landforms;

Type of nature management: 12 – nature protection; 13 – nature protection with recreation; 14 – residential (rural) with organized recreation; 15 – agricultural; 16 – agricultural with unorganized recreation and special (military) function

Рисунок 2. Картограмма распределения донной растительности в мелководной зоне Каркинитского залива

Figure 2. Scheme (map) of bottom vegetation distribution of the shallow water zone in Karkinit'skiy Bay

Таблица 2. Изменение биомассы макрофитов и доли доминирующих видов в мелководной зоне Каркинитского залива в 2019 г.

Table 2. Change in biomass of macrophytes and proportion of dominant species of the shallow water zone in Karkinit'skiy bay in 2019

Станции Stations	Глубина, м Depth, m	Биомасса макрофитов, г·м ⁻² Biomass of macrophytes, gm·m ⁻²	Доля, % / Proportion %		
			<i>Zostera marina</i>	<i>Zostera noltei</i>	<i>Carpodesmia crinita</i> , <i>Treptacantha barbata</i>
3	2	1157,8±185,5	46,1	18,7	0
4	1	587,4±96,2	23,8	70,5	0
	1,5	1048,4±191,1	0	9,0	0
17	0,5	4737,9±560,0	0,9	2,7	79,0
	1	2590,3±355,8	6,2	31,5	22,6
18	1,5	11849,0±923,6	1,0	1,6	92,6
	0,5	3564,0±276,1	0	0	74,2
19	2	8115,6±521,4	0	0	90,3
	0,5	1823,0±203,8	0	0	50,3
19	1	6819,2±401,7	0	0	63,4

Примечание: нумерация и описание станций соответствует сведениям, представленным в тексте и на рисунке 1

Note: the numbering and description of stations corresponds to the information presented in the text and in Figure 1

В конце 80-х гг. прошлого века, как и более 20 лет назад, донная растительность в мелководной зоне к востоку от Бакальской косы была представлена zostеровым (взморниковым) фитоценозом [13]. Однако к этому времени, полоса распространения морских трав значительно сузилась. Показательно, что фитоценоз стали регистрировать на илисто-песчаных донных отложениях на глубине 2-4(5) м. Среди зарослей *Zostera marina* и *Z. noltei*, помимо вышеперечисленных видов, впервые были отмечены *Ulva linza* L., *Chaetomorpha ärea* (Dillwyn) Kütz., *Ectocarpus siliculosus*, *Vertebrata reptabunda* (Suhr.) Diaz-Tapia & Maggs, *Ceramium diaphanum* – макрофиты, обитающие в загрязненных органикой водах. Однако сравнительно малая доля зеленых водорослей в сообществе свидетельствовала об относительно слабой степени эвтрофирования водных масс [13].

С введением в эксплуатацию Северо-Крымского канала (в рассматриваемом районе в середине 60-х гг. прошлого столетия) в приморской зоне Каркинитского залива стало активно развиваться рисоводство и рыборазведение. Сброс гипертрофной пресной воды с рисовых чеков и прудов оказывал существенное влияние на экологическое состояние прибрежной зоны. Поступление воды, обогащенной удобрениями, гербицидами и пестицидами, привело к негативным изменениям среды в этой части моря. Так, в конце 80-х гг. прошлого столетия в морской воде к востоку от Бакальской косы было отмечено увеличение содержания биогенных элементов, резкое снижение ее прозрачности (0,5-1 м в 1986 г. вместо 6-8 м в 1964-1965 гг.), вследствие повышения количества взвеси, при этом на заиленном дне сформировался слой органического осадка. Эти изменения в акватории естественно вызвали ответную реакцию биоценозов, в том числе и донной растительности [12; 13; 15].

Таким образом, согласно А.А. Калугиной-Гутник и И.К. Евстигнеевой [13], в этом районе за период с 1964 по 1986 гг. наметилась отрицательная направленность в трансформации состава и структуры макрофитобентоса, которая продолжилась и в начале 2000-х гг. [17; 23]. Так, в работе И.К. Евстигнеевой и И.Н. Танковской [17] в составе макрофитобентоса была отмечена высокая доля представителей родов кладофоры и ульвы, что свидетельствует о повышенной трофности среды. Показательно, что вспышки развития сопутствующих и эфемероидных зеленых видов водорослей были зарегистрированы на многих участках Черного моря [32]. Характерно, что обильное развитие кладофоры в прибрежной зоне является откликом экосистемы на деградацию коренных фитоценозов цистозир, zostеры и филлофоры [32].

Сведения, полученные авторами в 2019 г., согласуются с ранее сделанными выводами об изменении состояния донной растительности в восточной части Каркинитского залива, береговая зона которого наиболее подвержена хозяйственной деятельности, оказывающей влияние на состав и структуру макрофитов (рис. 2). В современных условиях вегетирующие морские травы нами были обнаружены только на участке от пляжа с. Портовое до Сергеевской пересыпи (станции 3, 4). Показательно, что на этих станциях среди зарослей взморников обильно встречалась *Cladophora albida*, доля которой достигала 12-47% общей биомассы макрофитов. На остальных станциях макрофитобентос отсутствует.

В с. Портовое в 1989 г. была построена буна из каменной наброски, в результате чего с западной стороны произошло накопление пляжевого материала, а к востоку – низовой размыв, сопровождавшийся заилением акватории [33]. Характерно, что на станциях 1, 2 поверхность дна очень вязкая, при этом с увеличением глубины до 1-1,5 м толщина вязкого слоя достигает 0,3-0,5 м. Общеизвестно, что на рост и развитие взморников оказывает существенное влияние гранулометрический состав донных осадков, поскольку они служат не только субстратом для закрепления подземных органов (корней, корневищ), но являются также средой, из которых абсорбируют питательные вещества [34]. В ряде работ показано, что морские травы испытывают гипоксию при произрастании на илистых донных отложениях, при котором недостаток кислорода вызывает снижение показателя фотосинтетической активности листьев и негативно влияет на метаболизм растений [34-36]. Таким образом, вполне объяснимо отсутствие высшей водной растительности на этих станциях.

На глинистом бенче, прилегающем к абразионно-глинистым берегам, донная растительность отсутствует (станции 5-8). Клиф, сложенный толщей бурых плиоценовых и четвертичных глин, постоянно разрушается (рис. 3). Так, например, в период с 1974 по 1991 гг. клиф терял, судя по наблюдениям Ялтинской гидрогеологической партии, 12,8 м³/пог. м в год. Если учесть и размыв бенча, то это значение возрастает до 15 м³/пог. м в год. В штормовой 1981 г. размыв клифа и бенча достигал 25 м³/пог. м в год (40 т/пог. м в год), что является самой высокой скоростью разрушения берегов Крыма [37]. Поступление значительного объема терригенного глинистого материала также не способствует произрастанию морских трав [34-36].

Район северо-западного побережья Крыма характеризуется интенсивной штормовой деятельностью. Образование в 2010 г. пролива между бывшей и современной дистальной частью Бакальской косы увеличило активность ветрового волнения от наиболее волноопасных ветров юго-западного направления. Согласно Б.В. Дивинского [38], в восточной части акватории наблюдается климатическая тенденция к увеличению продолжительности штормов, тогда как в западной части косы заметные тренды по продолжительности штормового волнения не обнаружены. В тоже время известно, что на состояние донной растительности существенное влияние оказывает гидродинамический режим морской акватории, помимо особенностей геолого-геоморфологического строения береговой зоны. Так, эксперименты, проводимые в бухте Пограничной (залив Петра Великого), показали близкую зависимость плотности популяции морских трав от степени волновой динамики. Интенсивная турбулентность воды приводит к высокой подвижности верхних слоев донных отложений, и если толщина динамически активного слоя осадков превысит определенное критическое значение, то укоренившиеся растения остаются практически незакрепленными и вихревыми движениями вод постепенно извлекаются из грунта [39]. Таким образом, изменившиеся гидродинамические условия и перераспределение донных отложений, вероятно, могли послужить причиной изменений в распределении растительного покрова в восточной части Каркинитского залива.



Рисунок 3. Абразионно-обвальные берега в глинистых породах в восточной части Каркинитского залива
Figure 3. Eroded-landslide coast in clay rocks in the eastern part of Karkinititskiy Bay

В последние десятилетия, по свидетельству местных жителей, в воде к востоку от корневой части Бакальской косы резко увеличилось количество опавших листьев морских трав, которые в огромной массе скопились в прибрежной полосе на расстоянии до 50 м от берега. Общеизвестно, что формирование и опад листьев взморников происходит в течение всего года (наиболее массовое их сбрасывание наблюдается в августе–сентябре). Необходимо заметить, что еще в 40-х гг. прошлого столетия в этом районе фиксировали значительные выбросы zostеры (взморников), из которых образовывались причлененные фитогенные валы. Бакальская коса выполняла роль барьера, поэтому при преобладающих здесь северо-западных ветрах дополнительно поступал опад травы, вымываемый из кутов восточной части залива. Показательно, что в 1937 г. район Бакала (с. Стерегущее) стоял на одном из первых мест по обилию выбросов травы и количеству заготавливаемого сырья (камка), использование которого находило широкое применение в народном хозяйстве. На этом участке высота валов достигала 1 м, «плотно сбитые у берега и своевременно не извлеченные из воды, выбросы zostеры (взморников) постепенно перетирались и в виде детрита снова уносились в море» [10]. В 1938 г. все промысловые пункты, расположенные в Каркинитском заливе, собрали 4000 т сырья, что, по мнению Н.В. Морозовой-Водяницкой [9], не являлось пределом возможной добычи морских трав.

В работе А.В. Живаго [11] было показано, что к востоку от Бакальской косы, массовые выбросы взморников скапливались не только на берегу, но и в море на подводных отмелях на расстоянии 20–30 м от берега, где из них образовывались плавучие острова. Согласно А.В. Живаго [11], описанный тип скоплений высшей водной растительности является лишь одним из представителей целой серии фитогенных береговых

форм (пляжи, береговые валы, бугры), наблюдающихся на побережье Каркинитского залива. Здесь формированию островов способствуют малые прибрежные глубины и защищенность всего района от волнений. Однако, в противоположность другим фитогенным образованиям, взморниковые острова вряд ли способны к долголетнему существованию.

В современных условиях на мелководье к востоку от Бакальской косы нами также отмечены обильные скопления опада листьев взморников (рис. 4), которые в настоящее время смешаны с пластинами нитчатых водорослей рода кладофора, что свидетельствует о наличии в воде значительных концентраций органических соединений. Характерно, что ранее фитогенные валы формировались из практически «чистых» отмерших листьев морских трав, которые, как известно, не подвержены гниению, тогда как сейчас в их составе обнаружена значительная доля «примесей» из активно разлагающихся водорослей. Благодаря скоплениям опада взморников, берег, примыкающий к восточной ветви Бакальской косы, за последние 10 лет, особенно после 2014 г., обнаруживает признаки активного нарастания (ширина аккумулятивного берега увеличилась более чем на 20 м) за счет развития фитоберегов. Показательно, что сформировавшиеся фитогенные валы ослабляют абразию берегов [37].

Акватория восточной части Каркинитского залива из-за ее мелководности и слабого водообмена с открытым морем практически ежегодно замерзала. Дополнительным фактором льдообразования, являлось распреснение залива из-за сброса вод Северо-Крымского канала, что сказывалось на продолжительности и степени ледовитости. Из-за этого в его кутовой части соленость воды понижалась до 2–3‰, а в отдельные сезоны пониженная соленость наблюдалась на всем мелководье этой части залива [37]. В зависимости от суровости зимы, число дней со льдом в

восточной части от Бакальской косы могло варьировать от 20 до 76 суток, а максимальная толщина льда составлять от 19 до 54 см [37]. Со слов сотрудников Государственного природного заповедника «Лебяжий острова», ранее наиболее мелководная часть залива

промерзала до дна. В таких условиях в период ледохода преобладающими северо-восточными ветрами значительные объемы вмёрзших в лед отмерших листьев взморников выносились в открытое море.



Рисунок 4. Абразионные берега с фитогенными береговыми формами в восточной части Каркинитского залива
Figure 4. Eroding coast with phytogenic landforms in the eastern part of Karkinitzkiy Bay

Однако в последние 30 лет наблюдается повышение повторяемости мягких зим и уменьшение числа суровых, в связи с чем, общая ледовитость и продолжительность существования льда уменьшается. Этому также способствует отделение дистальной части косы от ее тела, благодаря чему увеличился приток более теплых вод из открытой части моря в Бакальскую бухту [37]. Кроме этого, прекращение сброса пресной воды привело к увеличению солености морской воды. В результате чего произошли изменения в ледовом режиме восточной части залива. Таким образом, по ряду вышеизложенных причин, а также при отсутствии сброса камки, вполне возможно увеличение объема отмерших листьев взморников как в воде, так и на берегу.

Анализ собственных материалов и литературных источников показал, что изменения в распределении донной растительности в восточной мелководной части Каркинитского залива, вероятно, связаны с комплексным воздействием, как природных факторов, так и антропогенной деятельностью на побережье.

Бакальская коса

Вдоль этого побережья на всех **станциях 9-13** до глубины 2 м на песчаных и ракушечно-песчаных отложениях донная растительность не обнаружена (табл. 1). Согласно более ранним работам А.А. Калугиной с соавторами [12] и С.Е. Садогурского [23], мелководная зона Бакальской косы также была лишена растительного покрова, что характерно для участков с активной гидродинамикой и подвижностью рыхлых отложений.

Западная часть Каркинитского залива

В целом, в мелководной зоне корневой части западной ветви Бакальской косы (**станции 14-16**) от уреза воды до глубины 1 м донная растительность практически отсутствует, тогда как глубже, обильно представлены плавающие в толще воды или лежащие на дне маты (свалы), состоящие, в основном, из представителей рода *Cladophora*, где доминирующая роль принадлежит *Cladophora albida* (рис. 2, табл. 1). На всех трех станциях среди скоплений кладофоры обнаружены неприкрепленные талломы *Vertebrata subulifera*, *Ceramium diaphanum*, *Ectocarpus siliculosus*. У мыса Красный на глубине 0,5-1,0 м (**станция 14**) изредка встречаются неприкрепленные слоевища *Callithamnion corymbosum* (Smith) Lyngb., *Ceramium virgatum*, *Laurencia obtusa*, *Lophosiphonia obscura* (C. Agardh) Falkenb., *Chondria capillaris* (Huds.) M.J. Wynne. Большая часть этих видов водорослей произрастает в эвтрофированных водах и отличается высокой толерантностью к загрязнению среды. На **станции 15** на глубине свыше 0,5 м среди свалов из *Cladophora albida* отмечены, запутавшиеся в ее нитчатых талломах, *Chondria dasyphylla* (Woodw.) C. Agardh и *Ceramium ciliatum* (J. Ellis) Ducluz. На единичных твердых включениях произрастает *Ulva intestinalis*. На **станции 16** на тех же глубинах, в целом, отмечен аналогичный состав водорослей, что и на предыдущей станции (табл. 1). Однако на этой станции на выходах твердого субстрата на глубине 0,5 м зарегистрированы единичные экземпляры *Carpodesmia crinita*.

Показательно, что в середине 60-х гг. прошлого века в мелководной зоне западной части от Бакальской

косы до мыса Каменный от уреза воды до глубины 0,4-0,5 м также располагались песчаные отложения, где донная растительность отсутствовала [12]. В настоящее время в западной корневой части Бакальской косы, в месте ее примыкания к активному глинистому клифу, наблюдается интенсивная абразия берега со средней скоростью 5,6 м/год [33]. Так, в период 2003-2016 гг. берег здесь отступил на 75 м. В тоже время скорость размыва глинистого клифа существенно снижается по мере удаления от косы [33]. Донные отложения и активная гидродинамика, вероятно, определили отсутствие донной растительности в этом районе.

В мелководной зоне у мыса Каменный в диапазоне глубин 0,5-1,5 м (станция 17) описаны сообщества *Carpodesmia crinita* и *Zostera marina* – *Z. noltei*. Фитоценоз *Carpodesmia crinita*, где доминирующая роль принадлежит его эдификатору, зарегистрирован на выходах известняков на глубине 0,5 м (табл. 2). На этой глубине среди зарослей *Carpodesmia crinita* единично на песчаных прогалинах встречаются *Zostera noltei* и *Z. marina*, суммарный вклад которых не превышает 3,6% общей биомассы макрофитов. В составе фитоценоза обильно представлена *Cladophora albida* (10,5% общей биомассы макрофитов), которая встречается как в литофитной, так и эпифитной форме. Здесь на некоторых участках произрастает *Ulva intestinalis* (3,5% общей биомассы макрофитов). Остальные виды водорослей входят в состав эпифитной синузиды *Carpodesmia crinita* (*Corynophlaea umbellata* (C. Agardh) Kütz., *Sphacelaria cirrosa* (Roth) C. Agardh, *Laurencia coronopus* J. Agardh, *Vertebrata subulifera*, *Chondria capillaris*, *Ceramium diaphanum*), суммарная доля которых не превышает 3,4% общей биомассы макрофитов.

На глубине 1 м на рыхлых грунтах зарегистрирован фитоценоз *Zostera marina* – *Z. noltei*. Его биомасса примерно вдвое ниже, чем эта величина фитоценоза *Carpodesmia crinita* (табл. 2). Здесь господствующее положение занимают морские травы, их суммарный вклад достигает 37,7% общей биомассы макрофитов. Характерно, что среди взморников преобладает *Z. noltei*, доля которой в 5 раз выше, чем этот показатель *Z. marina*. В зарослях высшей водной растительности на твердом субстрате обнаружена *Carpodesmia crinita*, вклад которой не превышает 22,6% общей биомассы макрофитов (табл. 2). Под пологом *Carpodesmia crinita* изредка встречается *Cladostephus spongiosum* (Huds.) C. Agardh (0,2% общей биомассы макрофитов). В составе этого фитоценоза зарегистрирована литофитная форма *Ulva intestinalis* (3,4% общей биомассы макрофитов). На этой глубине также зафиксированы значительные скопления *Cladophora albida* (30,9% общей биомассы макрофитов). Слоевища этого вида опутали как особи *Carpodesmia crinita*, так и *Zostera noltei*, *Z. marina*. Видовой состав эпифитной синузиды, встречающейся на *Carpodesmia crinita*, разнообразен. На слоевищах этой водоросли отмечены *Chondria dasyphylla*, *Ch. capillaris*, *Polysiphonia opaca* (C. Agardh) Moris & e Not., *P. subulata* (Ducluz.) Kütz., *Laurencia coronopus*, *Vertebrata subulifera*, *Ceramium diaphanum*, *Corynophlaea umbellata*, *Sphacelaria cirrosa*, суммарный вклад которых составляет 5,2% общей биомассы макрофитов..

На глубине 1,5 м зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса достигает значительных величин, при этом доля доминирующего

вида высока (табл. 2). Среди зарослей *Carpodesmia crinita* единично встречаются морские травы, на них приходится 2,6% общей биомассы макрофитов (табл. 2). Среди эпифитов, произрастающих на *Carpodesmia crinita*, преобладают *Cladophora albida* (2,3%), *Sphacelaria cirrosa* (1,4%), *Vertebrata subulifera* (0,5% общей биомассы макрофитов). Характерно, что большинство видов водорослей, отмеченных на этом участке, обитают в чистых водах или в акваториях, имеющих незначительное загрязнение среды.

Согласно имеющимся материалам, ранее, в акватории мыса Каменный взморники не произрастали [12]. В 1965 г. в этом районе были обнаружены заросли цистозир, которые располагались продольными полосами на скалистых грядках, расположенных среди песчаных отмелей [12].

К западу от мыса Каменный морские травы на исследованных глубинах не встречаются, здесь, в основном, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. На песчаной отмели у уреза воды (станция 18) на редких твердых включениях произрастают виды рода церамииум (*Ceramium diaphanum*, *C. virgatum*, *C. ciliatum*), *Chondria capillaris*, *Polysiphonia denudata* (Dillwyn) Grev. ex Harv., *Ulva intestinalis*, *Cladophora sericea* (Huds.) Kütz., *Carpodesmia crinita* (проростки).

На глубине 0,5 м песчаные отложения сменяются на известняковый субстрат, на котором зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса составляет $3564,0 \pm 276,1$ г·м⁻², при этом вклад доминанта достаточно высокий (табл. 2). Остальные виды водорослей, отмеченные на этой станции, входят в состав эпифитной синузиды *Carpodesmia crinita*. Наиболее обильно представлена *Cladophora albida* (15,3% общей биомассы макрофитов), также встречается *Cladophora sericea* (3,9%), *C. laetevirens* (1,3%), *Ceramium ciliatum* (3,4% общей биомассы макрофитов).

На глубине 2 м зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*+*Treptacantha barbata*. В составе макрофитобентоса на долю ее эдификаторов приходится 90,3% общей биомассы макрофитов, причем доля первого вида в 3,5 раза выше, чем второго (табл. 2). На слоевищах *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata* эпифитируют *Vertebrata subulifera* (7,5%), *Chondria capillaris* (0,8%), *Sphacelaria cirrosa* (0,5%), *Laurencia obtusa* (0,5%), *L. coronopus* (0,3% общей биомассы макрофитов).

На известняковом субстрате на глубине 0,5 м (станция 19) зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*, где на долю доминирующего вида приходится половина биомассы макрофитов (табл. 2). На этой станции *Ulva intestinalis* (9,8% общей биомассы макрофитов) встречается как в литофитной, так и эпифитной форме. На этой глубине отмечены значительные скопления *Cladophora albida* (17,7% общей биомассы макрофитов), слоевища которой в виде свалов лежат на грунте или как эпифиты произрастают на талломах *Carpodesmia crinita*. В состав ее эпифитной синузиды также входят *Cladophora laetevirens* (14,3%), *Polysiphonia opaca* (4,8%), *Vertebrata subulifera* (2,7% общей биомассы макрофитов).

На глубине 1 м также зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita*. Его биомасса при увеличении глубины от 0,5 до 1 м возрастает почти в 4 раза, при этом вклад доминирующего вида увеличивается незначительно (табл. 2). Виды

Cladophora albida (26,8%) и *Ulva intestinalis* (4,1% общей биомассы макрофитов) представлены как эпифитной, так и литофитной формами. На слоевищах *Carpodesmia crinita* отмечены такие эпифиты, как *Sphacelaria cirrosa* (2,5%), *Vertebrata subulifera* (1,6%), *Polysiphonia opaca* (0,6%), *Corynophlaea umbellata* (0,5% общей биомассы макрофитов). Большинство водорослей, встречающихся на этом участке, относятся к видам, которые произрастают в среде, имеющей хозяйственно-бытовое загрязнение.

Исходя из архивных материалов ИнБЮМ (сборы в июле 1965 г. выполнены А.А. Калугиной-Гутник по аналогичной методике и тем же координатам), оказалось возможным провести сравнительный анализ состава и количественных характеристик макрофитобентоса на глубине 1 м (станция 19). Показательно, что за эти годы видовой состав макрофитов и их биомасса существенно изменились. В 1965 г. на этой глубине был описан фитоценоз *Carpodesmia crinita* + *Treptacantha barbata*, его биомасса составляла $3040,0 \pm 278,5$ г·м⁻². За прошедшие 54 года этот показатель возрос более чем вдвое. В настоящее время увеличение биомассы сообщества *Carpodesmia crinita* + *Treptacantha barbata* в верхней сублиторальной зоне на глубине 0,5-3 м характерно для многих районов крымского шельфа [40]. Однако, за этот период на этой глубине вклад доминирующих видов (91,1% общей биомассы макрофитов) снизился в 1,4 раза (табл. 2), а эпифитов – повысился более чем вдвое. Характерно, что ранее эпифитная сингузия была представлена только двумя видами: *Vertebrata subulifera* (6,3%) и *Laurencia coronopus* (2,6% общей биомассы макрофитов).

В середине 60-х гг. прошлого века на участке побережья от мыса Каменный до мыса Прибойный (за исключением бухт Ярылгачская и Черноморская) на твердом субстрате от уреза воды до глубины 10-12 м протянулись заросли *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata*, при этом их ширина колебалась от 300 до 900 м [12]. Эпифитный комплекс на этих видах (*Corynophlaea umbellata*, *Feldmania irregularis* (Kütz.) Hamel, *Ceramium ciliatum*, *Polysiphonia opaca*, *Vertebrata subulifera*, *Laurencia coronopus*) и сопутствующие им водоросли (*Cladostephus spongiosum*, *Gelidium spinosum* (S.G. Gmrl.) P.C. Silva) были представлены макрофитами, обитающими у открытых и обрывистых берегов с высокой степенью прибойности, где отсутствуют источники загрязнения водной среды [12].

Таким образом, в целом, к западу от Бакальской косы в мелководной зоне в составе и структуре донной растительности также отмечены изменения, которые выразились в значительном увеличении количества видов красных и зеленых водорослей, доли эпифитирующих макрофитов и снижении вклада *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata*.

Анализ имеющихся материалов показал, что в акватории Каркинитского залива выявлены изменения геоэкологических условий, которые, вероятно, оказали влияние на распределение и состояние макрофитобентоса в его мелководной части. В целом, вопрос о причинах таких изменений остается дискуссионным. Многие из высказанных положений требуют дальнейшей проработки и проведения дополнительных полевых исследований, что позволит выработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации природоохранного режима и рациональному природопользованию береговой зоны северо-западного Крыма

с целью сохранения и восстановления ресурсов донной растительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые составлена карта пространственного распределения доминирующих видов макрофитобентоса в мелководной зоне Каркинитского залива, которая различается природными условиями и антропогенной нагрузкой на береговую зону.

Выявлено, что в восточной части залива на отмеле подводном склоне, сложенном илисто-песчаными отложениями, прилегающем к аккумулятивным берегам, доминируют морские травы. Показано, что в современных условиях вегетирующие *Zostera marina* и *Z. noltei* обнаружены только на участке от пляжа пос. Портовое до пересыпи Сергеевской косы. Среди зарослей взморников обильно встречается *Cladophora albida*, доля которой достигает 12-47% общей биомассы макрофитов. Характерно, что на этом участке биомасса взморникового фитоценоза возрастает вдвое (от $587,4 \pm 96,2$ до $1157,8 \pm 185,5$ г·м⁻²) при увеличении глубины от 0,5 до 2 м, при этом, на долю эдификаторов приходится 65-94% общей биомассы макрофитов. В корневой восточной части Бакальской косы на глинистом бенче, прилегающем к абразионно-глинистым берегам, донная растительность отсутствует, здесь отмечены значительные скопления отмерших листьев взморников.

В акватории мелководной зоны Бакальской косы на песчаных и ракушечно-песчаных отложениях донный растительный покров не обнаружен, его распространение лимитируется активной гидродинамикой. В мелководной зоне корневой части западной ветви Бакальской косы, в месте ее примыкания к активному глинистому клифу, обильно представлены плавающие в толще воды или лежащие на дне маты (свалы), состоящие, в основном, из представителей рода *Cladophora*.

В районе м. Каменный отмечено мозаичное распространение донной растительности, где зарегистрировано совместное произрастание водорослей, встречающихся на выходах известняков, и морских трав, обитающих на рыхлых грунтах. На этом участке биомасса макрофитов колеблется в широком диапазоне от $4737,9 \pm 560,0$ до $11849,0 \pm 923,6$ г·м⁻², при этом, вклад *Zostera marina* и *Z. noltei* варьирует в пределах 3-38%, а *Carpodesmia crinita* и *Treptacantha barbata* – от 23 до 93% общей биомассы.

К западу от мыса Каменный на мелководье, прилегающем к абразионным берегам, выработанным в известняках, зарегистрирован фитоценоз *Carpodesmia crinita* – *Treptacantha barbata*. Показательно, что биомасса сообщества возрастает более чем в 4 раза (от $1823,0 \pm 203,8$ до $8115,6 \pm 521,4$ г·м⁻²) при увеличении глубины от 0,5 до 2 м, при этом, доля эдификаторов составляет 63-90% общей биомассы макрофитов.

Выявлено, что на состояние донной растительности оказывает влияние тип природопользования береговой зоны Каркинитского залива, которая в настоящее время отличается полифункциональным использованием и антропогенной преобразованностью. На основе сравнительного анализа полученных и литературных материалов отмечено, что, в целом, для мелководной зоны залива характерно увеличение биомассы эпифитов и снижение роли видов-доминантов, при этом в составе

макрофитобентоса возросла доля видов водорослей, встречающихся в районах с повышенным уровнем эвтрофирования морской среды.

Показано, что происходящие изменения в составе и структуре донной растительности, вероятно, обусловлены воздействием, как природных факторов, так и усилением антропогенной деятельности в береговой зоне Каркинитского залива. Основными из них являются:

- прекращение сброса пресной воды из Северо-Крымского канала, и, как следствие, значительное увеличение солености морской воды, что уменьшает продолжительность и степень ледовитости залива, которая, в свою очередь, влияет на вынос в период ледохода в открытое море отмершей и вегетирующей донной растительности;
- уменьшение поступления терригенного материала в море, как следствие, сокращение абразионной деятельности у берегов из-за образования фитогенных валов;
- образование пролива между бывшей и современной дистальной частью Бакальской косы, что увеличило активность ветрового волнения от наиболее волноопасных ветров юго-западного направления.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИНБЮМ по теме № АААА-А18-118021350003-6 и ФГБУН ФИЦ МГИ по теме № 0555-2021-0005.

ACKNOWLEDGMENT

The research is undertaken under State Order from the Kovalevskii Institute for Marine Biological Research, project № АААА-А-18118021350003-6 and the Marine Hydrophysical Institute of RAS № 0555-2021-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. 480 с.
2. Dumont H.J., ed. Black Sea Red Data Book. NY: United Nations Office for Project Services, 1999. 413 p.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
4. Генкель А.Г. Отчет о командировке летом 1902 г. на Черном море // Тр. Петерб. общ. ест. Т. XXXIII. Вып. 1. Протокол заседания. N 6. 1902.
5. Зернов С.А. Отчет о командировке в северо-западную часть Черного моря для изучения фауны и собирания коллекций для Зоологического Музея Академии Наук // Ежегодник Зоологического Музея Академии Наук. 1908. Т. XIII.
6. Зернов С.А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Записки Императорской Академии Наук. СПб., Тип. Имп. АН., 1913. Т. 32. N 1. 304 с.
7. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитобентос Каркинитского залива // Труды Севастопольской Биологической Станции Академии Наук. 1936. Т. V. С. 62-64.
8. Морозова-Водяницкая Н.В. Зостера как объект промысла на Черном море // Природа. 1939. N 8. С. 49-52.
9. Морозова-Водяницкая Н.В. Материалы по биологии и распределению зостеры в Черном море // Гидробиологические исследования северо-восточной части Черного моря. 1973. С. 5-19.
10. Живаго А.В. Острова из зостеры у западных берегов Крыма // Природа. 1947. N 5. С. 62-64.
11. Калугина А.А., Куликова Н.М., Лачко О.А. Качественный состав и количественное распределение фитобентоса в Каркинитском заливе // Донные биоценозы и биология бентосных организмов Черного моря. 1967. С. 28-51.

12. Беляев Б.Н. Освещенность водной толщи Каркинитского залива и филофорного поля Зернова летом 1986 и 1989 гг. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 75-90.
13. Калугина-Гутник А.А., Евстигнеева И.К. Изменение видового состава и количественного распределения фитобентоса в Каркинитском заливе за период 1964-1986 гг. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 98-105.
14. Каминер К.М. Филлофора и зостера заливов северо-западной части Черного моря // Промысловые водоросли и их использование. 1981. С. 81-86.
15. Пархоменко А.В., Ковальчук Ю.Л. Некоторые гидрохимические характеристики водной толщи Каркинитского залива в июле и сентябре 1986 г. // Экология моря. 1993. Вып. 43. С. 69-75.
16. Мильчакова Н.А., Александров В.В., Бондарева Л.В., Панкеева Т.В., Чернышева Е.Б. Морские охраняемые акватории Крыма: научный справочник. Симферополь: Н. Оріанда, 2015. 312 с.
17. Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Макрофитобентос и макрофитоперифитон заповедника «Лебяжий острова» (Черное море, Украина) // Альгология. 2010. Т. 20. N 2. С. 176-191.
18. Евстигнеева И.К., Танковская И.Н. Летний макрофитобентос псевдо- и сублиторали Бакальской косы и прилегающей акватории Каркинитского залива (Черное море, Украина) // Альгология. 2011. Т. 21. N 3. С. 295-311.
19. Маслов И.И. Макрофитобентос некоторых заповедных акваторий Черного моря (Украина) // Альгология. 2002. Т. 12. N 1. С. 81-95.
20. Миничева Г.Г., Косенко М.Н., Швеца А.В. Фитобентос Большого и Малого филофорных полей как отображение экологического состояния северо-западной части Черного моря // Морской экологический журнал. 2005. Т. 4. N 4. С. 61-71.
21. Садогурский С.Е. К изучению макрофитобентоса заповедных акваторий Каркинитского залива (Черное море) // Альгология. 2001. Т. 11. N 3. С. 342-359.
22. Садогурский С.Е. Флора и растительность акваторий филиала Крымского природного заповедника «Лебяжий острова» (Черное море): современное состояние и пути сохранения // Заповідна справа в Україні. 2009. Т. 15. N 2. С. 41-50.
23. Садогурский С.Е. Макрофитобентос территориально-аквального комплекса Бакальской косы и прилегающей акватории Черного моря // Заповідна справа в Україні. 2010. Т. 16. N 1. С. 29-43.
24. Садогурский С.Е., Белич Т.В., Садогурская С.А. Макрофиты прибрежно-морских акваторий природных заповедников Крымского полуострова (Черное и Азовское моря) // Альгология. 2019. Т. 29. N 3. С. 322-351.
25. Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (Ред. от 08.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021) URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_60683/ (дата обращения: 10.01.2021)
26. Калугина-Гутник А.А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легководолазной техники // Морские подводные исследования. М.: Наука, 1969. С. 105-113.
27. Блинова Е.И., Пронина О.А., Штрик В.А. Методические рекомендации по учёту запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны // Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. Вып. 3. С. 80-127.
28. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. Л.: Наука, 1967. 397 с.
29. Рубцов Н.И. Определитель высших растений Крыма. Л.: Наука, 1972. 550 с.
30. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. К.: Наукова думка, 1975. 248 с.

31. Нефедова Т.Г., Рунова Т.Г., Трейвиш А.И. Противоречия природопользования: выявление, анализ, пути решения // Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1986. Вып. 50. N 15. С. 21-24.
32. Болтачев А.Р., Мильчакова Н. А. О причинах и возможных последствиях вспышки обилия зелёной водоросли кладофоры (*Cladophora sericea*) на шельфе юго-западного Крыма весной 2004 г. // Рыбное хозяйство Украины. 2004. N 5. С. 4-7.
33. Горячкин Ю.Н., Долотов В.В. Морские берега Крыма. Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. 256 с.
34. Киреева Е.В. Влияние гранулометрического состава донных осадков на анатомо-метрическую структуру вегетативной сферы морских трав Черного моря // Экология моря. 2007. Вып. 74. С. 34-39.
35. Мильчакова Н.А. Статистический анализ влияния гранулометрического состава донных осадков на численность и размерную структуру популяций морфоструктуры *Zostera marina* L. в Чёрном море // Экология моря. 1989. Вып. 32. С. 59-63.
36. Александров В.В. Взаимосвязь морфоструктуры черноморской *Zostera marina* L. и гранулометрического состава донных осадков // Экология моря. 2001. Вып. 58. С. 45-49.
37. Горячкин Ю.Н., Косьян Р.Д. Бакальская коса – уникальный природный объект крымского полуострова (обзор) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. N 4. С. 5-14.
38. Дивинский Б.В. Гидродинамические условия вод в районе Бакальской косы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. N 4. С. 31-39.
39. Преображенский Б.В., Жаринов В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения: (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
40. Мильчакова Н.А., Миронова Н.В., Рябогина В.Г. Морские растительные ресурсы // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. Севастополь, 2011. Гл. 4. С. 117-139.

REFERENCES

1. *Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby* [Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and mushrooms]. Simferopol, ООО «IT «ARIAL», 2015, 480 p. (In Russian)
2. Dumont H.J., ed. Black Sea Red Data Book. NY, United Nations Office for Project Services, 1999, 413 p.
3. *Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)]. Moscow, KMK Publ., 2008, 885 p. (In Russian)
4. Genkel' A.G. *Otchet o komandirovke letom 1902 g. na Chernom more* [Report on a business trip in the summer of 1902 on the Black Sea]. Tr. Peterb. Obsch. est., t. iss. XXXIII, no 1, Protokol zasedaniya no. 6, 1902. (In Russian)
5. Zernov S.A. Report on a business trip to the north-western part of the Black Sea for studying fauna and collecting collections for the Zoological Museum of the Academy of Sciences. *Ezhgodnik Zoologicheskogo Muzeya Akademii Nauk* [Yearbook of the Zoological Museum of the Academy of Sciences]. 1908, vol. XIII. (In Russian)
6. Zernov S.A. *K voprosu ob izuchenii zhizni Chernogo morya* [The question of studying the life of the Black Sea]. In: [Notes of the Imperial Academy of Sciences]. Spb., Type. Imp. AN., 1913. vol. 32, no. 1, 304 p. (In Russian)
7. Morozova-Vodyanickaya N.V. Fitobentos Karkinitzskogo zaliva [Phytobenthos of Karkinitzsky Bay]. In: *Trudy Sevastopol'skoi Biologicheskoi Stantsii Akademii Nauk* [Proceedings of the Sevastopol Biological Station of the Academy of Sciences]. 1936, vol. Y, pp. 62-64. (In Russian)
8. Morozova-Vodyanickaya N.V. *Zostera* as an object of fishing on the Black Sea. *Priroda* [Nature]. 1939, no. 8, pp. 49-52. (In Russian)
9. Morozova-Vodyanickaya N.V. Materials on the biology and distribution of *Zostera* in the Black Sea. In: *Gidrobiologicheskie issledovaniya severo-vostochnoj chasti Chernogo moraya* [Hydrobiological studies of the north-eastern part of the Black Sea]. 1973, pp. 5-19. (In Russian)
10. Zhivago A.V. The island of *Zostera* off the West coast of the Crimea. *Priroda* [Nature]. 1947, no. 5, pp. 62-64. (In Russian)

11. Kalugina A.A., Kulikova N.M., Lachko O.A. Qualitative composition and quantitative distribution of phytobenthos in the Karkinitzkiy bay. In: *Donnye biocenozy i biologiya bentosnykh organizmov Chernogo moraya* [Bottom biocenoses and biology of benthic organisms of the Black Sea]. 1967, pp. 28-51. (In Russian)
12. Belyaev B.N. Illumination of Water Thickness in the north-western Shelf of the Black Sea in the Regions of Karkinitzkiy Bay and Phyllophorous Zernov's Field. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 75-90. (In Russian)
13. Kalugina-Gutnik A.A. Evstigneeva I.K. Change in the Species Composition and Quantitative Distribution of Phytobenthos in the Karkinitzkiy Bay During 1964-1986. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 98-105. (In Russian)
14. Kaminer K.M. *Phyllophora* and *Zostera* of the bays of the north-western part of the Black Sea. *Promyslovye vodorosli i ih ispol'zovanie* [Commercial algae and their use]. 1981, pp. 81-86. (In Russian)
15. Parhomenko A.V., Kovalchuk Yu.L. Study of Hydrochemical Conditions of the *Phyllophora* Zernov's Field in Summer. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 1993, iss. 43, pp. 69-75. (In Russian)
16. Milchakova N.A., Aleksandrov V.V., Bondareva L.V., Pankeeva T.V., Chernysheva E.B. *Morskie ohranyayemye akvatorii Kryma* [Marine protected water areas of Crimea]. Simferopol, N. Oreanda Publ., 2015, 312 p. (In Russian)
17. Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Macrophytobenthos and macrophytoperiphython of reserve «Swan Islands» (Black Sea, Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2010, vol. 20, no. 2, pp. 176-191. (In Russian)
18. Evstigneeva I.K., Tankovskaya I.N. Summer macrophytobenthos psedo- and sublitoral of Bakal plait and neighbouring regions of Karkinitzkiy gulf (Black Sea, Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2011, vol. 21, no. 3, pp. 295-311. (In Russian)
19. Maslov I.I. Macrophytobenthos of some reserved areas of the Black Sea (Ukraine). *Al'gologia* [Algology]. 2002, vol. 12, no. 1, pp. 81-95. (In Russian)
20. Minicheva G.G. Kosenko M.N., Shvets A.V. Phytobenthos of the Large and Small *Phyllophora* Fields as a reflection of the contemporary ecological state of the northwestern Black Sea. *Morskoy ekologicheskij zhurnal* [Marine Environmental Journal]. 2005, vol. 4, no. 4, pp. 61-71. (In Russian)
21. Sadogurskiy S.Ye. To study of macrophytobenthos of reserve waters of Karkinitzkiy Bay (Black Sea). *Al'gologia* [Algology]. 2001, vol. 11, no. 3, pp. 342-359. (In Russian)
22. Sadogurskiy S.Ye. Aquatic flora and vegetation in the filial «Swan islands» Crimean Nature Reserve (Black Sea): its modern state and the ways of preservation. *Zapovidna sprava v Ukraini* [Conservation business in Ukraine]. 2009, vol. 15, no. 2, pp. 41-50. (In Russian)
23. Sadogurskiy S.Ye. Macrophytobenthos of territory-aquatic of Bakalskaya spit and adjacent Black Sea aquatory (Crimea Peninsula). *Zapovidna sprava v Ukraini* [Conservation business in Ukraine]. 2010, vol. 16, no. 1, pp. 29-43. (In Russian)
24. Sadogurskiy S.Ye., Belich T.V., Sadogurskaya S.A. Macrophytes of the marine water areas of the nature reserves in the Crimean Peninsula (Black Sea and Azov Sea). *Algology*, 2019, vol. 29, no. 3, pp. 322-351. (In Russian) DOI: 10.15407/alg29.03.322
25. *Vodnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii* "ot 03.06.2006 N 74-FZ (red. ot 08.12.2020) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2021) [Water Code of the Russian Federation from 03.06.2006 N 74-FZ (ed. from 08.12.2020) (with amendments and additions, intro. effective from 01.01.2021)]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed: 10.01.2021)
26. Kalugina-Gutnik A.A. Investigation of the bottom vegetation of the Black Sea with the use of light diving equipment. In: *Morskie podvodnye issledovaniya* [Marine underwater research]. Moscow, Nauka Publ., 1969, pp. 105-113. (In Russian)
27. Blianova E.I., Pronina O.A., Shtrik V.A. [Guidelines for accounting for the stocks of commercial marine algae in the coastal zone]. In: *Metody landshaftnykh issledovaniy i otsenki zapasov donnykh bespozvonochnykh i vodoroslei morskoi pribrezhnoy zony. Izuchenie ekosistem rybokhozyaystvennykh vodoemov, sbor i obrabotka dannykh o vodnykh biologicheskikh resursakh, tekhnika i tekhnologiya ikh dobychi i pererabotki* [Methods of landscape

- research and assessment of stocks of benthic invertebrates and algae in the coastal zone. Study of ecosystems of fishery reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, equipment and technology for their extraction and processing]. Moscow, VNIRO Publ., 2005, no. 3, pp. 80-127. (In Russian)
28. Zinova A.D. *Opredelitel' zelenykh, burykh i krasnykh vodoroslej yuzhnykh morej SSSR* [Determinant of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR]. Leningrad, Nauka Publ., 1967, 397 p. (In Russian)
29. Rubtsov N.I. *Opredelitel' vysshih rasteniy Kryma* [Determinant of higher plants of the Crimea]. Leningrad, Nauka Publ., 1972, 550 p. (In Russian)
30. Kalugina-Gutnik A.A. *Fitobentos Chernogo morya* [Phytobenthos Black Sea]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1975, 248 p. (In Russian)
31. Nefedova T.G., Runova T.G., Treyvish A.I. The contradictions of nature management: identification, analysis, solutions. *Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda* [Natural resources and the environment]. 1986, vol. 50, no. 15, pp. 21-24. (In Russian)
32. Boltachev A.R., Mil'chakova N.A. Reasons and probable consequences of the abundant growth of green algae *Cladophora sericea* on the shelf of southwestern Crimea in spring. *Rybnoe hozyajstvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine]. 2004, no. 5, pp. 4-7. (In Russian)
33. Goryachkin Yu.N., Dolotov V.V. *Berega Kryma* [Sea coasts of Crimea]. Sevastopol, OOO «COLORIT» Publ., 2019, 256 p. (In Russian)
34. Kireeva E.V. Influence of the granulometric composition of bottom sediments on the anatomical and metric structure of the vegetative sphere of sea grasses of the Black Sea. *Ekologiya morya* [Ecology Sea]. 2007, vol. 74, pp. 34-39. (In Russian)
35. Milchakova N.A. Statistical analysis of the influence of the granulometric composition of bottom sediments on the number and size structure of populations of the *Zostera marina* L. morphostructure in the Black Sea. *Ekologiya morya* [Ecology Sea]. 1989, vol. 32, pp. 59-63. (In Russian)
36. Alexandrov V.V. Relationship between the morphostructure of the Black Sea *Zostera marina* L. and the granulometric composition of bottom sediments. *Ekologiya morya* [Ecology sea]. 2001, vol. 58, pp. 45-49. (In Russian)
37. Goryachkin Yu.N., Kosyan R.D. The Bakalskaya Spit is a unique natural object of the Crimean Peninsula (review). *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya* [Environmental safety of coastal and shelf zones of sea]. 2018, no. 4, pp. 5-14 (In Russian)
38. Divinsky B.V. Hydrodynamic water conditions in the Bakal spit area. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon morya* [Environmental safety of coastal and shelf zones of sea]. 2018, no. 4, pp. 31-39. (In Russian)
39. Preobrazhenskii B. V., Dubeikovskii V.V., Zharikov L.V. *Osnovy podvodnogo landshaftovedeniya: (Upravlenie morskimi ekosistemami)* [Fundamentals of Submerged Landscape Science (Management of Marine Ecosystems)]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2000, 352 p. (In Russian)
40. Milchakova N.A., Mironova N.V., Ryabogina V.G. Marine plant resources. In: *Promyslovye bioresursy Chernogo i Azovskogo morei* [Commercial bioresources of the Black and Azov Seas]. Sevastopol, Ekosi-Gidrofizika Publ., 2011, ch. 4. pp. 117-139. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна В. Панкеева принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., составила картосхема донной растительности и типов природопользования. Наталья В. Миронова принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., описала распределения макрофитобентоса. Юрий Н. Горячкин принимал участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г., составил картосхема типов берегов. Людмила В. Харитоновна принимала участие в комплексной экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2019 г. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatyana V. Pankeeva participated in the collection and processing of materials in 2019 and compiled a map of the bottom vegetation and types of nature management. Nataliya V. Mironova participated in the collection and processing of materials in 2019 and described the distribution of macrophytobenthos. Yuri N. Goryachkin participated in the collection and processing of materials in 2019 and compiled a map of the types of coasts. Ludmila V. Kharitonova participated in the collection and processing of materials in 2019. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Татьяна В. Панкеева / Tatyana V. Pankeeva <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>
 Наталья В. Миронова / Nataliya V. Mironova <http://orcid.org/0000-0001-7110-7081>
 Юрий Н. Горячкин / Yuri N. Goryachkin <http://orcid.org/0000-0002-2807-201X>
 Людмила В. Харитоновна / Ludmila V. Kharitonova <http://orcid.org/0000-0003-0705-0812>

Оригинальная статья / Original article
УДК 578.7
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-76-90

Ингибирующая активность чайных композиций и их составляющих ингредиентов на репликацию SARS-CoV-2 *in vitro*

Елена И. Казачинская¹, Александр А. Чепурнов¹, Юлия В. Кононова¹, Арсения А. Шелемба¹, Владимир В. Романюк², Магомед Г. Магомедов³, Александр М. Шестопалов¹

¹Научно-исследовательский институт вирусологии Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины» (ФИЦ ФТМ СО РАН) Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия

²ООО Научно-производственная фирма (НПФ) «Золотая долина», Новосибирск, Россия

³Дагестанский государственный медицинский университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Елена И. Казачинская, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФИЦ ФТМ СО РАН, Новосибирск; 630559 Россия, Новосибирская область, р/п Кольцово, 32-1. Тел. +79095307441

Email lena.kazachinskaia@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1856-6147>

Формат цитирования

Казачинская Е.И., Чепурнов А.А., Кононова Ю.В., Шелемба А.А., Романюк В.В., Магомедов М.Г., Шестопалов А.М. Ингибирующая активность чайных композиций и их составляющих ингредиентов на репликацию SARS-CoV-2 *in vitro* // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 76-90. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-76-90

Получена 21 марта 2022 г.

Прошла рецензирование 8 апреля 2022 г.

Принята 16 апреля 2022 г.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

SARS-CoV-2 – коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома;
COVID-19 – коронавирусная болезнь, 2019 г.;
ЦПД – цитопатическое действие;
ТЦПД₅₀/мл – 50%-ная тканевая цитопатическая доза в мл;
CC₅₀ – 50%-ная цитотоксическая концентрация;
EC₅₀ – 50%-ная эффективная концентрация.

Резюме

Цель. Исследование ингибирующей активности водных экстрактов чайных композиций и входящего в них растительного сырья на репликацию SARS-CoV-2 *in vitro*.

Материал и методы. Лабораторный штамм SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020 был пассирован на культуре клеток Vero. Для приготовления водных экстрактов использовали шесть видов экспериментальных чайных композиций (не содержащих ароматизаторов) на основе черного и зеленого чая или цветов *гибискуса*, а также индивидуальные составляющие ингредиенты. Противовирусную (ингибирующую) активность растительных экстрактов исследовали *in vitro* по классической схеме нейтрализации (инактивации) вируса.

Результаты. При сравнении с основным контрольным образцом водного экстракта *чаги* с 50%-ной эффективной концентрацией, равной 13,72±2,99 мкг/мл против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2, превосходящая активность обнаружена для экстрактов специи гвоздики и черного чая из Непала. Приблизительно равная ингибирующая активность выявлена для экстрактов чайных композиций на основе черного чая с добавлением травы *тимьяна алтайского* и специи *гвоздики* или с добавлением семян *тмина* и корня *дягиля*; экстрактов готовых чайных композиций на основе зеленого чая из Китая с добавлением листьев *мяты перечной* и цветов *лаванды* или с добавлением порошка кожуры апельсина и семян аниса, а также для экстрактов индивидуального растительного сырья, используемого для составления чайных композиций – это черные чаи из Индии, Аргентины, Вьетнама и Шри-Ланка, листья *мяты перечной* и цветы *лаванды*, лишайник *цетрария*, зеленый чай и ягоды клюквы.

Заключение. Полученные результаты позволяют предположить, что чайные композиции на основе черного и зеленого чая, с добавлением различного растительного сырья в виде обычного напитка могут быть полезны людям при инфекции COVID-19.

Ключевые слова

Чайные композиции, растительное сырье, противовирусная активность, SARS-CoV-2.

Inhibitory activity of tea compositions and their constituent ingredients on SARS-CoV-2 replication *in vitro*

Elena I. Kazachinskaia¹, Alexander A. Chepurnov¹, Yulia V. Kononova¹, Arseniya A. Shelemba¹, Vladimir V. Romanyuk², Magomed G. Magomedov³ and Alexander M. Shestopalov¹

¹Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine (FRCFTM),

Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Zolotaya Dolina Research and Production Company, Novosibirsk, Russia

³Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Elena I. Kazachinskaia, Doctor of Biology, Leading Researcher of the Research Institute of Virology of Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Prospekt Koltsovo 32-1, Novosibirsk, Novosibirskiy region, Russia 630559. Tel. +79095307441

Email lena.kazachinskia@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1856-6147>

How to cite this article

Kazachinskaia E.I., Chepurnov A.A., Kononova Yu.V., Shelemba A.A., Romanyuk V.V., Magomedov M.G., Shestopalov A.M. Inhibitory activity of tea compositions and their constituent ingredients on SARS-CoV-2 replication *in vitro*. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 76-90. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-76-90

Received 21 March 2022

Revised 8 April 2022

Accepted 16 April 2022

ABBREVIATIONS LIST

SARS-CoV-2 – severe acute respiratory syndrome coronavirus;

COVID-19 – coronavirus disease, 2019;

TCPD₅₀/ml – tissue cytopathic dose of the virus causing a 50% cytopathic effect on the infected cells/in ml;

CC₅₀ – cytotoxic concentration;

EC₅₀ – effective concentration.

Abstract

Aim. *In vitro* analysis of the inhibitory activity of aqueous extracts of ready-made tea compositions and their constituent ingredients on SARS-CoV-2 replication.

Material and Methods. The laboratory strain SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020 was passivated on *Vero* cell culture. For the preparation of water extracts six types of experimental tea compositions (not containing flavorings) based on black and green tea or flowers of *hibiscus* as well as individual ingredients were used. Antiviral (inhibitory) activity of plant raw materials was studied *in vitro* according to the classical scheme of neutralization (inactivation) of the virus.

Results. When compared with the main control sample of an aqueous extract of *chaga* (*Inonotus obliquus*) with a 50% effective concentration equal to 13.72±2.99 µg/ml against 10³ TCPD₅₀/ml of SARS-CoV-2, superior activity was found for extracts of the spice *Syzygium aromaticum* L. and black tea from Nepal. Approximately equal inhibitory activity was detected for extracts of tea compositions based on black tea with the addition of the grass *Thymus altaicus* and the spice *S. aromaticum* L. or with the addition of seeds of *Carum carvi* L. and the root of *Angelica archangelica* L. In addition, such activity was detected for extracts of tea compositions based on green tea from China with the addition of leaves of *Mentha piperita* L. and flowers of *Lavandula angustifolia* MILL. or with the addition of the peel of *Citrus sinensis* L. and seeds of *Pimpinella anisum* L. Extracts from individual plant raw materials used to make tea compositions were black teas from India, Argentina, Vietnam and Sri Lanka, leaves of *M. piperita* L. and flowers of *L. angustifolia* MILL. *Cetraria islandica* lichen, green tea and berries of *Oxycoccus* also showed antiviral activity.

Conclusion. The results obtained suggest that tea compositions based on black and green tea with the addition of various plant raw materials in the form of a regular drink can be useful to people with COVID-19 infection.

Key Words

Tea compositions, raw materials of herbs, antiviral activity, SARS-CoV-2.

ВВЕДЕНИЕ

Чай и биологически активные вещества

Выращивание *чайного куста* или *камелии китайской* (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze, *Theaceae*). восходит к глубокой древности. Китай, вероятно, является центром происхождения этого растения и мировым лидером по выращиванию и производству чая как готового сырья [1]. Внешний вид сырья чая зависит от процедуры производства, т.е. степени ферментации для увеличения срока хранения [2]. Для получения зеленого чая свежесобранные листья сразу же пропаривают, чтобы предотвратить брожение, получая сухой, стабильный продукт. Этот процесс разрушает ферменты, ответственные за расщепление цветных пигментов в листьях и позволяет чаю сохранять свой зеленый цвет и природные флавоноиды – полифенолы. Поскольку зеленый чай ферментируется до улуна, а затем до черного чая, полифенольные соединения (катехины) в зеленом чае димеризуются и это приводит к различной биологической активности растительного сырья [3]. Кроме того, чайные растения синтезируют мириады ароматических соединений (например, производные летучих жирных кислот, терпенов и фенилпропаноидов/бензоидов) в ответ на природные биотические и абиотические стрессы [4]. Качество чая, в основном, определяется химическими компонентами чайных листьев. Профили метаболитов и их количества в разных сортах чая различаются. Чен с соавт. в 14-ти сортах чая Wuyi Rock, выращенных в одном регионе, определили 49 основных метаболитов, включая flavan, proanthocyanidins, flavonol glycosides, flavone glycosides, flavonone glycosides, гидролизуемые дубильные вещества, производные фенольной кислоты, алкалоиды, аминокислоты и др. В частности, катехины, производные кемпферола и кверцетина были ключевыми метаболитами, ответственными за различие сортов [5].

Есть сообщения об ингибировании растительными полифенольными соединениями репликации вирусов, относящихся к разным семействам – это Herpes Simplex Virus (HSV-1 и HSV-2), Human gammaherpesvirus 4 типа (Epstein-Barr virus), птичий грипп H5N1, гепатиты В и С, Human Immunodeficiency Virus-1 (HIV-1, ВИЧ), денге серотипа 2 (DENV-2), Sendai virus, Coxsackie B virus type 1, Chikungunya virus и Japanese encephalitis virus [6], а также SARS-CoV [7] и SARS-CoV-2 [2; 8]. Катехины, синтезируемые в листьях *C. sinensis* представляют собой смесь различных изомеров и их конъюгатов с галловой кислотой. Наиболее преобладающий количественно и биоактивный из катехинов сырья этого растения – это эпигаллокатехин-3-галлата (epigallocatechin-3-gallate, EGCG), особенно в зеленых сортах чая. По данным многочисленных исследований, EGCG признан многофункциональной биологически активной молекулой, обладающей противоопухолевыми, противовоспалительными, антибактериальными, антиоксидантными и антипролиферативными свойствами в дополнение к его активности против некоторых вирусов [2; 8]. Теафлавины (Theaflavins, TFs) – еще один класс полифенолов, которые в изобилии содержатся в черных видах чая – это теафлавин (theaflavin, TF1), теафлавин-3-галлат (TF2A), теафлавин-3'-галлат (TF2B) и теафлавин-3,3'-дигаллат (TF3). Все эти TFs изучаются на предмет их

биологических свойств, в том числе и против SARS-CoV-2 [2; 8].

Новый коронавирус SARS-CoV-2 вызывает COVID-19 – заболевание, связанное с поражением эпителиальных клеток дыхательной системы и воспалением слизистой оболочки, что приводит к повреждению альвеол и в конечном итоге к пневмонии [9]. Напряженность индивидуального и коллективного иммунитета в результате перенесенного заболевания или после вакцинации еще находятся в процессе исследования [10]. В настоящее время не существует доказанных эффективных этиотропных методов лечения COVID-19 с использованием препаратов с прямым противовирусным действием. Лечение донорской плазмой реконвалесцентов может быть эффективной при наличии в ней достаточного уровня нейтрализующих антител, но при этом существует вероятность риска заражения другими, передаваемыми через кровь патогенами, включая ВИЧ, вирусы гепатита В и С [11]. В начале пандемии национальной комиссией здравоохранения КНР были рекомендованы препараты хлорохин и гидроксихлорохин (синтетические аналоги хинина) для лечения при COVID-19, но оказалось, что при их применении часто возникают побочные эффекты, такие как ухудшение зрения, тошнота, расстройство пищеварения и более тяжелые осложнения, которые могут привести к сердечной недостаточности [11]. Для лечения пациентов с COVID-19 оказались неэффективны ингибиторы ВИЧ-протеазы в сочетании Lopinavirum/Ritonavirum [12; 13]. Favipiravir – химически синтезированный ингибитор РНК-зависимой РНК-полимеразы гриппа [14], с февраля 2020 г. в КНР был одобрен для лечения при COVID-19, т.к. показал высокую активность против SARS-CoV-2 *in vitro* [15]. В РФ Favipiravir с мая 2020 г. одобрен для лечения COVID-19 [16], но в зарубежной литературе описываются наиболее часто наблюдаемые осложнения, связанные с его применением – это гиперурикемия (от 15,5 до 84,1% от числа пациентов) и нарушение функции печени (7,4%) [17; 18]. Remdesivir – противовирусный препарат широкого спектра действия в классе нуклеотидных аналогов [19] и несколько других доступных противовирусных препаратов и новых химических молекул также тестировались для лечения новой коронавирусной болезни [11]. Есть мнение, что исследование вирус-ингибирующих (противовирусных) свойств природных веществ, получаемых, например, при употреблении чайных композиций, может стать прогрессом в поиске эффективных средств альтернативного или дополнительного лечения при COVID-19 [2; 8], вызываемой новым коронавирусом – патогеном с еще не оцененным влиянием, например, на репродуктивное здоровье человека [20].

В представленной работе приведены результаты анализа ингибирующей активности экстрактов готовых чайных композиций и растительного сырья (индивидуальных ингредиентов для их составления) на репликацию SARS-CoV-2.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чайные композиции

Использовали шесть готовых чайных композиций, не содержащих ароматизаторов, из них два вида на основе зеленого – состав №1: зеленый чай+листья мяты перечной+цветы лаванды и состав №2: зеленый

чай+кожура апельсина+семена *аниса*; три вида на основе черного чая – состав №3: черный чай+трава *тимьяна алтайского*+специя гвоздика; состав №4: черный чай+семена *тмина*+корень *дягиля* и состав №5: черный чай+ягоды *клюквы*+*цетрария*. Состав №6: цветы *гибискуса*+кожура апельсина+специя корица. Разработка и производство чайных композиций ООО НПФ «Золотая долина», г. Новосибирск. Под определением «трава» подразумевается наземная часть растения, состоящая из стебля, листьев и соцветий.

Растительное сырье (ингредиенты для чайных композиций)

Зеленый чай из Китая и несколько видов черного чая, импортированных из Аргентины, Вьетнама, Индии, Шри-Ланка и Непала. Все растительное сырье и специи (2020 г. заготовки и закупки) предоставлены ООО НПФ «Золотая долина» (г. Новосибирск). Места сбора или страна-поставщик растительного сырья: горный Алтай, РФ – лишайник *цетрария* (*Cetraria islandica* L., *Parmeliaceae*); Алтайский край, РФ – корень *дягиля* (*Angelica archangelica* L., *Apiaceae*) и трава *тимьяна алтайского* (*Thymus altaicus*, *Lamiaceae*); Крым – цветы *лаванды* (*Lavandula angustifolia* Mill., *Lamiaceae*); Египет – листья мяты перечной (*Mentha piperita* L., *Lamiaceae*); Вьетнам – специя гвоздика (*Syzygium aromaticum* L., *Myrtaceae*); Морocco – кожура апельсина (*Citrus sinensis* L., *Rutaceae*); Польша – семена *аниса* (*Pimpinella anisum* L., *Apiaceae*) и семена *тмина* (*Carum carvi* L., *Apiaceae*); Индия – специя корица (*Cinnamomum* L., *Lauraceae*); Финляндия – ягоды *клюквы* (*Oxycoccus*, *Ericaceae*); Нигерия – цветы *гибискуса* (*Hibiscus sabdariffa* L., *Malvaceae*).

Контрольные образцы – корень *солодки голой* (*Glycyrrhiza glabra* L., *Fabaceae*), выращенный в Южном Урале; плодовое тело базидиального гриба *чага* (*Inonotus obliquus*, *Basidiomycota*) и листья *кипрея узколистного* (*Epilobium angustifolium* L., *Onagraceae*) собраны авторами на Салаирском краже Маслянинского района Новосибирской области. Ферментация листьев *E. angustifolium* L., проведена на производственных площадях ООО НПФ «Золотая долина» (г. Новосибирск).

Приготовление растительных экстрактов

Для определения 50%-ных эффективных концентраций (effective concentration, EC), ингибирующих вирусную репликацию, готовые чайные композиции (2 г/пакетик) и растительное сырье по 2 г заливали 20 мл (т.е. для получения исходной концентрации экстрактов 100 мг/мл) горячей свежескипяченной дистиллированной водой в стеклянных емкостях, выдерживали 15 мин на механической качалке при комнатной температуре и 15 об./мин, а затем 2 часа при 37°C в покое. Настои фильтровали через капроновую ткань и использовали для исследования в свежем виде. Для выявления общей ингибирующей активности на вирус готовых чайных композиций пакетики чая (2 г) заливали свежескипяченной дистиллированной водой в объеме стандартной чайной чашки – 150 мл в стеклянных емкостях и при остывании до комнатной температуры сразу же использовали для работы в объеме 1 мл (т.е. с концентрацией по сухому веществу – 13,33 мг/мл).

Культура клеток

Перевиваемую культуру клеток *Vero* (клетки почки африканской зеленой *мартышки*) культивировали на питательной среде Игла MEM с L-глутамином (Биолот, Россия) с добавлением 1% Antibiotic Antimycotic Solution (SIGMA Life Science, Израиль) и 10% эмбриональной сыворотки крови крупного рогатого скота (КРС) (Capricorn Scientific, ФРГ).

Вирус

Вирусный изолят был выделен в 2020 г. на культуре клеток *Vero* из образца мазка носоглотки больного человека, позитивного на наличие вирусной РНК SARS-CoV-2 при анализе в лаборатории по диагностике COVID-19 при ФИЦ ФТМ СО РАН. Лабораторный вирусный штамм был пассирован и депонирован в коллекции вирусов 48 ЦНИИ МО РФ под наименованием SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020 [21]. Титр инфекционного SARS-CoV-2 в супернатанте питательной среды (с 2% прогретой сыворотки крови КРС от «слепого пассажа» на инфицированных клетках *Vero*, выращенных в культуральных флаконах объемом 175 см² (Corning, США), выражали в ТЦПД₅₀/мл (тканевых цитопатических дозах вируса, вызывающего цитопатическое действие на инфицированные клетки в 50% лунок). Для этого проводили фиксацию инфицированных клеток, заранее выращенных в 96-луночных стерильных культуральных планшетах (Corning, США), в течение 30 мин раствором формальдегидом и 0,05%-ным раствором кристаллического фиалетового с 20% спирта, как описано [22].

Цитотоксичность растительных экстрактов определяли по 50%-ной токсичной концентрации (CC₅₀/мл – 50% cytotoxic concentration) при нанесении препаратов на клеточную культуру *Vero* с разведения 1/2 в объеме 200 мкл/лунка двойным шагом (т.е. с 100 мг/мл) в лунки 96-луночного планшета или в объеме 1 мл (при концентрации 13,33 мг/мл) готовых чайных композиций в 24-х луночных планшетах (в четырех повторях в двух независимых экспериментах) и выдерживали в течение 1 часа при 37°C. Затем монослой клеток отмывали и оставляли в поддерживающей питательной среде, содержащей 2% прогретой сыворотки крови КРС. Цитотоксическое действие растительных препаратов оценивали каждые сутки (срок наблюдения 5 суток).

Противовирусную (ингибирующую) активность растительного сырья исследовали *in vitro* (в четырех повторях в двух независимых экспериментах) по классической схеме нейтрализации (инактивации) вируса, как нами описано недавно для исследования антител пациентов, переболевших COVID-19 [23]. Перед нанесением на монослой клеток *Vero*, выращенных в 96-луночных планшетах, растительные экстракты с исходной концентрацией по сухому веществу в объеме 100 мкл/лунка с разведения от 1/2 двойным шагом (т.е. с 50 мг/мл) предварительно инкубировали с инфекционным SARS-CoV-2 в течение 1 часа при 37°C. Для выявления общей ингибирующей активности готовых чайных композиций (при концентрации по сухому веществу 13,33 мг/мл) эксперименты проводили на монослое клеток, выращенных в лунках 24-х луночных планшетах. После инкубации смеси растительных экстрактов с вирусным препаратом на клетках течение 1 часа при 37°C, монослой клеток

отмывали и оставляли в поддерживающей питательной среде, содержащей 2% прогретой сыворотки крови КРС, до проявления ЦПД вируса в контрольных лунках, содержащих инфицированные клетки. Учет результатов по ингибированию вирусной репликации проводили визуально при наблюдении в инвертированный микроскоп (Микромед, Россия) при 10-кратном увеличении, а затем после фиксации клеток в течение 30 мин раствором формальдегидом и 0,05%-ным раствором кристаллического фиалетового с 20% спирта, как описано [22]. Результат оценивали в соответствии с «Руководством.....» [24].

Статистическую обработку результатов по определению инфекционного титра вируса, а также по CC_{50} и EC_{50} проводили с применением метода Спирмена-Кербера в программе Excel при 95%-ном уровне надежности ($p \leq 0,05$).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Оценка токсического действия растительных экстрактов на культуру клеток Vero

Как обычно, на первом этапе исследования антивирусной активности любых препаратов проводится оценка их токсического действия на культуру клеток, чувствительных к вирусу, выбранному для анализа [25]. В данном случае мы использовали культуру клеток Vero (рис. 1 а), подходящую для эффективной репликации SARS-CoV-2 (рис. 1 б). При наблюдении в течение пяти суток было заметно повышение цитотоксичности у некоторых экстрактов. Определение 50%-ных цитотоксических концентраций (CC_{50} /мл) на 5-е сутки наблюдения (это время совпадает с проявлением ЦПД вируса с выбранными для работы инфекционными дозами в 50% лунок) показало, что, в основном, экстракты оказались токсичны для клеток при невысоких концентрациях – в диапазоне

медианных значений 100-12,5 мг/мл по сухому веществу. На рис. 2 и в таблице представлены результаты показателей CC_{50} /мл по средним значениям с доверительными интервалами при 95%-ном уровне надежности ($p \leq 0,05$) исследуемых экстрактов чайных композиций и составляющих их ингредиентов на клеточную культуру Vero. Как видно, самая низкая цитотоксичность (от 87500,0±16038,37 до 46875,0±6118,76 мкг/мл) наблюдалась для экстрактов цветов *гибискуса*, семян *аниса*, готовых чайных композиций на основе зеленого чая – №1 (зеленый чай+листья *мяты перечной*+цветы *лаванды*) и №2 (состав: зеленый чай+кожура апельсина+семена *аниса*), экстрактов листьев *мяты перечной*, лишайника *цетрарии*, семян *тмина*; чайной композиции №6 (цветы *гибискуса*+кожура апельсина+специя корица), чайной композиции №5 (черный чай+ягоды *клюквы*+*цетрария*), экстрактов травы *тимьяна алтайского*, цветов *лаванды*, корня *солодки*, *чаги*, ферментированных листьев *кипрея*, чайной композиции №4 (черный чай+семена *тмина*+корень *дягиля*), экстракта корня *дягиля*, чайной композиции №3 (черный чай+трава *тимьяна алтайского*+специя гвоздика), экстрактов зеленого чая из Китая, кожуры апельсина, ягод *клюквы*. У остальных экстрактов проявилась цитотоксичность при более низких концентрациях (от 37500,0±9250,0 до 10100,0±2293,67 мкг/мл) – это экстракты черного чая из Индии, Вьетнама и Шри-Ланка, специи корицы, черного чая из Непала и специи гвоздики. Все чайные композиции, приготовленные как обычный чай (пакетик 2 г на 150 мл воды), при нанесении на монослой клеток в объеме 1 мл (т.е. 13,33 мг/мл) не проявляли токсичности для клеток Vero.

По данным литературы, водные растительные экстракты, в основном, менее токсичны для клеток, чем этанольные [26; 27].

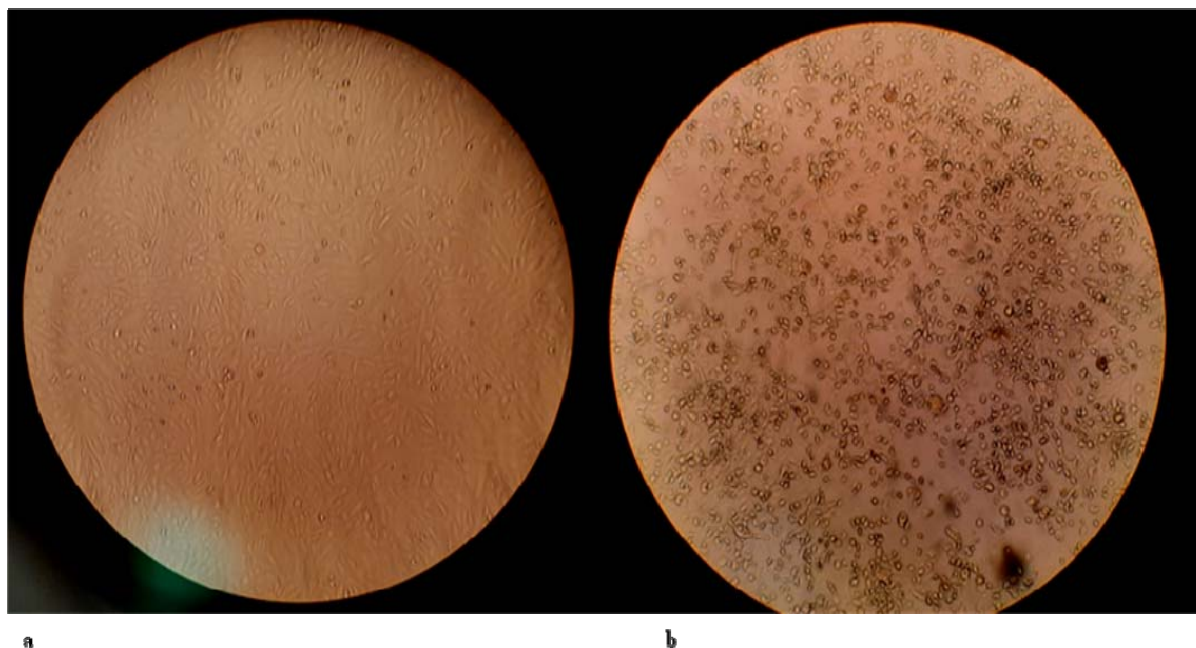


Рисунок 1. Культура клеток Vero (фото авторов)

Figure 1. Vero cell culture (authors' photo)

Примечание: **а** – монослой чистой культуры клеток; **б** – ЦПД SARS-CoV-2 на инфицированные клетки

Note: **a** – monolayer of pure cell culture; **b** – cytopathic effect of SARS-CoV-2 on infected cells

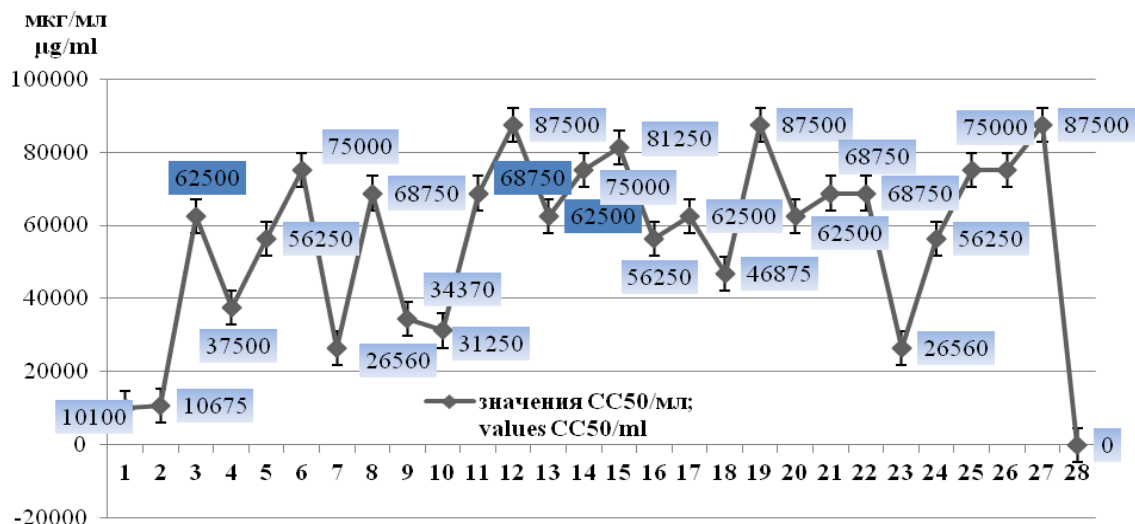


Рисунок 2. Показатели цитотоксичности чайных композиций и входящих в их состав ингредиентов на культуру клеток Vero в течение пяти дней наблюдения

Figure 2. Cytotoxicity indicators of tea compositions and their constituent ingredients on Vero cell culture during five days of observation

Примечание: значения CC_{50} представлены в мкг/мл средних значений с доверительными интервалами при уровне надежности 95% ($p \leq 0,05$). Цифры на горизонтальной линии соответствуют следующим образцам (номерам) водных экстрактов: 1 – специя гвоздика; 2 – черный чай из Непала; 3 – измельченное плодовое тело чаги; 4 – черный чай из Индии; 5 – чайная композиция №3 (черный чай+трава тимьяна алтайского+специя гвоздика); 6 – листья мяты перечной; 7 – черный чай из Аргентины; 8 – цветы лаванды; 9 – черный чай из Вьетнама; 10 – черный чай из Шри-Ланка; 11 – корень солодки; 12 – чайная композиция №1 (зеленый чай+листья мяты перечной+цветы лаванды); 13 – ферментированные листья кипрея узколистного; 14 – лишайник цетрария; 15 – чайная композиция №2 (зеленый чай+кожура апельсина+семена аниса); 16 – зеленый чай из Китая; 17 – чайная композиция №4 (черный чай+семена тмина+корень дягиля); 18 – ягоды клюквы; 19 – семена аниса; 20 – корень дягиля; 21 – чайная композиция №5 (черный чай+ягоды клюквы+цетрария); 22 – трава тимьяна алтайского; 23 – специя корица; 24 – кожура апельсина; 25 – семена тмина; 26 – чайная композиция №6 (цветы гибискуса+кожура апельсина+специя корица); 27 – цветы гибискуса; 28 – отрицательный контроль: кипяченая дистиллированная вода и ростовая среда для клеток Vero (1/1 по объему). Под определением «трава» подразумевается наземная часть растения, состоящая из стебля, листьев и соцветий. На темном фоне представлены показатели CC_{50} в мкг/мл контрольных образцов: №3 – чага, №11 – корень солодки и №13 – ферментированные листья кипрея узколистного, соответственно.

Note: CC_{50}/ml values are presented in $\mu g/ml$ of average values with confidence intervals at 95% reliability level ($p \leq 0.05$). The numbers on the horizontal line correspond to the following samples: 1 – spice *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae); 2 – black tea from Nepal; 3 – crushed fruit body of chaga (*Inonotus obliquus*, Basidiomycota); 4 – black tea from India; 5 – tea composition №3 (black tea+grass of *Thymus altaicus*+spice *Syzygium aromaticum* L.); 6 – leaves of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae); 7 – black tea from Argentina; 8 – flowers of *Lavandula angustifolia* MILL. (Lamiaceae); 9 – black tea from Vietnam; 10 – black tea from Sri Lanka; 11 – root of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae); 12 – tea composition №1 (green tea+leaves of *Mentha piperita* L.+flowers of *Lavandula angustifolia* MILL.); 13 – fermented leaves of *Epilobium angustifolium* L. (Onagraceae); 14 – lichen *Cetraria islandica* L. (Parmeliaceae); 15 – tea composition №2 (green tea+peel of *Citrus sinensis* L.+seeds of *Pimpinella anisum* L.); 16 – green tea from China; 17 – tea composition №4 (black tea+seeds of *Carum carvi* L.+root of *Angelica archangelica* L.); 18 – berries of *Oxycoccus* (Ericaceae); 19 – seeds of *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae); 20 – root of *Angelica archangelica* L. (Apiaceae); 21 – tea composition №5 (black tea+berries of *Oxycoccus*+lichen *Cetraria islandica* L.); 22 – grass of *Thymus altaicus* (Lamiaceae); 23 – cora of *Cinnamomum cassia* L. (Lauraceae); 24 – peel of *Citrus sinensis* L. (Rutaceae); 25 – seeds of *Carum carvi* L. (Apiaceae); 26 – tea composition №6 (flowers of *Hibiscus sabdariffa* L.+peel of *Citrus sinensis* L.+cora of *Cinnamomum cassia* L.); 27 – flowers of *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae); 28 – negative control: boiled distilled water and growth medium for Vero cells (1/1 by volume). The definition of «grass» refers to the ground part of the plant, consisting of a stem, leaves and inflorescences. The CC_{50}/ml values in $\mu g/ml$ of control samples are presented on a dark background: No. 3 – *Inonotus obliquus*, No. 11 – root of *Glycyrrhiza glabra* L. and No. 13 – fermented leaves of *Epilobium angustifolium* L. respectively.

2. Исследование ингибирующей активности растительных водных экстрактов на репликацию SARS-CoV-2

Препарат штамма SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020 с исходным титром $6,15 \pm 0,07 \lg$ ТЦПД₅₀/мл в супернатанте инфицированных клеток от «слепого» пассажа использовали в разведениях 10^{-3} , 10^{-4} и 10^{-5} для полноты картины возможной антивирусной активности водных растительных экстрактов. Конечное разведение 10^{-5} в данном исследовании соответствовало 10^3 ТЦПД₅₀/мл или 10^2 ТЦПД₅₀ в объеме 100 мкл лунки 96-луночного планшета, как принято в соответствии с «Руководством...» [24] по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ или с множественностью инфицирования 0,1 MOI

(multiplicity of infection)/клетка, как описано [28]. В качестве основного контрольного образца был использован водный экстракт чаги (*I. obliquus*) т.к. этот базидиальный гриб в 2020 г. рассматривался Shahzad с соавт. в ряду растительных препаратов патенциально активных против SARS-CoV-2 [29], а в январе 2021 г. Тепляковой с соавт. была показана *in vitro* ингибирующая активность *I. obliquus* в виде лиофильно высушенных и концентрированных водных экстрактов в диапазоне $EC_{50}=0,75-11,6$ мкг/мл против штамма nCoV/Victoria/1/2020 SARS-CoV-2, выделенного в Австралии (с исходным инфекционным титром $5,0 \pm 0,29 \lg$ ТЦПД₅₀/мл) по профилактической схеме эксперимента (т.е. с предварительной обработкой растительными препаратами клеток линии Vero, а затем их заражением с

МОИ 0,1 ТЦПД₅₀/клетку) [30]. В качестве дополнительного контрольного образца нами был использован экстракт корня *солодки* (*Glycyrrhiza glabra* L., *Fabaceae*) в связи с его применением в составе рецептов китайской медицины для лечения людей с COVID-19 [31] и т.к. по данными экспериментального исследования Tolah с соавт. показана *in vitro* мощная ингибирующая активность свежеприготовленного экстракта корня *G. glabra* L. против SARS-CoV-2 в диапазоне концентраций от 100 до 312,5 нг/мл [32]. Кроме того, в качестве дополнительного контрольного образца нами был рассмотрен экстракт ферментированных листьев *кипрея узколистного* (*Epilobium angustifolium* L., *Onagraceae*) с известным противовоспалительным, антиоксидантным, противоопухолевым, противомикробным и обезболивающим действием, что связывают с тем, что полифенолы являются основными соединениями листьев этого растения [33], как и в листьях чая (*C. sinensis*) [3].

В результате нашего анализа было выявлено, что биологически активные вещества, содержащиеся в контрольном образце неконцентрированного водного экстракта *чаги*, ингибировали репликацию штамма SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020, выделенного в г. Новосибирске, при разведениях вирусного препарата, содержащего 10³, 10⁴ и 10⁵ ТЦПД₅₀/мл с ЕС₅₀=13,67±2,88; 54,125±12,00 и 366,20±47,84 мкг/мл соответственно (см. табл.). При сравнении с данными приведенными в работе [30], можно отметить, что 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 в наших экспериментах подавляется в сопоставимых эффективных концентрациях (по 50%-ной ингибирующей активности) с учетом разных схем инактивации вируса. По литературным данным широкая биологическая активность *чаги* связана с ее полисахаридами, но механизмы действия пока в стадии изучения. При этом отмечается низкая цитотоксичность препаратов этого базидиального гриба и факт, что из-за различий в среде обитания и методах экстракции состав и содержание полученных полисахаридов не одинаковы [29; 34].

При сравнении с активностью приготовленного нами водного экстракта *чаги* с ЕС₅₀=13,67±2,88 мкг/мл против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 (см. рис. 3а, б и табл.), приблизительно равная ингибирующая активность (от 15,25±3,91 до 39,66±8,75 мкг/мл) выявлена для экстрактов готовых чайных композиций №3 и №4 на основе черного чая с добавлением травы *тимьяна алтайского* и специи гвоздики или с добавлением семян *тмина* и корня *дягиля*; экстрактов готовых чайных композиций на основе зеленого чая – №1 с добавлением листьев *мяты перечной* и цветов *лаванды* или №2 с добавлением порошка кожуры апельсина и семян *аниса*; а также для экстрактов индивидуального растительного сырья, используемого для составления чайных композиций – это черный чай из Индии, Аргентины, Вьетнама и Шри-Ланка, листья *мяты перечной* и цветы *лаванды*, лишайник *цетрария*, зеленый чай из Китая и ягоды *клюквы*.

Превосходящая активность *чаги* обнаружена для экстрактов специи гвоздики (с ЕС₅₀=10,67±1,95 мкг/мл) и черного чая из Непала (с ЕС₅₀=11,43±1,48 мкг/мл) (см. рис. 3а, б и табл.).

Менее эффективно, по сравнению с контрольными образцами вирусную репликацию в дозе 10³ ТЦПД₅₀/мл подавляли экстракты следующего растительного сырья (по убывающей активности от 61,02±15,66 до 366,20±47,84 мкг/мл): семена *аниса*, корень *дягиля* и трава *тимьяна алтайского*, чайная композиция №5 на основе

черного чая с добавлением ягод *клюквы* и лишайника *цетрарии*, специи корицы; кожуры апельсина и семян *тмина*. Экстракт цветов *гибискуса* и чайная композиция №6 на их основе с добавлением кожуры апельсина и специи корицы не проявили антивирусной активности.

По чайным композициям, свежеприготовленным в объеме 150 мл и используемых для работы в объеме 1 мл (т.е. 13,3 мг/мл) в лунках 24-луночных планшетов с добавлением 1 мл питательной среды для монослоя клеток, наблюдалась следующая картина: все чайные композиции (№1-5), содержащие черный и зеленый чай, были эффективны против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2, что соотносится с данными по ЕС₅₀/мл в разведениях этих чайных композиций, приготовленных в меньшем объеме с исходной концентрацией 100 мг/мл.

Результаты по ингибирующей активности исследованных нами экстрактов против более высоких инфекционных доз SARS-CoV-2 – это 10⁴ и 10⁵ ТЦПД₅₀/мл, не во всех случаях коррелировали с результатами их активности против 10³ ТЦПД₅₀/мл, тем не менее, из экстрактов отдельных растений и чайных композиций можно выделить следующие (по убывающей активности): специя гвоздика, черный чай из Непала; чайная композиция №3 (черный чай+трава *тимьяна алтайского*+специя гвоздика), чайная композиция №4 (черный чай+семена *тмина*+корень *дягиля*), плод *чаги* и черный чай из Индии, чайная композиция №1 (зеленый чай+листья *мяты перечной*+цветы *лаванды*) и чайная композиция №2 (зеленый чай+кожура апельсина+семена *аниса*) (см. рис. 3а, б и табл.).

С возникновения эпидемии COVID-19 в КНР в конце 2019 г., китайские ученые первыми начали интенсивный поиск препаратов против SARS-CoV-2. С использованием метода молекулярного докинга уже в начале 2020 г. они провели виртуальный скрининг вирусных мишеней (структуры белков) и их взаимодействия с молекулами известных противовирусных препаратов из доступных баз данных. Также рассматривались растения, применяемые в народной и официальной китайской медицине. В результате было обнаружено, что некоторые природные вещества, например, гликозид байкалин (Baicalin) из корня *шлемника байкальского* (*Scutellaria baicalensis*, *Lamiaceae*), а также соединения катехина *камелии китайской* (*Camellia sinensis* L., *Theaceae*) и др. проявляют высокое сродство к связыванию с рекомбинантной вирусной протеазой PLpro SARS-CoV-2, что предполагает потенциальную полезность этих соединений в лечении COVID-19 [35]. Данные по эффективности этанольного экстракта корня *шлемника байкальского* и его основного ингредиента байкалина недавно в 2021 г. подтвердились и в исследовании *in vitro* – как в реакции по ингибированию рекомбинантной вирусной протеазы PLpro (с ЕС₅₀=8,52 мкг/мл и 0,39 мкг/мл соответственно), так и в реакции по нейтрализации (при заражении клеток после их предварительной обработки разведениями экстракта) против 200 БОЕ/лунка инфекционного SARS-CoV-2 (с ЕС₅₀=0,74 мкг/мл и 2,9 мкг/мл соответственно) при невысоком значении СС₅₀=500 мкг/мл [36]. В доклиническом исследовании *in vivo* на трансгенных мышах, имеющих клеточные рецепторы hACE2 для проникновения SARS-CoV-2, было показано, что байкалин при пероральном введении в дозе 4 мг/сутки значительно ингибировал репликацию вируса, спасал от потери массы тела и снижал поражение легочной ткани у этих животных. При остром повреждении легких у мышей препарат улучшал дыхательную функцию, ингибировал

инфильтрацию воспалительных клеток в легких и снижал уровни IL-1 β и TNF- α в сыворотке крови [37]. В обзоре, препринт которого был опубликован в PubMed в июле 2020 г. Mhatre с соавт., сотрудники Института химической технологии г. Мумбаи (Индия), рассматривали употребление чая прогрессом в поиске эффективных средств альтернативного лечения при COVID-19 [2]. Эти же авторы использовали молекулярный анализ взаимодействия молекул полифенолов *C. sinensis* L. с некоторыми из возможных сайтов связывания SARS-CoV-2 и в работе, опубликованной в феврале 2021 г., предсказали, что эпигаллокатехин-3-галлат (epigallocatechin-3-gallate, EGCG) может обладать значительной ингибирующей активностью против вирусной протеазы PLpro SARS-CoV-2 [8]. В марте 2021 г. группа китайских исследователей представила результат

по изучению материальной основы и механизму действия при COVID-19 экстракта ферментированных листьев *C. sinensis* L. в виде улуна под названием «Liupao tea» с целью разработки новой программы профилактики и лечения новой болезни. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии был определен состав этанольного экстракта этого вида чая. «Liupao tea» содержал галловую кислоту, EGCG, галлат эпикатехина, кофеин, рутин и эллаговую кислоту. Результаты по активности *in vitro* показали, что концентрация выделенного EGCG, ингибирующая рекомбинантную вирусную протеазу PLpro SARS-CoV-2 составляет 8,84 мкмоль/л, что может в определенной степени ингибировать инфекционный SARS-CoV-2 при обычном употреблении этого чайного напитка для профилактики COVID-19 [38].

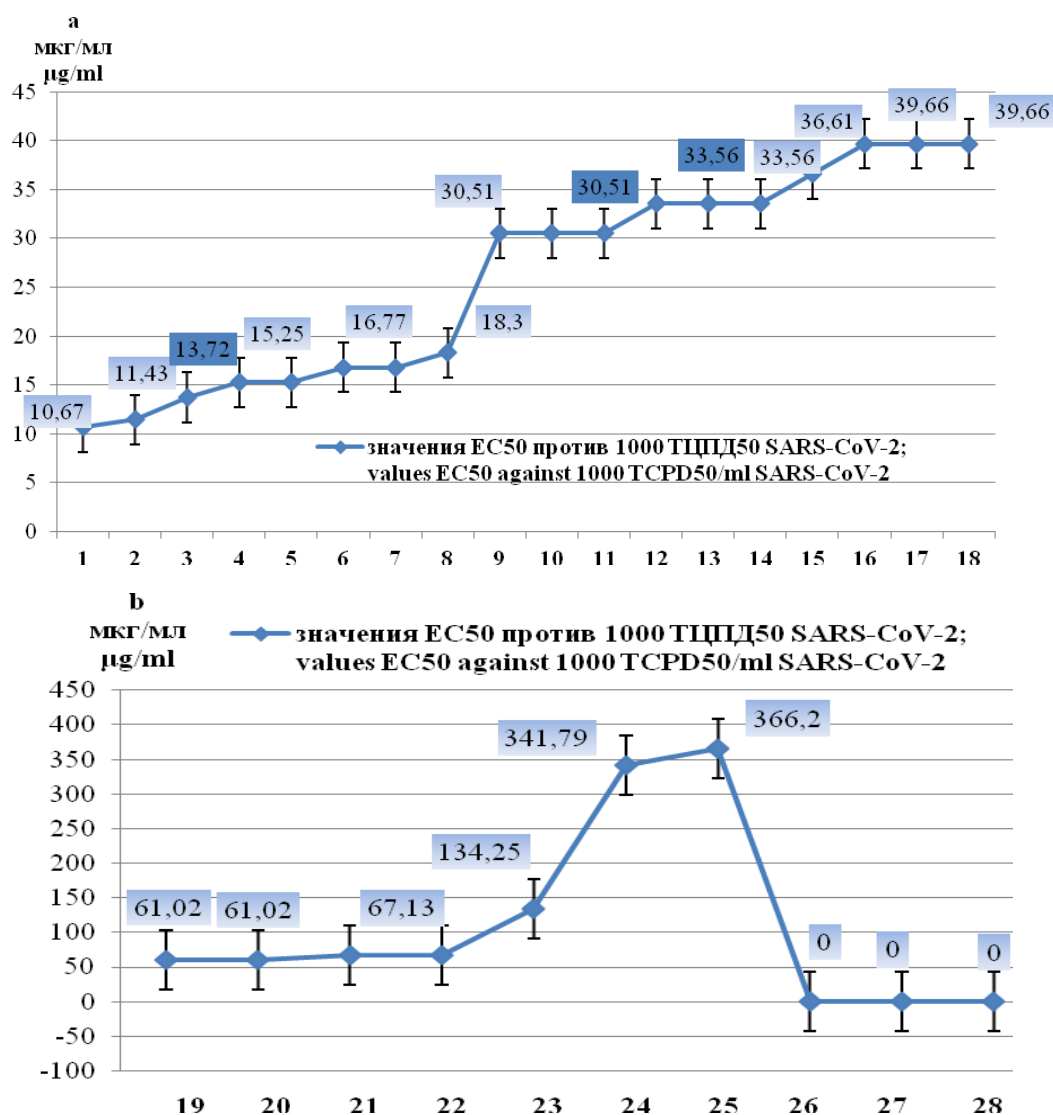


Рисунок 3. Результаты по определению 50%-ной ингибирующей (эффективной) концентрации (EC₅₀ в мкг/мл) против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2

Figure 3. Results of determination of 50% inhibitory (effective) concentration (EC₅₀ in μg/ml) versus 10³ TCPD₅₀/ml of SARS-CoV-2

Примечание: **а** – экстракты № 1 – 18; на темном фоне представлены показатели EC₅₀ в мкг/мл контрольных образцов (№3 – чага, №11 – корень солодки, №13 – ферментированные листья кипрея); **б** – экстракты № 19–27 и №20 – отрицательный контроль (кипяченая дистиллированная вода с питательной средой для клеток).

Номера образцов соответствуют их нумерации в рис. 2.

Note: **a** – extracts No. 1 – 18; EC₅₀ values in μg/ml of control samples are presented on a dark background (No. 3 – crushed fruit body of chaga (*Inonotus obliquus*, No. 11 – root of *Glycyrrhiza glabra* L. and No. 13 – fermented leaves of *Epilobium angustifolium* L.);

b – extracts No. 19–27 and No. 20 – negative control (boiled distilled water with nutrient medium for cells). The sample numbers correspond to their numbering in Fig. 2.

Таблица. Результаты по ингибирующей активности чайных композиций и входящих в их состав ингредиентов на SARS-CoV-2 *in vitro* против трех титров инфекционного вируса

Table. Results on the inhibitory activity of tea compositions and their constituent ingredients on SARS-CoV-2 *in vitro* against three titers of infectious virus

Номер образца Number in order	Название растительного сырья Name of raw materials of herbs	EC ₅₀ в мкг/мл для трех инфекционных титров вируса EC ₅₀ in µg/ml for three infectious virus titers			CC ₅₀ в мкг/мл CC ₅₀ in µg/ml
		10 ⁵ ТЦПД ₅₀ /мл 10 ⁵ TCPD ₅₀ /ml	10 ⁴ ТЦПД ₅₀ /мл 10 ⁴ TCPD ₅₀ /ml	10 ³ ТЦПД ₅₀ /мл 10 ³ TCPD ₅₀ /ml	
1	Гвоздика (специя) <i>Syzygium aromaticum</i> L. (spice)	317,37±70,04	33,56±8,75	10,67±1,95	10100,0±2293,67
2	Черный чай из Непала Black tea from Nepal	317,37±70,04	67,13±17,51	11,43±1,48	10675,0±1950,0
3	Чага <i>Chaga (Inonotus obliquus)</i>	366,20±47,84	54,92±11,96	13,72±2,99	62500,0±16038,71
4	Черный чай из Индии Black tea from India	634,76±140,09	109,85±23,92	15,25±3,91	37500,0±9250,0
5	Чайная композиция №3 (черный чай+трава тимьяна алтайского+специя гвоздика) Tea composition №3 (black tea+grass of <i>Thymus</i> <i>altaicus</i> +spice <i>Syzygium</i> <i>aromaticum</i> L.)	341,79±62,64	30,51±7,82	15,25±3,91	56250,0±17931,51
6	Листья мяты перечной Leaves of <i>Mentha piperita</i> L.	1953,12±501,2	158,68±35,02	16,77±4,37	75000,0±18510,0
7	Черный чай из Аргентины Black tea from Argentina	1171,87±289,36	73,23±18,08	16,77±4,37	26560,0±7220,0
8	Цветы лаванды Flowers of <i>Lavandula</i> <i>angustifolia</i> MILL.	2148,43±560,36	170,89±31,32	18,30±4,51	68750,0±17926,66
9	Черный чай из Вьетнама Black tea from Vietnam	1074,21±280,18	317,37±70,04	30,51±6,56	34370,0±8950,0
10	Черный чай из Шри-Ланки Black tea from Sri Lanka	634,76±140,09	122,06±31,32	30,51±6,56	31250,0±8010,0
11	Корень солодки Root of <i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	3515,62±765,60	134,25±35,02	30,51±7,82	68750,0±17931,82
12	Чайная композиция №1 (зеленый чай+листья мяты перечной+цветы лаванды) Tea composition №1 (green tea+leaves of <i>Mentha piperita</i> L.+flowers of <i>Lavandula</i> <i>angustifolia</i> MILL.)	683,59±125,29	134,25±35,02	33,56±8,75	87500,0±16038,37
13	Ферментированные листья кипрея Fermented leaves of <i>Epilobium angustifolium</i> L.	2148,43±560,36	732,42±95,69	33,56±8,75	62500,0±16038,37
14	Лишайник цетрария Lichen <i>Cetraria islandica</i> L.	5468,75±1002,41	366,20±47,84	33,56±8,75	75000,0±18510,0
15	Чайная композиция №2 (зеленый чай+кожура апельсина+семена аниса) Tea composition №2 (green tea+peel of <i>Citrus sinensis</i> L. +seeds of <i>Pimpinella anisum</i> L.)	732,42±95,69	122,06±31,32	36,61±9,03	81250,0±17931,51
16	Зеленый чай из Китая Green tea from China	1074,21±280,18	158,68±35,02	39,66±8,75	56250,0±17931,51
17	Чайная композиция №4 (черный чай+семена тмина+корень дягиля) Tea composition №4 (black tea+seeds of <i>Carum carvi</i> L. +root of <i>Angelica archangelica</i> L.)	439,44±95,69	73,23±18,08	39,66±8,75	62500,0±16038,37

18	Ягоды <i>клюквы</i> Berries of <i>Oxycoccus</i>	23437,5±3062,43	5859,37±765,60	39,66±8,75	46875,0±6118,76
19	Семена <i>аниса</i> Seeds of <i>Pimpinella anisum</i> L.	5078,12±1115,65	366,20±47,84	61,02±15,66	87500,0±16034,9
20	Корень <i>дягиля</i> Root of <i>Angelica archangelica</i> L.	9375,0±2314,45	341,79±62,64	61,02±15,66	62500,0±16038,37
21	Чайная композиция №5 (черный чай+ягоды <i>клюквы+цетрария</i>) Tea composition №5 (black tea+berries of <i>Oxycoccus</i> +lichen <i>Cetraria islandica</i> L.)	1269,53±280,18	366,20±47,84	67,13±17,51	68750,0±17920,0
22	Трава <i>тимьяна Алтайского</i> Grass of <i>Thymus altaicus</i>	4687,5±1157,22	683,59±125,29	67,13±17,51	68750,0±17926,66
23	<i>Корица</i> (специя) Cora of <i>Cinnamomum</i> <i>cassia</i> L. (spice)	3515,62±765,60	1660,15±451,78	134,25±35,02	26560,0±7220,0
24	Кожура <i>апельсина</i> Peel of <i>Citrus sinensis</i> L.	23430,0±3055,91	10937,5±2002,63	341,79±62,64	56250,0±4210,0
25	Семена <i>тмина</i> Seeds of <i>Carum carvi</i> L.	21875,0±4005,26	10156,25±2238,23	366,20±47,84	75000,0±18510,0
26	Чайная композиция №6 (цветы <i>гибискуса</i> +кожура апельсина+корица) Tea composition №6 (flowers of <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.+peel of <i>Citrus sinensis</i> L.+cora of <i>Cinnamomum cassia</i> L.)	0	0	0	75000,0±18510,0
27	Цветы <i>гибискуса</i> Flowers of <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	0	0	0	87500,0±16034,9
28	Отрицательный контроль Negative control: boiled distilled water and growth medium for <i>Vero</i> cells	0	0	0	0

Примечание: ТЦПД₅₀/мл – 50%-ная тканевая цитопатическая доза в мл; ЕС₅₀ – 50%-ная эффективная (вируснейтрализующая)

концентрация; 0 – нет эффекта; СС₅₀ – 50%-ная цитотоксическая концентрация на 5-е сутки наблюдения

Note: TCPD₅₀/ml – tissue cytopathic dose of the virus causing a 50% cytopathic effect on the infected cells/in ml;

EC₅₀ effective concentration; CC₅₀ – cytotoxic concentration on 5th day of observation

Проведенный нами анализ и результаты ингибирующей активности сырья черного и зеленого чая, а также готовых чайных композиций на их основе против SARS-CoV-2 подтверждают литературные данные о широкой антивирусной активности биологически активных веществ, содержащихся в листьях *C. sinensis* L. [2; 6-8]. В качестве контрольных образцов нами были использованы водные экстракты плодового тела *чаги* и корня *солодки* т.к. описана их ингибирующая активность против SARS-CoV-2 [30; 32], а также экстракт ферментированных листьев *кипрея узколистного* (*Epilobium angustifolium* L., *Onagraceae*), широкую биологическую активность которого связывают с тем, что полифенолы являются основными соединениями листьев этого растения [33], как и в листьях *C. sinensis*. При сравнении с этими контрольными образцами (с 50%-ной эффективной концентрацией (ЕС₅₀) равной 13,72±2,99, 30,51±7,82 и 33,56±8,75 мкг/мл против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 соответственно) приблизительно равная антивирусная активность (от 15,25±3,91 до 39,66±8,75 мкг/мл) нами выявлена для экстрактов готовых чайных композиций на основе черного чая с добавлением травы *тимьяна алтайского* и специи *гвоздики* или с добавлением семян *тмина* и корня *дягиля*; экстрактов готовых чайных композиций на основе зеленого чая с добавлением листьев *мяты перечной* и цветов *лаванды* или с добавлением кожуры *апельсина* и семян *аниса*; а также для экстрактов

индивидуального растительного сырья, используемого для составления чайных композиций – это черный чай из Индии, Аргентины, Вьетнама и Шри-Ланка, листья *мяты перечной* и цветы *лаванды*, лишайник *цетрария*, зеленый чай из Китая и ягоды *клюквы*. Удивительно, что индивидуальные экстракты листьев *мяты перечной* и цветов *лаванды* по ингибирующей активности (16,77±4,37 и 18,30±4,51 мкг/мл) практически не уступали экстрактам сырья черного чая из Индии, Аргентины, Вьетнама и Шри-Ланка. Результаты по активности экстракта листьев *мяты перечной* могут стать подтверждением предсказания Sargin в начале 2021 г. о необходимости исследования этого растения для лечения коронавирусной болезни в связи с его антигриппозной активностью [39]. К биологической активности эфирного масла цветов *лаванды* (например, противогрибковой [40]) недавно появилось сообщение об его антивирусной активности в смеси с эфирными маслами *эвкалипта шаровидного* (*Eucalyptus globulus*, *Myrtaceae*) и *сосны обыкновенной* (*Pinus sylvestris*, *Pinaceae*) против вируса африканской чумы свиней (African swine fever virus) [41].

В экспериментах *in vitro* мы обнаружили не значительно превосходящую активность *чаги* (13,72±2,99 мкг/мл) для индивидуальных экстрактов черного чая из Непала (11,43±1,48 мкг/мл) и специи *гвоздики* (10,67±1,95 мкг/мл) против 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2. Хорошо известная кулинарная пряность

Syzygium aromaticum L. (высушенный бутон цветка этого растения обозначается английским названием «clove», происходящим от латинского слова “clavus” (гвоздь), с древних времен использовалась в народной медицине при многих респираторных заболеваниях, таких как кашель, простуда, астма, бронхит или синусит, в виде ароматерапии. Специя гвоздика является одним из ингредиентов чаев, используемых в тропической Азии для облегчения кашля [42]. Интересными свойствами специи гвоздики и ее компонентов являются описанные в литературе обезболивающие свойства (благодаря наличию вещества класса фенолов – еugenol (4-allyl-2-methoxyphenol), а также антитромботического, иммуностимулирующего и антибактериального эффектов [42]. В тоже время ингредиенты специи гвоздики обладают противовоспалительными и противовирусными свойствами. Описана ингибирующая активность этанольных и метанольных экстрактов специи гвоздики на вирус простого герпеса (herpes simplex virus, HSV) [43] и на рекомбинантную протеазу вируса гепатита С [44]. Показано, что еugenol в чистом виде способен *in vitro* ингибировать репликацию вирусов гриппа А [45] и Эбола [46].

В наших экспериментах менее эффективно, по сравнению с контрольными образцами (экстрактами чаги, корня солодки и ферментированных листьев кипрея), репликацию SARS-CoV-2 в дозе 10^3 ТЦПД₅₀/мл подавляли экстракты следующего растительного сырья (по убывающей активности от $61,02 \pm 15,66$ до $366,20 \pm 47,84$ мкг/мл): семян аниса, корня дягиля и травы тимьяна алтайского, чайной композиции на основе черного чая с добавлением ягод клюквы и лишайника цетрарии, пряности корицы; кожуры апельсина и семян тмина. Цветы гибискуса и чайная композиция на их основе не проявили ингибирующей активности на SARS-CoV-2, хотя в литературе есть сообщения об антивирусной активности этого растения. Например, водного экстракта цветов *H. sabdariffa* L., концентрированного выпариванием, против HSV-2 за счет его биоактивного соединения – протокатехиновой кислоты [47] или водного экстракта против вируса гриппа А [48].

В настоящее время поиск новых молекул природного происхождения с антивирусной активностью против COVID-19 основан на этноботанических исследованиях, которые позволяют проводить инвентаризацию растений в определенной географической зоне или стране, затем проводить фитохимические и фармакологические исследования. Например, основываясь на молекулярном докинге веществ, выделенных из экстрактов 67-ми растений, ученые из Морокко нашли три молекулы, которые очень интересны как с химической, так и с биологической стороны в качестве ингибиторов протеазы SARS-CoV-2 – это каротиноид кроцин (Crocetin) из рылец шафрана посевного (*Crocus Sativus* L., *Iridaceae*), сердечный гликозид дигитоксигенин (Digitoxigenin) из семян олеандра (*Nerium Oleander*, *Apocynaceae*) и сесквитерпеновый спирт β-эудесмол (β-Eudesmol) из эфирного масла лавра благородного (*Laurus Nobilis* L., *Lauraceae*). Авторы считают, что синтез этих молекул и оценка их активности *in vitro* и *in vivo* против SARS-CoV-2 могут быть интересны в клиническом плане [49]. Экстракты или чистые соединения, выделенные из лекарственных растений, таких как полынь однолетняя (*Artemisia annua*, *Asteraceae*),

корейская мята (*Agastache rugosa*, *Lamiaceae*), астрагал перепончатый (*Astragalus membranaceus*, *Fabaceae*), солодка уральская (*Glycyrrhizae uralensis*, *Fabaceae*) и др., могут обладать многообещающим ингибирующим действием против SARS-CoV-2, как считают авторы в обзоре [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования актуальны в настоящее время. Анализ ингибирующей активности чайных композиций и составляющих их ингредиентов против SARS-CoV-2, можно оценить как положительный результат и определить цели для дальнейших исследований по поиску растительных препаратов и индивидуальных химических соединений, содержащихся в них. В этом плане интересны растения, произрастающие на территории нашей страны, возможно, с уже исследованной биологической активностью. Например, это произрастающий повсеместно кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium* L., *Onagraceae*) [33] или лишайник вида цетрария (*Cetraria islandica* L., *Parmeliaceae*) с высокими запасами природного сырья в горном Алтае и описанной активностью *in vitro* против вирусов гриппа субтипов А/Н3N2 и А/Н5N1 [51]. Перспективными для дальнейших исследований могут быть растения, водные экстракты которых проявили ингибирующую активность и против более высоких инфекционных доз SARS-CoV-2 – 10^4 и 10^5 ТЦПД₅₀/мл, это в первую очередь – специя гвоздика, черный чай из Непала, плодородное тело чаги и черный чай из Индии. На основании результатов по ингибирующей активности 10^4 и 10^5 ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 можно предположить, что чайные композиции на основе черного и зеленого чая или с добавлением растительного сырья в виде обычного напитка могут быть полезны при инфекции COVID-19.

На стадии оформления наших результатов для публикации, в PubMed появилась статья японских исследователей по анализу активности экстрактов зеленого и черного чая против SARS-CoV-2 *in vitro*. Ishimoto с соавт. использовали коммерческое сырье зеленого и черного чая (пакетики по 2,2 г) производства Mitsui Norin Co., Ltd (Токио, Япония), экстрагировали в 140 мл горячей очищенной воды в течение 15 мин и фильтровали через нитроцеллюлозные фильтры (Merck Millipore) с диаметром пор 0,2 мкм. Для оценки противовирусной активности экстракты смешивали с препаратом инфекционного SARS-CoV-2 (штамм JPN/TY/WK-521) и, перед нанесением на культуру клеток линии VeroE6, смеси выдерживали при комнатной температуре (25°C) в течение разного времени – 10 и 30 сек, а также 1; 5; 10 или 30 мин. Показано, что по истечению 2-х суток адсорбции суспензии обработанных вирионов на клетки, водные экстракты зеленого и черного чая снижали вирусный титр на 5 lg (при сравнении с контролем инфицированных клеток), начиная с первой точки предварительной (перед инфицированием) выдержки смеси в течение 10 сек. Таким образом, авторы предполагают, что наличие полифенолов в ферментированных листьях *C. sinensis* L., т.е. в чайном сырье и, соответственно, в чайных напитках, может быть дешевым и приемлемым средством для снижения вирусной нагрузки SARS-CoV-2 во рту и верхних отделах желудочно-кишечного тракта и дыхательных путей [52].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №20-04-60010 «Изучение разнообразия, циркуляции и патогенного потенциала коронавирусов в природных резервуарах на территории Западной и Восточной Сибири» и №20-04-60212 «Комплексный эколого-вирусологический мониторинг коронавирусов в экосистемах Дальнего Востока».

ACKNOWLEDGMENT

The work was supported by grants from the Russian Foundation for Basic Research No. 20-04-60010 "Studying the diversity, circulation and pathogenic potential of coronaviruses in natural reservoirs in Western and Eastern Siberia" and No. 20-04-60212 "Integrated ecological and virological monitoring of coronaviruses in the ecosystems of the Far East".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yu X., Xiao J., Chen S., Yu Y., Ma J., Lin Y., Li R., Lin J., Fu Z., Zhou Q., Chao Q., Chen L., Yang Z., Liu R. Metabolite signatures of diverse *Camellia sinensis* tea populations // Nat Commun. 2020. V. 11. N 1. Article number: 5586. DOI: 10.1038/s41467-020-19441-1
2. Mhatre S., Srivastava T., Naik S., Patravale V. Antiviral activity of green tea and black tea polyphenols in prophylaxis and treatment of COVID-19: A review // Phytomedicine. 2021. V. 85. Article number: 153286. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153286
3. Wang L., Song J., Liu A., Xiao B., Li S., Wen Z., Lu Y., Du G. Research Progress of the Antiviral Bioactivities of Natural Flavonoids // Nat Prod Bioprospect. 2020. V. 10. N 5. P. 271-283. DOI: 10.1007/s13659-020-00257-x
4. Zeng L., Watanabe N., Yang Z. Understanding the biosyntheses and stress response mechanisms of aroma compounds in tea (*Camellia sinensis*) to safely and effectively improve tea aroma // Crit. Rev. Food Sci. 2019. N 59. P. 2321-2334. DOI: 10.1080/10408398.2018.1506907
5. Chen S., Li M., Zheng G., Wang T., Lin J., Wang S., Wang X., Chao Q., Cao S., Yang Z., Yu X. Metabolite Profiling of 14 Wuyi Rock Tea Cultivars Using UPLC-QTOF MS and UPLC-QqQ MS Combined with Chemometrics // Molecules. 2018. V. 23. N 2. P. 104. DOI: 10.3390/molecules23020104
6. Zakaryan H., Arabyan E., Oo A., Zandi K. Flavonoids: promising natural compounds against viral infections // Arch Virol. 2017. V. 162. N 9. P. 2539-2551. DOI: 10.1007/s00705-017-3417-y
7. Jo S., Kim S., Shin D.H., Kim M.-S. Inhibition of SARS-CoV 3CL protease by flavonoids // J Enzyme Inhib Med Chem. 2020. V. 35. N 1. P. 145-151. DOI: 10.1080/14756366.2019.1690480
8. Mhatre S., Naik S., Patravale V. A molecular docking study of EGCG and theaflavin digallate with the druggable targets of SARS-CoV-2 // Comput Biol Med. 2021. N 129. Article number: 104137. DOI: 10.1016/j.combiomed.2020.104137
9. Ahn D.-G., Shin H.-J., Kim M.-H., Lee S., Kim H.-S., Myoung J., Kim B.-T., Kim S.-J. Current Status of Epidemiology, Diagnosis, Therapeutics, and Vaccines for Novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) // J Microbiol Biotechnol. 2020. V. 30. N 3. P. 313-324. DOI: 10.4014/jmb.2003.03011
10. Hodgson S.H., Mansatta K., Mallett G., Harris V., Emary K.R.W., Pollard A.J. What defines an efficacious COVID-19 vaccine? A review of the challenges assessing the clinical efficacy of vaccines against SARS-CoV-2 // Lancet Infect Dis. 2021. V. 21. N 2. Article number: e26-e35. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30773-8
11. Abd El-Aziz T.M., Stockand J.D. Recent progress and challenges in drug development against COVID-19 coronavirus (SARS-CoV-2) - an update on the status // Infect Genet Evol. 2020. N 83. Article number: 104327. DOI: 10.1016/j.meegid.2020.104327
12. Report FDA. Coronavirus (COVID-19) Update: FDA Revokes Emergency Use Authorization for Chloroquine and Hydroxychloroquine. URL: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-revokes-emergency-use-authorization-chloroquine-and> (дата обращения: 25.03.2021)
13. Report World Health Organization. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/04-07-2020-who-discontinues-hydroxychloroquine-and-lopinavir-ritonavir-treatment-arms-for-covid-19> (дата обращения: 25.03.2021)
14. Furuta Y., Komeno T., Nakamura T. Favipiravir (T-705), a broad spectrum inhibitor of viral RNA polymerase // Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci. 2017. V. 93. N 7. P. 449-463. DOI: 10.2183/pjab.93.027
15. Li G., Clercq E.D. Therapeutic options for the 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) // Nat Rev Drug Discov. 2020. V. 19. N 3. P. 149-150. DOI: 10.1038/d41573-020-00016-0
16. Report. The drug was approved for the treatment of COVID-19 in the hospital settings in Russia on May 29, 2020, after an ongoing open-label randomized clinical trial had recruited 60 subjects on favipiravir. URL: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/healthcare/biotech/pharmaceuticals/russian-drug-to-treat-covid-to-be-delivered-to-hospitals-in-june/articleshow/76131135.cms/2020> (дата обращения: 22.08.2020)
17. Doi Y., Hibino M., Ryota H., Michiko Y., Kasamatsu Y., Hirose M., Mutoh Y., Homma Y., Terada M., Ogawa T. et al. A Prospective, Randomized, Open-Label Trial of Early versus Late Favipiravir Therapy in Hospitalized Patients with COVID-19 // Antimicrob Agents Chemother. 2020. V. 64. N 12. Article number: e01897-20. DOI: 10.1128/AAC.01897-20
18. Joshi S., Parkar J., Ansari A., Vora A., Talwar D., Tiwaskar M., Patil S., Barkate H. Role of favipiravir in the treatment of COVID-19 // Int J Infect Dis. 2021. N 102. P. 501-508. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.10.069
19. Pardo J., Shukla A.M., Chamathi G., Gupta A. The journey of remdesivir: from Ebola to COVID-19 // Drugs Context. 2020. N 9. Article number: 2020-4-14. DOI: 10.7573/dic.2020-4-14
20. Batiha O., Al-Deeb T., Al-Zoubi E., Alsharu E. Impact of COVID-19 and other viruses on reproductive health // Andrologia. 2020. V. 52. N 9. Article number: e13791. DOI: 10.1111/and.13791
21. Чепурнов А.А., Шаршов К.А., Казачинская Е.И., Кононова Ю.В., Казачкова Е.А. и др. Антигенные свойства изолята коронавируса SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020, выделенного от пациента в Новосибирске // Журнал инфектологии. 2020. Т. 12. N 3. С. 42-50. DOI: 10.22625/2072-6732-2020-12-3-42-50
22. Case J.B., Bailey A.L., Kim A.S., Chen R.E., Diamond M.S. Growth, detection, quantification, and inactivation of SARS-CoV-2 // Virology. 2020. N 548. P. 39-48. DOI: 10.1016/j.virol.2020.05.015
23. Kazachinskaia E.I., Chepurinov A.A., Shcherbakov D.N., Kononova Yu.V., Shanshin D.V., Romanova V.D., Khripko O.P., Saroyan T.A., Gulyaeva M.A., Voevoda M.I., Shestopalov A.M. IgG Study of Blood Sera of Patients with COVID-19 // Patogens. 2021. V. 10. N 11. Article number: 1421. DOI: 10.3390/pathogens10111421
24. Фисенко В.П. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. Минздрав РФ, ЗАО «ИИА «Ремедиум, Москва. 2000. 398 с.
25. Hassan S.T.S., Berchova-Bimova K., Šudomova M., Malanik M., Smejkal K., Rengasamy K.R.R. In Vitro Study of Multi-Therapeutic Properties of *Thymus bovei* Benth. Essential Oil and Its Main Component for Promoting Their Use in Clinical Practice // J. Clin. Med. 2018. N 7. Article number: 283. DOI: 10.3390/jcm7090283
26. Cheng H.-Y., Lin L.-T., Huang H.-H., Yang C.-M., Lin C.-C. Yin Chen Hao Tang, a Chinese prescription, inhibits both herpes simplex virus type-1 and type-2 infections in vitro // Antiviral Res. 2008. V. 77. N 1. P. 14-9. DOI: 10.1016/j.antiviral.2007.08.012
27. Trujillo-Correa A.I., Quintero-Gil D.C., Diaz-Castillo F., Quiñones W., Robledo S.M., Martinez-Gutierrez M. In vitro and in silico anti-dengue activity of compounds obtained from *Psidium guajava* through bioprospecting // BMC Complement Altern Med. 2019. V. 19. N 1. Article number: 298. DOI: 10.1186/s12906-019-2695-1
28. Nyayanit D.A., Sarkale P., Baradkar S., Patil S., Yadav P.D., Shete-Aich A., Kalele K., Gawande P., Majumdar T., Jain R., Sapkal G. Transcriptome & viral growth analysis of SARS-CoV-2-infected Vero CCL-81 cells // Indian J Med Res. 2020. V. 152. N 1 & 2. P. 70-76. DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_2257_20
29. Shahzad F., Anderson D., Najafzadeh M. The Antiviral, Anti-Inflammatory Effects of Natural Medicinal Herbs and Mushrooms and SARS-CoV-2 Infection // Nutrients. 2020. V. 12. N 9. Article number: 2573. DOI: 10.3390/nu12092573

30. Теплякова Т.В., Пьянков О.В., Скарнович М.О., Бормотов Н.И., Потешкина А.Л., Овчинникова А.С., Косогова Т.А., Магеррамова А.В., Маркович Н.А., Филиппова Е.И. Ингибитор репликации коронавируса SARS-CoV-2 на основе водного экстракта гриба *Inonotus obliquus*. Пат. РФ N 2741714C1; опубл. 28.01.2021 в Бюл. N 4.
31. Wang C., Ming H., Jia W., Su W., Zhan L.-R., Luo D., Yang J.-Y. Analysis of medication regularity and pharmacodynamic characteristics of traditional Chinese medicine treatment in 444 severe cases of COVID-19 // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2020. V. 45. N 13. P. 3007-3012. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20200427.501
32. Tolah A.M., Altayeb L.M., Alandijany T.A., Dwivedi V.D., El-Kafrawy S.A., Azhar E.I. Computational and In Vitro Experimental Investigations Reveal Anti-Viral Activity of Licorice and Glycyrrhizin against Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 // *Pharmaceuticals (Basel)*. 2021. V. 14. N 12. Article number: 1216. DOI: 10.3390/ph14121216
33. Vitalone A., Allkanjari O. *Epilobium* spp: Pharmacology and Phytochemistry // *Phytother Res*. 2018. V. 32. N 7. P. 1229-1240. DOI: 10.1002/ptr.6072
34. Lu Y., Jia Y., Xue Z., Li N., Liu J., Chen H. Recent Developments in *Inonotus obliquus* (Chaga mushroom) Polysaccharides: Isolation, Structural Characteristics, Biological Activities and Application // *Polymers (Basel)*. 2021. V. 13. N 9. Article number: 1441. DOI: 10.3390/polym13091441
35. Wu C., Liu Y., Yang Y., Zhang P., Zhong W., Wang Y., Wang Q., Xu Y., Li M., Li X., Zheng M., Chen L., Li H. Analysis of therapeutic targets for SARS-CoV-2 and discovery of potential drugs by computational methods // *Acta Pharm Sin B*. 2020. V. 10. N 5. P. 766-788. DOI: 10.1016/j.apsb.2020.02.008
36. Liu H., Ye F., Sun Q., Liang H., Li C., Li S., Lu R., Huang B., Tan W., Lai L. *Scutellaria baicalensis* extract and baicalin inhibit replication of SARS-CoV-2 and its 3C-like protease in vitro CoV-2 // *J Enzyme Inhib Med Chem*. 2021. V. 36. N 1. P. 497-503. DOI: 10.1080/14756366.2021.1873977
37. Song J., Zhang L., Xu Y., Yang D., Zhang L., Yang S., Zhang W., Wang J., Tian S., Yang S., Yuan T., Liu A., Lv Q., Li F., Liu H., Hou B., Peng X., Lu Y., Du G. The comprehensive study on the therapeutic effects of baicalin for the treatment of COVID-19 in vivo and in vitro // *Biochem Pharmacol*. 2021. N 183. Article number: 114302. DOI: 10.1016/j.bcp.2020.114302
38. Ni W.-J., Chen X.-X., Wei S.-Y., Lan L.-L., Qiu R.-J., Ling Y.-P., Zhou D.-S., Wu Z.-M., Cao Z.-H., Yu C.-P., Zeng Y. Study on the mechanism of active components of Liupao tea on 3CL^{pro} based on HPLC-DAD fingerprint and molecular docking technique // *J Food Biochem*. 2021. V. 45. N 5. Article number: e13707. DOI: 10.1111/jfbc.13707
39. Sargin S.A. Potential anti-influenza effective plants used in Turkish folk medicine: A review // *J Ethnopharmacol*. 2021. V. 265. Article number: 113319. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113319
40. Rashed A.A., Rath D.-N.G., Nasir N.A.H.A., Rahman A.Z.A. Antifungal Properties of Essential Oils and Their Compounds for Application in Skin Fungal Infections: Conventional and Nonconventional Approaches // *Molecules*. 2021. V. 26. N 4. Article number: 1093. DOI: 10.3390/molecules26041093
41. Truong Q.L., Nguyen L.T., Babikian H.Y., Jha R.K., Nguyen H.T., To T.L. Natural oil blend formulation as an anti-African swine fever virus agent in *in vitro* primary porcine alveolar macrophage culture // *Vet World*. 2021. V. 14. N 3. P. 794-802. DOI: 10.14202/vetworld.2021.794-802
42. Vicidomini C., Roviello V., Roviello G. Molecular Basis of the Therapeutic Potential of Clove (*Syzygium aromaticum* L.) and Clues to Its Anti-COVID-19 Utility // *Molecules*. 2021. V. 26. N 7. Article number: 1880. DOI: 10.3390/molecules26071880
43. Tragoolpua Y., Jatisatienr A. Anti-herpes simplex virus activities of *Eugenia caryophyllus* (Spreng.) // *Phytother Res*. 2007. V. 21. N 12. P. 1153-1158. DOI: 10.1002/ptr.2226
44. Hussein G., Miyashiro H., Nakamura N., Hattori M., Kakiuchi N., Shimotohno K. Inhibitory effects of Sudanese medicinal plant extracts on hepatitis C virus (HCV) protease // *Phytother. Res*. 2000. N 14. P. 510-516. DOI: 10.1002/1099-1573(200011)14:7<510::AID-PTR646>3.0.CO;2-B
45. Dai J.-P., Zhao X.-F., Zeng J., Wan Q.-Y., Yang J.-C., Li W.-Z., Chen X.-X., Wang G.-F., Li K.-S. Drug screening for autophagy inhibitors based on the dissociation of Beclin1-Bcl2 complex using BiFC technique and mechanism of eugenol on anti-influenza A virus activity // *PLoS ONE*. 2013. N 8. Article number: e61026. DOI: 10.1371/journal.pone.0061026
46. Lane T., Anantpadma M., Freundlich J.S., Davey R.A., Madrid P.B., Ekins S. The natural product eugenol is an inhibitor of the ebola virus in vitro // *Pharm. Res*. 2019. N 36. P. 1-6. DOI: 10.1007/s11095-019-2629-0
47. Hassan S.T.S., Švajdlenka E., Berchová-Bímová K. Hibiscus sabdariffa L. and Its Bioactive Constituents Exhibit Antiviral Activity against HSV-2 and Anti-enzymatic Properties against Urease by an ESI-MS Based Assay // *Molecules*. 2017. V. 22. N 5. Article number: 722. DOI: 10.3390/molecules22050722
48. Takeda Y., Okuyama Y., Nakano H., Yaoita Y., Machida K., Ogawa H., Imai K. Antiviral Activities of *Hibiscus sabdariffa* L. Tea Extract Against Human Influenza A Virus Rely Largely on Acidic pH but Partially on a Low-pH-Independent Mechanism // *Food Environ Virol*. 2020. V. 12(1). P. 9-19. DOI: 10.1007/s12560-019-09408-x
49. Aanouz I., Belhassan A., El-Khatibi K., Lakhliifi T., El-Ldrissi M., Bouachrine M. Moroccan Medicinal plants as inhibitors against SARS-CoV-2 main protease: Computational investigations // *J Biomol Struct Dyn*. 2021. V. 39. N 8. P. 2971-2979. DOI: 10.1080/07391102.2020.1758790
50. Adhikari B., Marasini B.P., Rayamajhee B., Bhattarai B.R., Lamichhane G., Khadayat K., Adhikari A., Khanal S., Parajuli N. Potential roles of medicinal plants for the treatment of viral diseases focusing on COVID-19: A review // *Phytother Res*. 2021. V. 35. N 3. P. 1298-1312. DOI: 10.1002/ptr.6893
51. Мазуркова Н.А., Седельникова Н.В., Макаревич Е.В., Филиппова Е.И., Костина Н.Е., Кукушкина Т.А. Противовирусное средство на основе сухого экстракта лещины *Cetraria islandica*. Пат. РФ N 2580305; опубл. 10.04.2016 Бюл. N 10.
52. Ishimoto K., Hatanaka N., Otani S., Maeda S., Xu B., Yasugi M., Moore J.E., Suzuki M., Nakagawa S., Yamasaki S. Tea crude extracts effectively inactivate severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 // *Lett Appl Microbiol*. 2022. V. 74. N 1. P. 2-7. DOI: 10.1111/lam.13591.

REFERENCES

1. Yu X., Xiao J., Chen S., Yu Y., Ma J., Lin Y., Li R., Lin J., Fu Z., Zhou Q., Chao Q., Chen L., Yang Z., Liu R. Metabolite signatures of diverse *Camellia sinensis* tea populations. *Nat Commun.*, 2020, vol. 11, no. 1, article number: 5586. DOI: 10.1038/s41467-020-19441-1
2. Mhatre S., Srivastava T., Naik S., Patravale V. Antiviral activity of green tea and black tea polyphenols in prophylaxis and treatment of COVID-19: A review. *Phytomedicine*, 2021, vol. 85, article number: 153286. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153286
3. Wang L., Song J., Liu A., Xiao B., Li S., Wen Z., Lu Y., Du G. Research Progress of the Antiviral Bioactivities of Natural Flavonoids. *Nat Prod Bioprospect.*, 2020, vol. 10, no. 5, pp. 271-283. DOI: 10.1007/s13659-020-00257-x
4. Zeng L., Watanabe N., Yang Z. Understanding the biosyntheses and stress response mechanisms of aroma compounds in tea (*Camellia sinensis*) to safely and effectively improve tea aroma. *Crit. Rev. Food Sci.*, 2019, no. 59, pp. 2321-2334. DOI: 10.1080/10408398.2018.1506907
5. Chen S., Li M., Zheng G., Wang T., Lin J., Wang S., Wang X., Chao Q., Cao S., Yang Z., Yu X. Metabolite Profiling of 14 Wuyi Rock Tea Cultivars Using UPLC-QTOF MS and UPLC-QqQ MS Combined with Chemometrics. *Molecules*, 2018, vol. 23, no. 2, pp. 104. DOI: 10.3390/molecules23020104
6. Zakaryan H., Arabyan E., Oo A., Zandi K. Flavonoids: promising natural compounds against viral infections. *Arch Virol.*, 2017, vol. 162, no. 9, pp. 2539-2551. DOI: 10.1007/s00705-017-3417-y
7. Jo S., Kim S., Shin D.H., Kim M.-S. Inhibition of SARS-CoV 3CL protease by flavonoids. *J Enzyme Inhib Med Chem.*, 2020, vol. 35, no. 1, pp. 145-151. DOI: 10.1080/14756366.2019.1690480
8. Mhatre S., Naik S., Patravale V. A molecular docking study of EGCG and theaflavin digallate with the druggable targets of SARS-CoV-2. *Comput Biol Med.*, 2021, no. 129, article number: 104137. DOI: 10.1016/j.combiomed.2020.104137
9. Ahn D.-G., Shin H.-J., Kim M.-H., Lee S., Kim H.-S., Myoung J., Kim B.-T., Kim S.-J. Current Status of Epidemiology, Diagnosis, Therapeutics, and Vaccines for Novel Coronavirus Disease 2019

- (COVID-19). *J Microbiol Biotechnol.*, 2020, vol. 30, no. 3, pp. 313-324. DOI: 10.4014/jmb.2003.03011
10. Hodgson S.H., Mansatta K., Mallett G., Harris V., Emary K.R.W., Pollard A.J. What defines an efficacious COVID-19 vaccine? A review of the challenges assessing the clinical efficacy of vaccines against SARS-CoV-2. *Lancet Infect Dis.*, 2021, vol. 21, no. 2, article number: e26-e35. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30773-8
 11. Abd El-Aziz T.M., Stockand J.D. Recent progress and challenges in drug development against COVID-19 coronavirus (SARS-CoV-2) - an update on the status. *Infect Genet Evol.*, 2020, no. 83, article number: 104327. DOI: 10.1016/j.meegid.2020.104327
 12. Report FDA. Coronavirus (COVID-19) Update: FDA Revokes Emergency Use Authorization for Chloroquine and Hydroxychloroquine. Available at: <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-revokes-emergency-use-authorization-chloroquine-and> (accessed 25.03.2021)
 13. Report World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/ru/news/item/04-07-2020-who-discontinues-hydroxychloroquine-and-lopinavir-ritonavir-treatment-arms-for-covid-19> (accessed 25.03.2021)
 14. Furuta Y., Komeno T., Nakamura T. Favipiravir (T-705), a broad spectrum inhibitor of viral RNA polymerase. *Proc Jpn Acad Ser B Phys Biol Sci.*, 2017, vol. 93, no. 7, pp. 449-463. DOI: 10.2183/pjab.93.027
 15. Li G., Clercq E.D. Therapeutic options for the 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Nat Rev Drug Discov.*, 2020, vol. 19, no. 3, pp. 149-150. DOI: 10.1038/d41573-020-00016-0
 16. Report. The drug was approved for the treatment of COVID-19 in the hospital settings in Russia on May 29, 2020, after an ongoing open-label randomized clinical trial had recruited 60 subjects on favipiravir. Available at: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/healthcare/biotech/pharmaceuticals/russian-drug-to-treat-covid-to-be-delivered-to-hospitals-in-june/articleshow/76131135.cms/2020> (accessed 22.08.2020)
 17. Doi Y., Hibino M., Ryota H., Michiko Y., Kasamatsu Y., Hirose M., Mutoh Y., Homma Y., Terada M., Ogawa T. et al. A Prospective, Randomized, Open-Label Trial of Early versus Late Favipiravir Therapy in Hospitalized Patients with COVID-19. *Antimicrob Agents Chemother.*, 2020, vol. 64, no. 12, article number: e01897-20. DOI: 10.1128/AAC.01897-20
 18. Joshi S., Parkar J., Ansari A., Vora A., Talwar D., Tiwaskar M., Patil S., Barkate H. Role of favipiravir in the treatment of COVID-19. *Int J Infect Dis.*, 2021, no. 102, pp. 501-508. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.10.069
 19. Pardo J., Shukla A.M., Chamarthi G., Gupte A. The journey of remdesivir: from Ebola to COVID-19. *Drugs Context.*, 2020, no. 9, article number: 2020-4-14. DOI: 10.7573/dic.2020-4-14
 20. Batiha O., Al-Deeb T., Al-Zoubi E., Alsharu E. Impact of COVID-19 and other viruses on reproductive health. *Andrologia*, 2020, vol. 52, no. 9, article number: e13791. DOI: 10.1111/and.13791
 21. Chepurinov A.A., Sharshov K.A., Kazachinskaya E.I., Kononova Yu.V., Kazachkova E.A., Khripko O.P., Yurchenko K.S., Alekseev A.Yu., Voevoda M.I., Shestopalov A.M. Antigenic properties of SARS-CoV-2/human/RUS/NSK-FRCfM-1/2020 coronavirus isolate from a patient in Novosibirsk. *Journal Infectology*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 42-50. (In Russian) DOI: 10.22625/2072-6732-2020-12-3-42-50
 22. Case J.B., Bailey A.L., Kim A.S., Chen R.E., Diamond M.S. Growth, detection, quantification, and inactivation of SARS-CoV-2. *Virology*, 2020, no. 548, pp. 39-48. DOI: 10.1016/j.virol.2020.05.015
 23. Kazachinskaia E.I., Chepurinov A.A., Shcherbakov D.N., Kononova Yu.V., Shanshin D.V., Romanova V.D., Khripko O.P., Saroyan T.A., Gulyaeva M.A., Voevoda M.I., Shestopalov A.M. IgG Study of Blood Sera of Patients with COVID-19. *Pathogens*, 2021, vol. 10, no. 11, article number: 1421. DOI: 10.3390/pathogens10111421
 24. Fisenko V.P. *Rukovodstvo po eksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniyu novykh farmakologicheskikh veshchestv* [Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances]. Moscow, Ministry of Health of the Russian Federation, closed joint-stock company «IIA» Remedium, 2000, 398 p. (In Russian)
 25. Hassan S.T.S., Berchova-Bimova K., Šudomova M., Malanik M., Smejkal K., Rengasamy K.R.R. In Vitro Study of Multi-Therapeutic Properties of *Thymus bovei* Benth. Essential Oil and Its Main Component for Promoting Their Use in Clinical Practice. *J. Clin. Med.*, 2018, no. 7, article number: 283. DOI: 10.3390/jcm7090283
 26. Cheng H.-Y., Lin L.-T., Huang H.-H., Yang C.-M., Lin C.-C. Yin Chen Hao Tang, a Chinese prescription, inhibits both herpes simplex virus type-1 and type-2 infections in vitro. *Antiviral Res.*, 2008, vol. 77, no. 1, pp. 14-9. DOI: 10.1016/j.antiviral.2007.08.012
 27. Trujillo-Correa A.I., Quintero-Gil D.C., Diaz-Castillo F., Quiñones W., Robledo S.M., Martinez-Gutierrez M. In vitro and in silico anti-dengue activity of compounds obtained from *Psidium guajava* through bioprospecting. *BMC Complement Altern Med.*, 2019, vol. 19, no. 1, article number: 298. DOI: 10.1186/s12906-019-2695-1
 28. Nyayanit D.A., Sarkale P., Baradkar S., Patil S., Yadav P.D., Shete-Aich A., Kalele K., Gawande P., Majumdar T., Jain R., Sapkal G. Transcriptome & viral growth analysis of SARS-CoV-2-infected Vero CCL-81 cells. *Indian J Med Res.*, 2020, vol. 152, no. 1 & 2, pp. 70-76. DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_2257_20
 29. Shahzad F., Anderson D., Najafzadeh M. The Antiviral, Anti-Inflammatory Effects of Natural Medicinal Herbs and Mushrooms and SARS-CoV-2 Infection. *Nutrients*, 2020, vol. 12, no. 9, article number: 2573. DOI: 10.3390/nu12092573
 30. Teplyakova T.V., Pyankov O.V., Skarnovich M.O., Bormotov N.I., Poteskina A.L., Ovchinnikova A.S., Kosogova T.A., Mageramova A.V., Markovich N.A., Filippova E.I. *Ingibitor replikatsii koronavirusa SARS-CoV-2 na osnovе vodnogo ekstrakta griba Inonotus obliquus* [An inhibitor of SARS-CoV-2 coronavirus replication based on an aqueous extract of the fungus *Inonotus obliquus*]. Patent of the Russian Federation no. 2741714C1 published in Bulletin of Inventions no. 4 28.01.2021. (In Russian)
 31. Wang C., Ming H., Jia W., Su W., Zhan L.-R., Luo D., Yang J.-Y. Analysis of medication regularity and pharmacodynamic characteristics of traditional Chinese medicine treatment in 444 severe cases of COVID-19. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.*, 2020, vol. 45, no. 13, pp. 3007-3012. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.20200427.501
 32. Tolah A.M., Altayeb L.M., Alandijany T.A., Dwivedi V.D., El-Kafrawy S.A., Azhar E.I. Computational and In Vitro Experimental Investigations Reveal Anti-Viral Activity of Licorice and Glycyrrhizin against Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2021, vol. 14, no. 12, article number: 1216. DOI: 10.3390/ph14121216
 33. Vitalone A., Allkanjari O. *Epilobium* spp: Pharmacology and Phytochemistry. *Phytother Res.*, 2018, vol. 32, no. 7, pp. 1229-1240. DOI: 10.1002/ptr.6072
 34. Lu Y., Jia Y., Xue Z., Li N., Liu J., Chen H. Recent Developments in *Inonotus obliquus* (Chaga mushroom) Polysaccharides: Isolation, Structural Characteristics, Biological Activities and Application. *Polymers (Basel)*, 2021, vol. 13, no. 9, article number: 1441. DOI: 10.3390/polym13091441
 35. Wu C., Liu Y., Yang Y., Zhang P., Zhong W., Wang Y., Wang Q., Xu Y., Li M., Li X., Zheng M., Chen L., Li H. Analysis of therapeutic targets for SARS-CoV-2 and discovery of potential drugs by computational methods. *Acta Pharm Sin B.*, 2020, vol. 10, no. 5, pp. 766-788. DOI: 10.1016/j.apsb.2020.02.008
 36. Liu H., Ye F., Sun Q., Liang H., Li C., Li S., Lu R., Huang B., Tan W., Lai L. *Scutellaria baicalensis* extract and baicalin inhibit replication of SARS-CoV-2 and its 3C-like protease in vitro CoV-2. *J Enzyme Inhib Med Chem.*, 2021, vol. 36, no. 1, pp. 497-503. DOI: 10.1080/14756366.2021.1873977
 37. Song J., Zhang L., Xu Y., Yang D., Zhang L., Yang S., Zhang W., Wang J., Tian S., Yang S., Yuan T., Liu A., Lv Q., Li F., Liu H., Hou B., Peng X., Lu Y., Du G. The comprehensive study on the therapeutic effects of baicalin for the treatment of COVID-19 in vivo and in vitro. *Biochem Pharmacol.*, 2021, no. 183, article number: 114302. DOI: 10.1016/j.bcp.2020.114302
 38. Ni W.-J., Chen X.-X., Wei S.-Y., Lan L.-L., Qiu R.-J., Ling Y.-P., Zhou D.-S., Wu Z.-M., Cao Z.-H., Yu C.-P., Zeng Y. Study on the mechanism of active components of *Liupao* tea on 3CL^{pro} based on HPLC-DAD fingerprint and molecular docking technique. *J Food Biochem.*, 2021, V. 45, N 5. Article number: e13707. DOI: 10.1111/jfbc.13707
 39. Sargin S.A. Potential anti-influenza effective plants used in Turkish folk medicine: A review. *J Ethnopharmacol.*, 2021, vol. 265, article number: 113319. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113319
 40. Rashed A.A., Rathi D.-N.G., Nasir N.A.H.A., Rahman A.Z.A. Antifungal Properties of Essential Oils and Their Compounds for

- Application in Skin Fungal Infections: Conventional and Nonconventional Approaches. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 4, article number: 1093. DOI: 10.3390/molecules26041093
41. Truong Q.L., Nguyen L.T., Babikian H.Y., Jha R.K., Nguyen H.T., To T.L. Natural oil blend formulation as an anti-African swine fever virus agent in *in vitro* primary porcine alveolar macrophage culture. *Vet World.*, 2021, vol. 14, no. 3, pp. 794-802. DOI: 10.14202/vetworld.2021.794-802
42. Viciodini C., Roviello V., Roviello G. Molecular Basis of the Therapeutic Potential of Clove (*Syzygium aromaticum* L.) and Clues to Its Anti-COVID-19 Utility. *Molecules*, 2021, vol. 26, no. 7, article number: 1880. DOI: 10.3390/molecules26071880
43. Tragoolpua Y., Jatisatienr A. Anti-herpes simplex virus activities of *Eugenia caryophyllus* (Spreng.). *Phytother Res.*, 2007, vol. 21, no. 12, pp. 1153-1158. DOI: 10.1002/ptr.2226
44. Hussein G., Miyashiro H., Nakamura N., Hattori M., Kakiuchi N., Shimotohno K. Inhibitory effects of Sudanese medicinal plant extracts on hepatitis C virus (HCV) protease. *Phytother. Res.*, 2000, no. 14, pp. 510-516. DOI: 10.1002/1099-1573(200011)14:7<510::AID-PTR646>3.0.CO;2-B
45. Dai J.-P., Zhao X.-F., Zeng J., Wan Q.-Y., Yang J.-C., Li W.-Z., Chen X.-X., Wang G.-F., Li K.-S. Drug screening for autophagy inhibitors based on the dissociation of Beclin1-Bcl2 complex using BiFC technique and mechanism of eugenol on anti-influenza A virus activity. *PLoS ONE*, 2013, no. 8, article number: e61026. DOI: 10.1371/journal.pone.0061026
46. Lane T., Anantpadma M., Freundlich J.S., Davey R.A., Madrid P.B., Ekins S. The natural product eugenol is an inhibitor of the ebola virus in vitro. *Pharm. Res.*, 2019, no. 36, pp. 1-6. DOI: 10.1007/s11095-019-2629-0
47. Hassan S.T.S., Švajdenka E., Berchová-Bímová K. Hibiscus sabdariffa L. and Its Bioactive Constituents Exhibit Antiviral Activity against HSV-2 and Anti-enzymatic Properties against Urease by an ESI-MS Based Assay. *Molecules*, 2017, vol. 22, no. 5, article number: 722. DOI: 10.3390/molecules22050722
48. Takeda Y., Okuyama Y., Nakano H., Yaoita Y., Machida K., Ogawa H., Imai K. Antiviral Activities of *Hibiscus sabdariffa* L. Tea Extract Against Human Influenza A Virus Rely Largely on Acidic pH but Partially on a Low-pH-Independent Mechanism. *Food Environ Virol.*, 2020, vol. 12(1), pp. 9-19. DOI: 10.1007/s12560-019-09408-x
49. Aanouz I., Belhassan A., El-Khatibi K., Lakhli T., El-Ldrissi M., Bouachrine M. Moroccan Medicinal plants as inhibitors against SARS-CoV-2 main protease: Computational investigations. *J Biomol Struct Dyn.*, 2021, vol. 39, no. 8, pp. 2971-2979. DOI: 10.1080/07391102.2020.1758790
50. Adhikari B., Marasini B.P., Rayamajhee B., Bhattarai B.R., Lamichhane G., Khadayat K., Adhikari A., Khanal S., Parajuli N. Potential roles of medicinal plants for the treatment of viral diseases focusing on COVID-19: A review. *Phytother Res.*, 2021, vol. 35, no. 3, pp. 1298-1312. DOI: 10.1002/ptr.6893
51. Mazurkova N.A., Sedelnikova N.V., Makarevich E.V., Filippova E.I., Kostina N.E., Kukushkina T.A. *Protivovirusnoe sredstvo na osnove sukhogo ekstrakta lishainika Cetraria islandica* [Antiviral agent based on dry extract of lichen *Cetraria islandica*]. Russian Patent no. 2580305 published in Bulletin of Inventions no. 10 of 10.04.2016. (In Russian)
52. Ishimoto K., Hatanaka N., Otani S., Maeda S., Xu B., Yasugi M., Moore J.E., Suzuki M., Nakagawa S., Yamasaki S. Tea crude extracts effectively inactivate severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. *Lett Appl Microbiol.*, 2022, vol. 74, no. 1, pp. 2-7. DOI: 10.1111/lam.13591

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Елена И. Казачинская внесла идею исследования, оформила литературный обзор, приготовила водные экстракты растительного сырья, провела эксперименты по реакции нейтрализации вируса и обработку результатов. Александр А. Чепурнов и Арсения А. Шелемба культивировали инфекционный SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020. Юлия В. Кононова провела титрование вируса и подготовку аликвот с определенным инфекционным титром. Владимир В. Романюк разработал чайные композиции. Магомед Г. Магомедов корректировал рукопись до подачи в редакцию. Александр М. Шестопалов руководил организационной частью исследования. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Elena I. Kazachinskaya presented the idea of the study, designed a literary review, prepared aqueous extracts of plant raw materials, conducted experiments on the virus neutralization reaction and processing the results. Alexander A. Chepurinov and Arseniya A. Shelemba cultivated infectious CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020. Yulia V. Kononova carried out titration of the virus and preparation of aliquots with a specified infectious titer. Vladimir V. Romanyuk developed tea compositions. Magomed G. Magomedov corrected the manuscript prior to submission to the Editor. Alexander M. Shestopalov led the organizational part of the study. All authors participated in the discussion of the results obtained in the format of a scientific discussion. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Елена И. Казачинская / Elena I. Kazachinskaya <https://orcid.org/0000-0002-1856-6147>
 Александр А. Чепурнов / Alexander A. Chepurinov <https://orcid.org/0000-0002-5966-8633>
 Юлия В. Кононова / Yulia V. Kononova <https://orcid.org/0000-0002-3677-3668>
 Арсения А. Шелемба / Arseniya A. Shelemba <https://orcid.org/0000-0001-7840-1478>
 Владимир В. Романюк / Vladimir V. Romanyuk <https://orcid.org/0000-0002-6860-9168>
 Магомед Г. Магомедов / Magomed G. Magomedov <https://orcid.org/0000-0003-1897-6784>
 Александр М. Шестопалов / Alexander M. Shestopalov <https://orcid.org/0000-0002-9734-0620>

Оригинальная статья / Original article

УДК 579.64: 579.222: 631.95: 632.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-91-101

Перспективные штаммы бактерий рода *Bacillus* в защите растений от возбудителей фузариоза и контаминации микотоксинами

Валерия В. Аллахвердян, Татьяна М. Сидорова, Анжела М. Асатурова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

Контактное лицо

Валерия В. Аллахвердян, аспирант, младший научный сотрудник ФНЦ биологической защиты растений; 350039 Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39.

Тел. +79648950107

Email lera_arm@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-8679-6139>**Формат цитирования**

Аллахвердян В.В., Сидорова Т.М., Асатурова А.М. Перспективные штаммы бактерий рода *Bacillus* в защите растений от возбудителей фузариоза и контаминации микотоксинами // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 91-101. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-91-101

Получена 17 марта 2022 г.

Прошла рецензирование 11 апреля 2022 г.

Принята 16 апреля 2022 г.

Резюме

Цель – изучить биоконтрольные свойства штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в отношении возбудителей фузариоза на примере гриба *Fusarium graminearum* и снижения накопления дезоксиниваленола (ДОН) и зеараленона (ЗЕН) *in vitro*.

Материалы и методы. Изучение токсиногенности штаммов грибов *F. graminearum* проводили на зерне риса и пшеницы, влияние бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на рост гриба изучали на зерне пшеницы и методом двойных культур. Опыт по изучению влияния жидкой культуры и супернатанта бактерий проводили на зерне пшеницы, содержание ДОН и ЗЕН в зерне пшеницы анализировали методами ВЭЖХ и иммуноферментного анализа.

Результаты. Обнаружена способность двух штаммов гриба *F. graminearum* продуцировать высокий уровень микотоксинов, при этом штамм *F. graminearum* 60318 имел большую скорость роста. Штаммы *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 продуцировали экзометаболические липопептиды природы и ингибировали рост гриба штамма *F. graminearum* 60318. Жидкая культура и супернатант штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в значительной степени подавляли содержание ДОН в зерне пшеницы *in vitro*, при этом содержание ЗЕН оставалось на уровне контроля.

Заключение. Способность двух штаммов бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 подавлять рост гриба *F. graminearum* 60318, а также сдерживать накопление микотоксинов в зерне пшеницы *in vitro* позволяет утверждать, что увеличение содержания бактерий-антагонистов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в микробиоте пшеницы может способствовать подавлению роста и вредоносности гриба *F. graminearum* 60318.

Ключевые слова

Fusarium graminearum, *Bacillus velezensis*, биоконтроль, жидкая культура, супернатант, липопептиды, микотоксины, дезоксиниваленол, зеараленон.

Promising bacteria strains of the genus *Bacillus* in plant protection against fusariosis and mycotoxin contamination

Valeriya V. Allakhverdyan, Tatyana M. Sidorova and Anzhela M. Asaturova

Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Valeriya V. Allakhverdyan, post-graduate student, Junior Researcher, Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection; p/o 39 Krasnodar, Krasnodar Territory, Russia 350039.

Tel. +79648950107

Email lera_arm@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8679-6139>

How to cite this article

Allakhverdyan V.V., Sidorova T.M., Asaturova A.M. Promising bacteria strains of the genus *Bacillus* in plant protection against fusariosis and mycotoxin contamination. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 91-101. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-91-101

Received 17 March 2022

Revised 11 April 2022

Accepted 16 April 2022

Abstract

Aim – to study the biocontrol properties of *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 strains against *Fusarium* pathogens using the fungus *Fusarium graminearum* as an example and to reduce the accumulation of deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) *in vitro*.

Materials and Methods. A study of the toxinogenicity of *F. graminearum* fungal strains was undertaken on rice and wheat grains and the effect of *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 strains on the growth of the fungus was studied on wheat grains and by the double cultures method. An experiment to study the effect of a liquid culture and supernatant of bacteria was carried out on wheat grains and the content of DON and ZEN in wheat grains was analyzed by HPLC and enzyme immunoassay.

Results. It was found that two strains of the fungus *F. graminearum* were able to produce a high level of mycotoxins, while the strain *F. graminearum* 60318 had a higher growth rate. The *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 strains produced lipopeptide exometabolites and inhibited the growth of the *F. graminearum* 60318 strain. *in vitro*, while the content of ZEN remained at the control level.

Conclusion. The ability of two strains of bacteria *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 to suppress the growth of the fungus *F. graminearum* 60318, as well as to inhibit the accumulation of mycotoxins in wheat grain *in vitro*, suggests that an increase in the content of antagonist bacteria *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 in the wheat microbiota can contribute to the suppression of the growth and harm of the fungus *F. graminearum* 60318.

Key Words

Fusarium graminearum, *Bacillus velezensis*, biocontrol, liquid culture, supernatant, lipopeptides, mycotoxins, deoxynivalenol, zearalenone.

ВВЕДЕНИЕ

Фитопатогенные грибы, принадлежащие к роду *Fusarium*, являются возбудителями одних из наиболее вредоносных болезней сельскохозяйственных культур во всем мире. Продуцируемые грибом микотоксины играют важную роль в вирулентности, развитии и общем образе жизни грибного патогена. Виды *F. graminearum* и *F. culmorum* являются особенно губительными патогенами для мелкозерновых злаков, таких как твердая пшеница, овес, рожь, ячмень и тритикале, влияют на снижение количества и качества урожая, а также являются основной причиной загрязнения микотоксинами, наиболее распространенными из которых являются ДОН, ЗЕН и фумонизины [1; 2].

Микотоксины могут накапливаться в тканях злаков и овощей и становиться опасными для жизни или серьезно нарушать биологические системы человека и животных. Многие токсины, такие как фумонизины и трихотецены, термостабильны и не могут быть дезактивированы при приготовлении пищи. Единственный способ исправить эту ситуацию – предотвратить или ингибировать производство микотоксинов в поле. Из-за рисков для здоровья и экономических потерь, связанных с микотоксинами, продуцируемыми различными видами грибов рода *Fusarium*, существует острая необходимость в улучшении понимания природы этих фитопатогенов с разных точек зрения и дисциплинарных подходов [3]. Понять, как грибной партнер изменяет свой образ жизни, чтобы ассимилироваться с растением-хозяином, остается сложной задачей. Роль микотоксинов в этом процессе еще полностью не изучена. В качестве мер контроля можно либо предотвратить загрязнение, либо удалить загрязнители. Профилактика может заключаться в химической борьбе или использовании сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к грибным инфекциям и действию микотоксинов. Прилагаются усилия по выведению культур, устойчивых к грибу *F. graminearum*, но пока безуспешно. Борьба с *Fusarium* spp., основанная на использовании фунгицидов, стала основной причиной роста феномена резистентности [4]. Удаление микотоксинов затруднено, поскольку большинство таких агентов химически стабильны. Скрининг биотрансформации микотоксинов позволил описать химические изменения, которые влияют на биологическую активность и имеют значение для мониторинга и анализа пищевых продуктов [3]. Биологические методы борьбы предпочтительнее, поскольку она может быть специфической, эффективной, необратимой и экологически безопасной стратегией детоксикации [5].

Сообщалось о способности бактерий осуществлять деградацию микотоксинов, среди которых аэробные бактерии родов *Nocardioideis*, *Devosia*, а также анаэробные родов *Eubacteria*, *Anaerofilum*, *Collinsella*, *Bacillus* [2]. Потенциалом для детоксикации ДОН обладают штаммы *B. subtilis* и *B. licheniformis*. Изучено взаимодействие между бактерией *Pseudomonas piscium* из микробиома колоса

пшеницы и патогенным для растений грибом *F. graminearum*. Секретируемые бактериями метаболиты непосредственно влияют на активность грибных ферментов, что вызывает подавление роста грибов, вирулентности и биосинтеза микотоксинов [6]. Cheng с соавторами получили два штамма *Bacillus*, детоксицирующих ДОН в пшенице и кукурузе, зараженных *Fusarium*. В патенте США документально подтверждено, что бактериальный изолят рода *Bacillus* может преобразовывать ДОН в плесневой кукурузе в менее токсичный продукт дезпоксивомикотоксин [7]. Утверждается, что *B. subtilis* ANSB01G обладает биоразлагаемым эффектом в отношении ЗЕН [8]. Следует отметить отличия, характерные для грамположительных штаммов бактерий, заключающиеся в их способности деградировать ДОН путем использования его в качестве источника углерода. Штамм бактерий *B. subtilis* ASAG 216 проявлял способность к деградации ДОН, что может быть связано с внеклеточными белками и ферментами супернатанта [9]. Хорошо известно, что бактерии рода *Bacillus* производят различные антибиотики и служат биологическим агентом, нацеленным на многие фитопатогены. Из различных противомикробных соединений, продуцируемых *Bacillus*, циклические липопептиды, включая итурин, фенгицин и сурфактин, эффективно борются с болезнями растений и хорошо изучены. Такие соединения продуцируются различными видами *Bacillus* – *B. subtilis*, *B. velezensis*, *B. amyloliquefaciens* [10]. Метаболиты, продуцируемые *Bacillus* spp., также могут влиять на микробное сообщество ризосферы, создавая антагонистическую среду для патогенов, или активировать защитные реакции хозяина [11].

Несмотря на множество публикаций о биологической трансформации микотоксинов микроорганизмами, их практическое применение для детоксикации пищевых продуктов и кормов ограничено [12]. Ранее нами было обнаружено, что штаммы бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 при периодическом культивировании продуцируют циклические липопептиды семейств сурфактины, итурины и фенгицины, которые в значительной степени обуславливают антигрибную активность бактерий [13; 14]. Эти молекулы имеют амфифильную природу и действуют, нарушая биологические мембранные структуры. Эффективное совместное производство всех трех семейств является явно выгодным, и неудивительно, что это свойство встречается у наиболее активных изолятов бактерий рода *Bacillus*, представленных на рынке в качестве агентов биологической борьбы [15].

Нестабильная эффективность биоконтроля в полевых условиях обусловлена недостатком знаний о механизмах биоконтроля, особенно по поводу биодетоксикации микотоксинов. Борьба с заболеванием и накоплением ДОН и ЗЕН с помощью биоконтроля является залогом для получения растениеводческой продукции, неотягощенной химическими соеди-

нениями и микотоксинами, наносящими значительный вред человеку и животным.

Цель наших исследований – изучить биоконтрольные свойства штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 в отношении возбудителей фузариоза на примере гриба *Fusarium graminearum* и снижения накопления дезоксиниваленола (ДОН) и зеараленона (ЗЕН) *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследований – штаммы бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 из биоресурсной коллекции (БРК) Федерального научного центра биологической защиты растений (ФГБНУ ФНЦБЗР) «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов». Тест-объекты – грибные штаммы *F. graminearum* 60318 из «Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей» ФГБНУ ВИЗР, и *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR – F6 из биоресурсной коллекции (БРК) Федерального научного центра биологической защиты растений (ФГБНУ ФНЦБЗР) «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов». Исследования проводились в лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ФНЦБЗР с использованием материально-технической базы Уникальной научной установки «Технологическая линия для получения микробиологических средств защиты растений нового поколения» (<https://ckp-rf.ru/usu/671367/>).

Культивирование бактерий осуществлялось на оптимизированной питательной среде. Жидкая культура на основе штамма бактерий получена в ротационных шейкерах-инкубаторах New Brunswick Scientific Excella E25 в условиях периодического культивирования. Культивирование проводилось в колбах объемом 1000 мл (объем питательной среды 300 мл) при 180 об/мин, +25,0°C и pH 7,0 в течение 48 часов.

Для изучения токсинопродукции гриба *Fusarium* 100 г зерна риса или пшеницы смешивали с 100 мл дистиллированной воды. После дробного автоклавирования в каждую колбу добавляли блоки *F. graminearum* 59151 и *F. graminearum* 60318, затем проводили стационарное культивирование в темноте в течение 18 дней при +25°C. По окончании выращивания образцы мицелиально-зерновой биомассы анализировали на содержание микотоксинов методом ВЭЖХ [16].

Бактериальные экзометаболиты выделяли путем экстракции этилацетатом (х.ч.) (2:1 v/v) супернатанта, полученного после центрифугирования жидкой культуры бактерий на центрифуге 5810R при 10 тыс.об./мин в течение 30 мин, на ротационном шейкере New Brunswick Scientific Excella E25 в течение 1 ч. После разделения органической и водной части этилацетат упаривали досуха на ротационном вакуумном испарителе IKA RV10 при температуре 40°C. Сухой остаток растворяли в минимальном количестве этилацетата. Полученный раствор был проанализирован методом восходящей тонкослойной хроматографии (ТСХ) с использованием кизельгелевых ТСХ-пластин (толщина слоя 2 мм) Merck, подвижная фаза: этилацетат-этанол-вода 40:15:15, высота подъема растворителя 12 см. ТСХ-пластины затем были проанализированы под ультрафиолетовым светом при

длине волны 366 нм. Выявление метаболитов с антигрибной активностью проводилось методом биоавтографии [17]. Пластины пропитывались жидкой картофельно-глюкозной средой и суспензией пропагул тест-культуры фитопатогенного гриба *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR – F6, а затем помещались во влажную камеру при температуре 28°C на 48 ч. Наличие зон ингибирования роста тест-гриба свидетельствовало о присутствии антигрибных метаболитов, а их хроматографическая подвижность, вид и размер позволили дать визуальную оценку их активности. В качестве стандартов антигрибных липопептидов использовались коммерческие реактивы фирмы Sigma-Aldrich сурфактин, итурин А и фенгизин.

Для оценки фунгицидной активности жидкую культуру бактерий вносили в чашку Петри по 1,0 мл, добавляли по 9,0 мл охлажденной до +37,0 – +40,0°C агаризованной оптимизированной питательной среды и после застывания инокулировали поверхность среды тест-культурой гриба *F. graminearum* 60318. Фунгицидную активность бактериальных штаммов определяли по степени развития тест-культуры в сравнении с контролем при температуре 26,0°C. Контроль – тест-культура гриба *F. graminearum* 60318, посеянная на агаризованную среду. Учеты проводили на 5, 10, 15 и 20 сутки.

Расчет ингибирования гриба проводили по формуле [18]:

$$N = (1 - (A / B)) \times 100\%$$

N – ингибирование роста колонии патогена, %;

A – диаметр роста гриба в варианте с жидкой культурой бактерий, см;

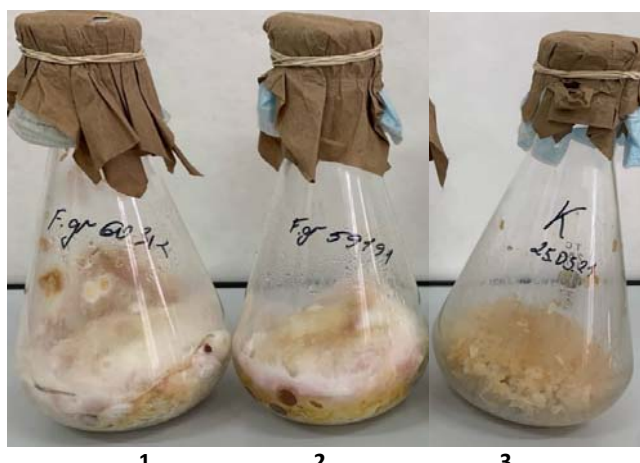
B – диаметр роста гриба в контроле, см.

Влияние жидких культур бактерий и культуральных супернатантов на продукцию микотоксинов *F. graminearum* 60318 наблюдали путем культивирования гриба совместно с исследуемым штаммом либо супернатантом бактерий. Для этого 100 г здорового зерна пшеницы смешивали с 10 мл дистиллированной воды, дробно автоклавировали и смешивали с 2 мл жидкой культуры либо супернатанта бактерий и 1 мл суспензии конидий гриба *F. graminearum* 60318. Для получения суспензии конидий *F. graminearum* 60318 мицелий инкубировали в среде, содержащей 7,5 г карбоксиметилцеллюлозы, 0,5 г NH_4NO_3 , 0,5 г KH_2PO_4 , 0,25 г $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 0,5 г дрожжевого экстракта в 1000 мл дистиллированной воды в течение 7 дней при 25°C при встряхивании со скоростью 150 об/мин [19]. В контрольной колбе жидкую культуру или супернатант бактерий заменяли дистиллированной водой. После инкубации при 25°C в течение 18 дней и высушивания содержимое колб анализировали на содержание ДОН и ЗЕН иммуноферментным методом [20]. Повторность во всех опытах трёхкратная, статистическую обработку данных осуществляли с использованием стандартных компьютерных программ и программы Statistica 13.3.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение токсиногенеза и скорости роста штаммов гриба F. graminearum

При оценке способности штаммов гриба *F. graminearum* продуцировать микотоксины мы использовали в качестве субстрата зерно пшеницы и зерно риса по рекомендациям Кононенко Г.П. с соавторами [21] (рис. 1).



1 – *F. graminearum* 60318, 2 – *F. graminearum* 59151, 3 – контроль (чистое зерно) / control (clean grains)

Рисунок 1. Изучение токсинообразующего потенциала штаммов грибов рода *Fusarium* на зерне риса
Figure 1. Study of the toxin-forming potential of strains of fungi of the genus *Fusarium* on rice grains

Обнаружено, что оба исследуемых штамма гриба обладают достаточно высоким потенциалом токсинопродуцирования как в отношении ДОН, так и ЗЕН. Анализ токсинопродуцирования гриба на зерне пшеницы показал на порядок меньшее достоверное содержание ДОН, по сравнению с зерном риса. Количество ЗЕН на зерне пшеницы было примерно на том же уровне, как и на рисе (табл. 1). Таким образом, оба анализируемых штамма гриба *F. graminearum* продуцировали ДОН и ЗЕН на уровне, достаточном для их использования в опыте по исследованию влияния

жидких культур бактерий на рост и токсинопродуцирование гриба.

Между вариантами, отмеченными одинаковыми буквами, при сравнении внутри столбцов нет статистически значимых различий по критерию Дункана при уровне вероятности 95%.

Результаты исследования по определению скорости роста гриба показали, что штамм *F. graminearum* 60318 превосходит по данному показателю штамм *F. graminearum* 59151, поэтому он был нами выбран для проведения опытов (рис. 2).

Таблица 1. Токсинообразующая активность штаммов *F. graminearum*

Table 1. Toxin-forming activity of *F. graminearum* strains

Штамм/Субстрат Strain/Substrate	Содержание микотоксинов, мг/кг Content of mycotoxins, mg/kg			
	Рис / Rice		Пшеница / Wheat	
	ДОН / DON	ЗЕН / ZEN	ДОН / DON	ЗЕН / ZEN
<i>F. graminearum</i> 60318	280,2 ^c	32,6 ^a	14,0 ^b	39,0 ^a
<i>F. graminearum</i> 59151	360,9 ^d	32,4 ^a	48,6 ^d	38,0 ^a
Контроль / Control	0,2 ^a	0,020 ^b	0,9 ^a	0,020 ^b

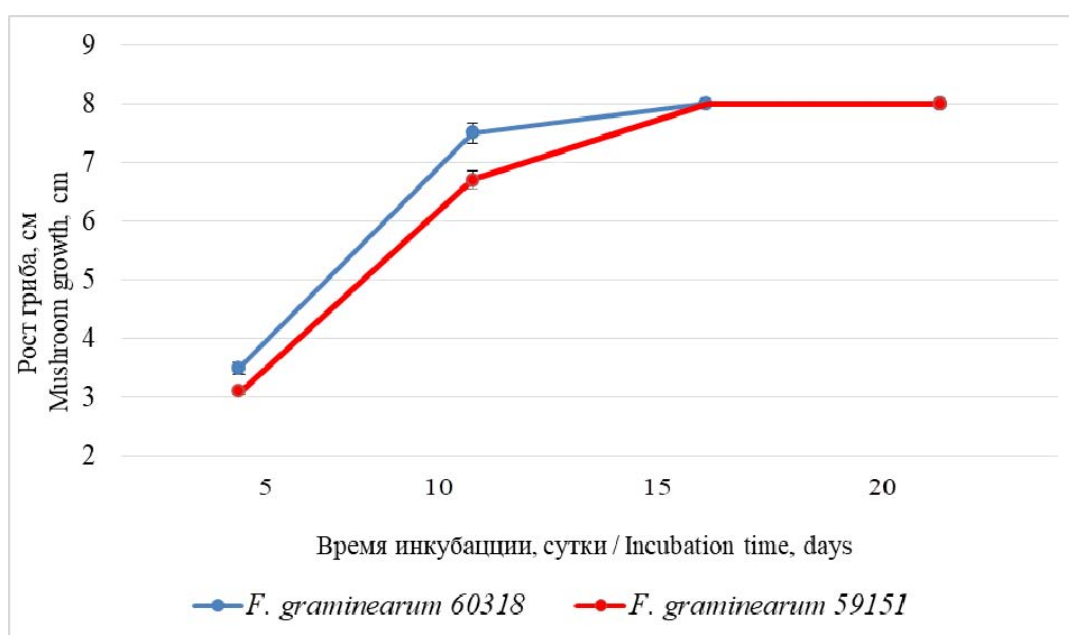


Рисунок 2. Динамика роста гриба штаммов *F. graminearum* 60318 и *F. graminearum* 59151

Figure 2. The growth dynamics of the fungus strains *F. graminearum* 60318 and *F. graminearum* 59151

Изучение влияния бактерий штаммов B. velezensis BZR 336g и B. velezensis BZR 517 на рост гриба штамма F. graminearum 60318

Бактерии рода *Bacillus* обладают большим сельскохозяйственным потенциалом, производя липопептиды, которые обладают высокой активностью против фитопатогенов. Антифунгальная активность проявляется в основном в трех семействах циклических липопептидов: сурфактин, итурин и фенгицин. Многие исследователи подчеркивают способность этих соединений стимулировать защитные механизмы растений и образование биопленок, что является

ключевым фактором успешной колонизации организмов, осуществляющих биоконтроль фитопатогенов [14].

Способность бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 продуцировать антигрибные липопептиды обнаруживалась нами и ранее [17]. Исследование жидких культур бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517, применяемых в данном опыте, показало наличие в супернатанте липопептидов, относящихся по своей структуре к сурфактину, итуруину и фенгицину или их гомологам (рис. 3).

Surfactin Rf 0,73



Iturin Rf 0,23



Fengycin Rf 0,14

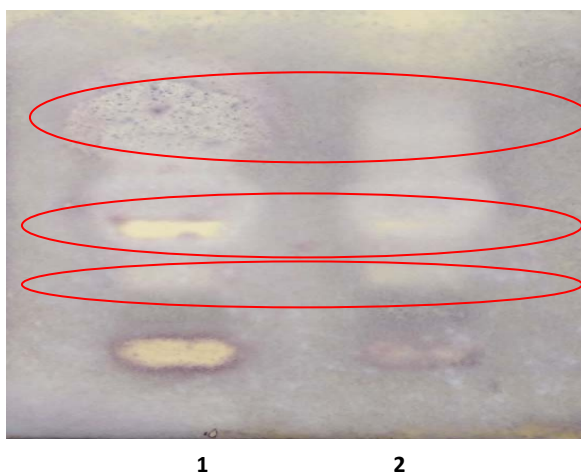


Рисунок 3. Биоавтограмма метаболитов штаммов *B. velezensis* BZR 336g (1) и *B. velezensis* BZR 517 (2) с тест-культурой гриба *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR-F6

Figure 3. Bioautogram of metabolites of strains *B. velezensis* BZR 336g (1) and *B. velezensis* BZR 517 (2) with a test culture of the fungus *F. oxysporum* var. *orthoceras* BZR-F6

Сурфактин может вносить вклад в признаки, необходимые для эффективной колонизации ризосферы, такие как образование биопленки и подвижность клеток. Итурин и фенгицин, продуцируемые бактериями, играет основную роль *in vitro* в защите от грибного патогена. Мы предполагаем, что биоконтролирующая активность бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 может

являться результатом согласованных действий всех трех липопептидов. Это, вероятно, свидетельствует о высоком уровне антигрибной активности анализируемых бактерий.

Показано, что оба штамма бактерий подавляют рост гриба *F. graminearum* 60318 как на зерне пшеницы (рис. 4), так и при инкубации на картофельно-глюкозном агаре в двойных культурах (рис. 5).

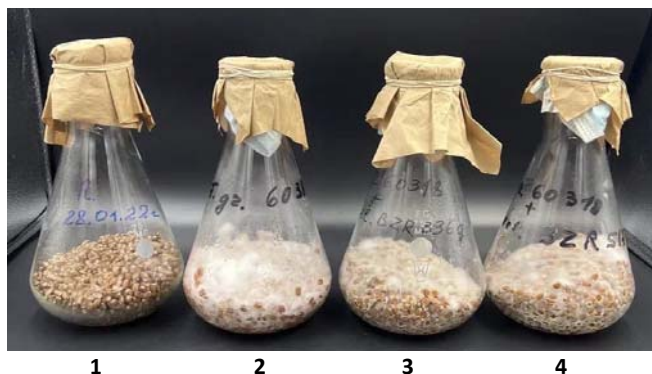
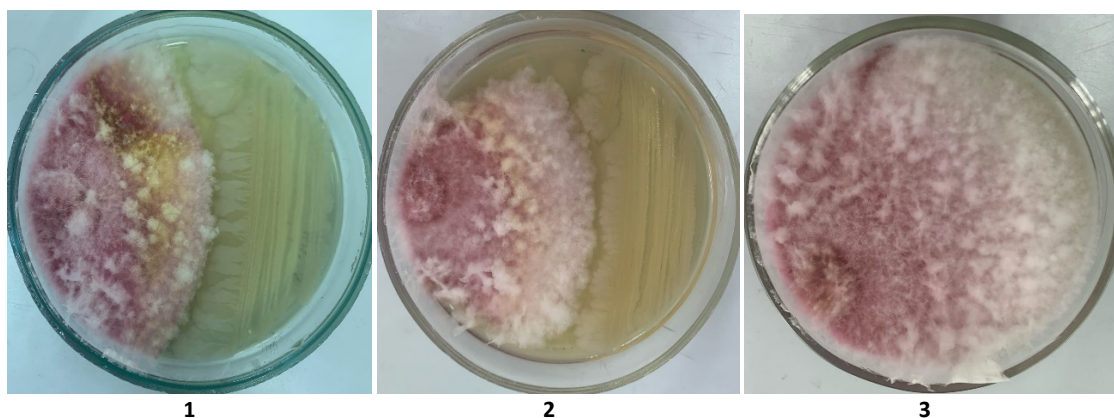


Рисунок 4. Влияние жидкой культуры штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на рост грибов *F. graminearum* 60318 на зерне пшеницы

1 – контроль (чистое зерно); 2 – гриб *F. graminearum* 60318 без добавления бактерий; 3 – *F. graminearum* 60318 + *B. velezensis* BZR 336g; 4 – *F. graminearum* 60318 + *B. velezensis* BZR 517

Figure 4. Effect of liquid culture of *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 strains on the growth of *F. graminearum* 60318 fungi on wheat grains

1 – control (clean grains); 2 – fungus *F. graminearum* 60318 without added bacteria; 3 – *F. graminearum* 60318 + *B. velezensis* BZR 336g; 4 – *F. graminearum* 60318 + *B. velezensis* BZR 517



1 – *B. velezensis* BZR 336g; 2 – *B. velezensis* BZR 517; 3 – *F. graminearum* 60318

Рисунок 5. Антигрибная активность бактерий рода *Bacillus* против штамма *F. graminearum* 60318

Figure 5. Antifungal activity of bacteria of the genus *Bacillus* against the strain *F. graminearum* 60318

При этом обнаружены следующие закономерности в росте *F. graminearum* 60318: степень ингибирования штаммом *B. velezensis* BZR 336g к 15-м суткам была максимальной 48,7%, затем этот показатель плавно снижался и к 20-м суткам составлял 46,2% (рис. 6). В

отношении *B. velezensis* BZR 517 отмечался скачок степени ингибирования на 10-е сутки, этот показатель вырос с -5,7 до 45,0%, затем снизился и к 20-м суткам достиг 42,5%.

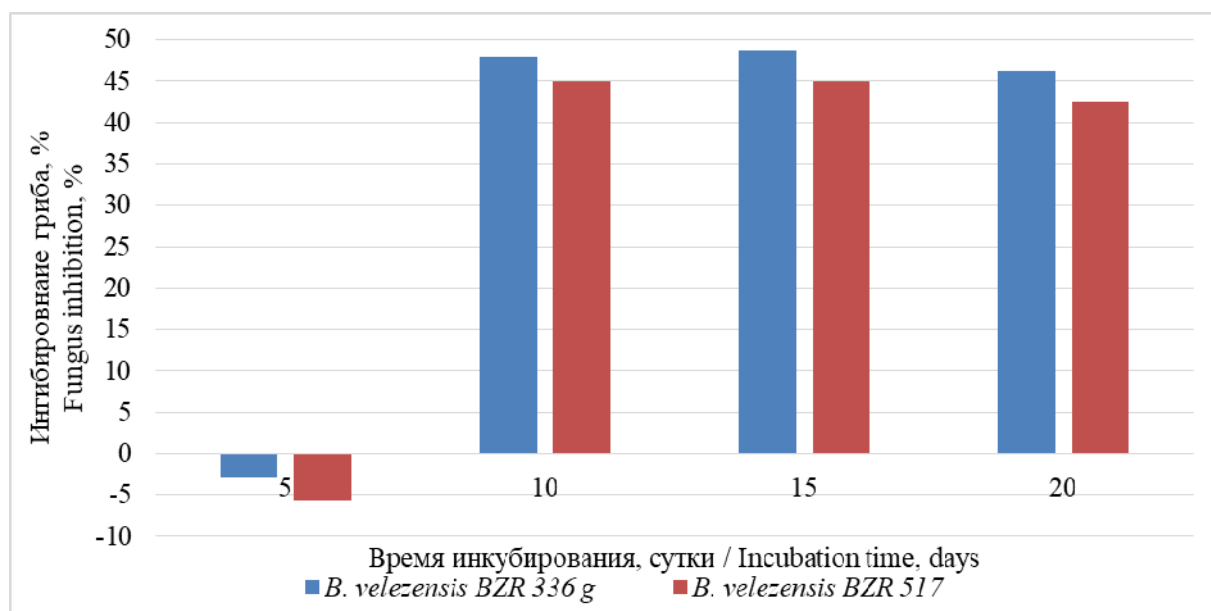


Рисунок 6. Влияние бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на рост гриба *F. graminearum* 60318

Figure 6. Effect of *B. velezensis* BZR 336g and *B. velezensis* BZR 517 strains on the growth of the fungus *F. graminearum* 60318

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о высоком антигрибном потенциале бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517.

Изучение влияния бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на токсинопродукцию гриба штамма *F. graminearum* 60318

Бактерии и грибы представляют собой две основные группы растительного микробиома, их взаимодействия имеют решающее значение для формирования микробных сообществ окружающей среды и оказывают важное влияние на приспособленность, колонизацию или патогенез взаимодействующих партнеров. Взаимодействия и коммуникации между бактериями и грибами могут быть достигнуты посредством антибиоза, сигнальных молекул, модулирования

физико-химической среды, хемотаксиса, совместного метаболизма, секреции белка или даже переноса генов, что приводит к многочисленным биологическим эффектам, которые варьируются от антагонизма до сотрудничества [6]. Связанный с растениями, микробиом служит защитным барьером против вторжения патогенов как прямо, так и косвенно. Однако мало что известно о динамике межмикробного взаимодействия в микробном сообществе. На сегодняшний день известно, что некоторые микроорганизмы из различных источников, таких как почва и растения, обладают способностью подавлять рост и продуцирование микотоксинов грибов рода *Fusarium*. Сообщается о роли бактерий в биодegradации ДОН, фактора вирулентности гриба *F. graminearum*, а также ЗЕН, нестероидного эстрогена, вырабатываемого

многими видами *Fusarium* в злаках и других растениях. Существуют штаммы бактерий, способные трансформировать ДОН в 3-кето-ДОН и 15-ацетил-ДОН, а также ЗЕН в α - и β -зеараленол. Механизмами, участвующими в контроле фузариоза и продукции ДОН микроорганизмами, являются продукция антибиотиков или конкуренция за питательные вещества [22].

В агроэкосистемах наиболее обширные исследования взаимодействия бактериальных агентов биоконтроля грибов сосредоточены на антибиотиках. Способность бактерий к деградации ДОН может быть связана с внеклеточными метаболитами в супернатанте [23], причем многие исследователи отмечали в своих публикациях решающую роль метаболитов липопептидной природы, особенно сурфактина, итирина и фенгицина, в уровне антигрибной активности бактерий *Bacillus* [24; 25]. Эти соединения могут влиять также на деконтаминацию продукции растениеводства микотоксинами [14]. Например, бактерии выделяют липопептидные антибиотики, производные феназина и другие антигрибные метаболиты для прямого ингибирования *F. graminearum* и токсинакопления. Фенгицин, извлеченный из *B. amyloliquefaciens* FZB42, играет жизненно важную роль в ингибировании роста гриба *F. graminearum*, повреждая плазматические мембраны и клеточные стенки и вызывая гибель клеток. Фенгицин влияет на патогенность *F. graminearum* в растениях, вызывает значительное

снижение вирулентности гриба [26]. Микосубтилин, член семейства итуринов, продуцируемый *B. subtilis* ATCC6633, контролирует заболевание и накопление микотоксинов, вызванных *F. graminearum* и *F. verticillioideis*. Итурин А, фенгицин и сурфактин из *B. amyloliquefaciens* JCK-12 действуют вместе, снижая выход трихотеценов *F. graminearum* [27]. Биоконтролирующая активность бактерий штамма *Bacillus velezensis* RC 218, связанная с его способностью продуцировать несколько липопептидов из семейств сурфактина, фенгицина и итирина, снижала проявление болезни и накопление ДОН [22]. Деградация факторов вирулентности патогена бактериями штамма *B. licheniformis* CK1, которая заключается в расщеплении ЗЕН, является важной стратегией контроля размножения патогена и последующей контаминации микотоксином продуктов растениеводства [28].

Мы провели совместное культивирование полезных бактерий из микробиома корней пшеницы и токсигенного гриба, чтобы понять роль бактерий в подавлении грибных заболеваний. Тесты антагонистической активности жидких культур и супернатантов бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 подтвердили, что результатом антагонистического влияния на гриб стало то, что бактериальные штаммы ингибируют не только рост гриба *F. graminearum* 60318, но и продукцию микотоксинов (табл. 2).

Таблица 2. Влияние жидкой культуры и супернатанта бактерий рода *Bacillus* на накопление микотоксинов, продуцируемых грибом *F. graminearum* 60318

Table 2. Effect of liquid culture and supernatant of bacteria of the genus *Bacillus* on the accumulation of mycotoxins produced by the fungus *F. graminearum* 60318

Вариант Option	<i>F.graminearum</i> 60318	Жидкая культура Liquid culture		Супернатант Supernatant		Контроль (чистое зерно) Control (pure grains)
		BZR 336g	BZR 517	BZR 336g	BZR 517	
Ср. значение ДОН, мг/кг Average value of DON, mg/kg	8,0 ^b	3,7 ^{ab}	6,5 ^{ab}	5,9 ^{ab}	5,5 ^{ab}	0 ^a
% подавления ДОН % DON suppression	0	53,7	18,7	26,2	31,2	-
Ср. значение ЗЕН, мг/кг Average value of ZEN, mg/kg	32,4 ^a	32,3 ^a	32,9 ^a	30,8 ^a	32,1 ^a	0,10 ^b
% подавления ЗЕН % ZEN suppression	0	0,3	-1,5	4,9	0,9	-

Обнаружено, что при одновременном культивировании гриба *F. graminearum* 60318 и бактериальных штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на зерне пшеницы визуальная оценка позволяет выявить ингибирование роста гриба, вероятно, за счет антагонистического влияния бактерий (рис. 4). Показано также подавление способности гриба продуцировать ДОН, особенно бактериями штамма *B. velezensis* BZR 336g. При этом не отмечается влияния бактерий на накопление ЗЕН. Супернатант жидкой культуры штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 также оказывал влияние на накопление ДОН, что, вероятно, является результатом действия бактериальных метаболитов. При этом супернатант бактерий штамма *B. velezensis* BZR 517 в большей степени снижал содержание ДОН, чем штамма *B. velezensis* BZR 336g. На содержание ЗЕН сильнее влиял супернатант штамма *B. velezensis* BZR 336g.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бактерии рода *Bacillus* могут быть эффективными в ингибировании патогенов растений, так как они продуцируют множество противомикробных соединений, таких как гидролазы и вторичные метаболиты, что привело к выделению и идентификации большого количества штаммов, потенциально способных биоконтролировать болезни растений. С точки зрения видов *Bacillus*, продуцирующих противомикробные метаболиты, наиболее плодовитым является *B. subtilis*, за ним следуют *B. amyloliquefaciens* и *B. velezensis* [34]. Способность бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 продуцировать антигрибные липопептиды, относящиеся по своей структуре к сурфактину, итирину и фенгицину и их гомологам, может свидетельствовать о высоком уровне антигрибной активности анализируемых бактерий. Обнаружена способность штаммов бактерий

B. velezensis BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 ингибировать рост гриба *F. graminearum* 60318, а также снижать содержание микотоксинов, что характеризует высокий потенциал их применения в качестве агентов биоконтроля токсиногенных грибов. Многие авторы отмечают, что бактерии рода *Bacillus* (например, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. velezensis* и *B. vallismortis*) обладают эффективной антагонистической активностью и могут применяться для биоконтроля фузариозных грибов [1]. По результатам опыта изучения влияния жидкой культуры бактерий штаммов *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 на накопление микотоксинов грибом штамма *F. graminearum* 60318 при культивировании на зерне пшеницы *in vitro* можно сделать вывод, что наблюдается существенное снижение содержания ДОН при культивировании гриба совместно с бактерией. Это следует отметить особенно для штамма *B. velezensis* BZR 336g, когда содержание ДОН уменьшается более чем на 50%. Содержание ЗЕН оставалось на уровне контроля (культивирование гриба без бактерий).

Штаммы бактерий *Brevibacillus* sp., *Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *Sphingomonas* и *Streptomyces* sp. используются для борьбы с микотоксигенными видами *Fusarium*. Однако большинство этих штаммов нацелены на *F. graminearum*, который вызывает фузариоз злаков и продуцирует только ДОН [29]. ДОН представляет собой трихотецен, содержащий 12,13-эпоксидную группу, которая отвечает за его токсичность – ингибирование синтеза белка, и обеспечивает вирулентность гриба [30]. Исследуемые штаммы бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517, подавляющие содержание ДОН и практически не влияющие на ЗЕН, можно рассматривать в качестве продуцентов эффективных биофунгицидов против *F. graminearum*.

Таким образом, выявленная способность штаммов бактерий *B. velezensis* BZR 336g и *B. velezensis* BZR 517 ингибировать рост гриба *F. graminearum* 60318, а также снижать содержание ДОН характеризует высокий потенциал их применения в качестве агентов биоконтроля токсиногенных грибов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что необходимо провести дополнительные исследования взаимодействий, участвующих в адсорбции и биодegradации микотоксинов. Всестороннее понимание механизмов, лежащих в основе межмикробных взаимодействий в растительном микробиоме, предоставит новые возможности применения бактерий и препаратов на их основе для борьбы с болезнями и обеспечения безопасности пищевых продуктов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

1. Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0005.
2. Авторы выражают благодарность за предоставленные штаммы *F. graminearum* 60318 и *F. graminearum* 59151 Ганнибал Ф. Б., к.б.н., зав. лаб. микологии и фитопатологии, директор ВИЗР и Гагкаевой Т. Ю., к.б.н., в.н.с. лаб. микологии и фитопатологии ВИЗР.

ACKNOWLEDGMENT

1. The research was carried out in accordance with the State task of the Ministry of Science and Higher Education

of the Russian Federation within the framework of research on topic No. FGRN-2022-0005.

2. The authors are grateful for the strains provided of *F. graminearum* 60318 and *F. graminearum* 59151 by Dr F.B. Hannibal, Head, Laboratory of Mycology and Phytopathology, Director, All-Russian Institute of Plant Protection and Dr T. Yu. Gagkaeva, Leading Researcher, Laboratory of Mycology and Phytopathology VIZR.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Janik E., Niemcewicz M., Ceremuga M., Stela M., Saluk-Bijak J., Siadkowski A., Bijak M. Molecular aspects of micotoxins – a serious problem for human health // International Journal of Molecular Sciences. 2020. V. 21(2). Article number: 8187 <https://doi.org/10.3390/ijms21218187>
2. Sato I., Ito M., Ishizaka M., Ikunaga Y., Sato Y., Yoshida S., Koitabashi M., Tsushima S. Thirteen novel deoxynivalenol-degrading bacteria are classified within two genera with distinct degradation mechanisms // FEMS Microbiology Letters. 2012. V. 327(2). P. 110-117. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2011.02461.x
3. Bakker M.G., Brown D.W., Kelly A.C., Kim H.S., Kurtzman C.P., McCormick S.P., O'Donnell K.L., Proctor R.H., Vaughan M.M., Ward T.J. *Fusarium* mycotoxins: A trans-disciplinary overview // Can. J. Plant Path. 2018. V. 40(2). P. 161-171. DOI: 10.1080/07060661.2018.1433720
4. Chtioui W., Balmas V., Delogu G., Migheli Q., Oufensou S. Bioprospecting phenols as inhibitors of trichothecene-producing *Fusarium*: sustainable approaches to the management of wheat pathogens // Toxins. 2022. V. 14. Iss. 2. Article number: 72 DOI: 10.3390/toxins14020072
5. Zhu Y., Hassan Y.I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins // Toxins (Basel). 2017. V. 9(4). Article number: 130. DOI: 10.3390/toxins9040130
6. Chen Y., Wang J., Yang N., Wen Z., Sun X., Chai Y., Ma Z. Wheat microbiome bacteria can reduce virulence of a plant pathogenic fungus by altering histone acetylation // Nature communications. 2018. V. 9(1). Article number: 3429. DOI: 10.1038/s41467-018-05683-7
7. Zhou T., Gong J., Yu H., Li X.Z. Bacterial isolate and methods of detoxification of trichothecene mycotoxins. US Patent N 20100239537, 2010.
8. Shen W., Liu Y., Zhan X., Zhan X., Rong X., Zhao L., Ji C., Lei Y., Li F., Chen J., Ma Q. Comparison of ameliorative effects between probiotic and biodegradable *Bacillus subtilis* on zearalenone toxicosis in gilts // Toxins. 2021. V. 13(12). Article number: 882 DOI: 10.3390/toxins13120882
9. Jia R., Cao L., Liu W., Shen Z. Detoxification of deoxynivalenol by *Bacillus subtilis* ASAG 216 and characterization of the degradation process // Eur Food Res Technol. 2021. V. 247. P. 67-76. DOI: 10.1007/s00217-020-03607-8
10. Lee T., Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.Y., Jang J.Y., Park J.C., Ham H., Lee S., Hong S.K., Kim J.C. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against mycotoxigenic *Fusarium* species // Plant pathology. 2017. V. 33(5). P. 499-507. DOI: 10.5423/ppj.ft.06.2017.0126
11. Zalila-Kolsi I., Ben A., Hacina M., Sameh A., Sellami S., Nasfi Z., Tounsi S., Jamoussi K. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) // Microbiological research. 2016. V. 19. P. 148-158. DOI: 10.1016/j.micres.2016.06.012
12. Ji C., Fan Y., Zhao L. Review on biological degradation of mycotoxins // Animal nutrition. 2016. V. 2(3). P. 127-133. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.07.003
13. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Homyak A.I., Shternshis M.V., Tomashevich N.S. Optimization of laboratory cultivation conditions for the synthesis of antifungal metabolites by *Bacillus subtilis* strains // Saudi journal of biological sciences. 2020. V. 27. Iss. 7. P. 1879-1885. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.05.002
14. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Аллахвердян В.В. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсиногенным грибам *Fusarium* при защите

- растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. N 4. С. 86-103. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103
15. Cawoy H., Debois D., Franzil L., De Pauw E., Thonart P., Ongena M. Lipopeptides as main ingredients for inhibition of fungal phytopathogens by *Bacillus subtilis/amyoliquefaciens* // Microbial biotechnology. 2015. V. 8(2). P. 281-295. DOI: 10.1111/1751-7915.12238
16. Zhu Y., Hassan Y.I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins // Toxins (Basel). 2017. V. 9(4). Article number: 130. DOI: 10.3390/toxins9040130
17. Сидорова Т.М., Асатунова А.М., Хомяк А.И., Томашевич Н.С. Выделение и характеристика антигрибных метаболитов штаммов *Bacillus subtilis* BZR 336g и *Bacillus subtilis* BZR 517 модифицированным методом биоавтографии // Сельскохозяйственная биология. 2019. N 54. С. 178-185. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.1.178rus
18. Нетрусов Ф.И. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
19. Shi K., Yang P., Li J., Wu H., Li K., Guan S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* growth and deoxynivalenol production in wheat grains using bacterial antagonists // International journal of environmental research and public health. 2014. V. 11(1). P. 1094-1105. DOI: 10.3390/ijerph110101094
20. Кононенко Г.П., Буркин А.А. Фузариотоксины в зерновых кормах // Ветеринарная патология. 2002. N 2. С. 129-132.
21. Кононенко Г.П., Пирязева Е.А., Буркин А.А. Влияние субстрата на биосинтез микотоксинов *Fusarium graminearum* Schw // Успехи медицинской микологии. 2017. N 17(6). С. 433-437.
22. Palazzini J., Roncallo P., Cantoro R., Chiotta M., Yerkovich N., Palacios S., Echenique V., Torres A., Ramirez M., Kariovsky P., Chulze S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* sensu stricto, reduction of deoxynivalenol accumulation and phytohormone induction by two selected antagonists // Toxins. 2018. V. 10(2). Article number: 88. DOI: 10.3390/toxins10020088
23. Taheur F.B., Kouidhi B., Qurashi Y.M., Salah-Abbès J.B., Chaieb K. Review: Biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes // Toxicon. 2019. V. 160. P. 12-22. DOI: 10.1016/j.toxicon.2019.02.001
24. Сидорова Т.М., Асатунова А.М., Хомяк А.И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2018. N 53(1). С. 29-37. DOI: 10.15389/agrobiol.2018.1.29rus
25. Cao Y., Pi H., Chandransu P., Li Y., Wang Y., Zhou H., Xiong H., Helmann J. D., Cai, Y. Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum* // Scientific reports. 2018. V. 8(1). Article number: 4360. DOI: 10.1038/s41598-018-22782-z
26. Hanif A., Zhang F., Li P., Li C., Xu Y., Zubair M., Zhang M., Jia D., Zhao X., Liang J., Majid T., Yan J., Farzand A., Wu H., Gu Q., Gao X. Fengycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 inhibits *Fusarium graminearum* growth and mycotoxins biosynthesis // Toxins. 2019. V. 11(5). Article number: 295. DOI: 10.3390/toxins11050295
27. Yu C., Liu X., Zhang X., Zhang M., Gu Y., Ali Q., Mohamed M.S.R., Xu J., Shi J., Gao X., Wu H., Gu Q. Mycosubtilin produced by *Bacillus subtilis* ATCC6633 inhibits growth and mycotoxin biosynthesis of *Fusarium graminearum* and *Fusarium verticillioides* // Toxins. 2021. V. 13(11). Article number: 791. DOI: 10.3390/toxins13110791
28. Khan N., Maymon M., Hirsch A.M. Combating *Fusarium* infection using *Bacillus*-based antimicrobials // Microorganisms. 2017. V. 5(4). Article number: 75. DOI: 10.3390/microorganisms5040075
29. Lee T., Dami Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.-Y., Kyu Seok Jung, Jang J.-Y., Park J.-C., Ham H., Lee S., Hong S.K., J.-C. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against mycotoxigenic *Fusarium* species // Plant pathology. 2017. V. 33(5). P. 499-507. DOI: 10.5423/PPJ.FT.06.2017.0126
30. Vanhoutte I., De Mets L., De Boevre M., Uka V., Di Mavungu J.D., De Saeger S., De Gelder L., Audenaert K. Microbial detoxification of deoxynivalenol (DON), assessed via a Lemna minor L. bioassay, through biotransformation to 3-epi-DON and 3-epi-DOM-1 // Toxins. 2017. V. 9(2). Article number: 63. DOI: 10.3390/toxins9020063

REFERENCES

1. Janik E., Niemcewicz M., Ceremuga M., Stela M., Saluk-Bijak J., Siadkowski A., Bijak M. Molecular aspects of micotoxins – a serious problem for human health. *Int. j. mol. sci.*, 2020, vol. 21, iss. 2, article number: 8187. DOI: 10.3390/ijms21218187
2. Sato I., Ito M., Ishizaka M., Ikunaga Y., Sato Y., Yoshida S., Koitabashi M., Tsushima S. Thirteen novel deoxynivalenol-degrading bacteria are classified within two genera with distinct degradation mechanisms. *FEMS Microbiology Letters*, 2012, vol. 327(2), pp. 110-117. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2011.02461.x
3. Bakker M.G., Brown D.W., Kelly A.C., Kim H.S., Kurtzman C.P., McCormick S.P., O'Donnell K.L., Proctor R.H., Vaughan M.M., Ward T.J. *Fusarium* mycotoxins: A trans-disciplinary overview. *Can. J. Plant Path.*, 2018, vol. 40(2), pp. 161-171. DOI: 10.1080/07060661.2018.1433720
4. Chtioui W., Balmas V., Delogu G., Migheli Q., Oufensou S. Bioprospecting phenols as inhibitors of trichothecene-producing *Fusarium*: sustainable approaches to the management of wheat pathogens. *Toxins*, 2022, vol. 14(2), article number: 72. DOI: 10.3390/toxins14020072
5. Zhu Y., Hassan Y.I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins. *Toxins (Basel)*, 2017, vol. 9(4), article number: 130. <https://doi.org/10.3390/toxins9040130>
6. Chen Y., Wang J., Yang N., Wen Z., Sun X., Chai Y., Ma Z. Wheat microbiome bacteria can reduce virulence of a plant pathogenic fungus by altering histone acetylation. *Nature communications*, 2018, vol. 9(1), article number: 3429. DOI: 10.1038/s41467-018-05683-7
7. Zhou T., Gong J., Yu H., Li X.Z. Bacterial isolate and methods of detoxification of trichothecene mycotoxins. US Patent no. 20100239537, 2010.
8. Shen W., Liu Y., Zhan X., Zhan X., Rong X., Zhao L., Ji C., Lei Y., Li F., Chen J., Ma Q. Comparison of ameliorative effects between probiotic and biodegradable *Bacillus subtilis* on zearalenone toxicosis in gilts. *Toxins*, 2021, vol. 13(12), article number: 882. DOI: 10.3390/toxins13120882
9. Jia R., Cao L., Liu W., Shen Z. Detoxification of deoxynivalenol by *Bacillus subtilis* ASAG 216 and characterization the degradation process. *Eur Food Res Technol*, 2021, vol. 247, pp. 67-76. DOI: 10.1007/s00217-020-03607-8
10. Lee T., Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.-Y., Jang J.-Y., Park J.-C., Ham H., Lee S., Hong S.K., Kim J.C. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against mycotoxigenic *Fusarium* species. *Plant pathology*, 2017, vol. 33(5), pp. 499-507. DOI: 10.5423/ppj.ft.06.2017.0126
11. Zalila-Kolsi I., Ben A., Hacina M., Sameh A., Sellami S., Nasfi Z., Tounsi S., Jamoussi K. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum). *Microbiological research*, 2016, vol. 192, pp. 148-158. DOI: 10.1016/j.micres.2016.06.012
12. Ji C., Fan Y., Zhao L. Review on biological degradation of mycotoxins. *Animal nutrition*, 2016, vol. 2(3), pp. 127-133. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.07.003
13. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Homyak A.I., Shternshis M.V., Tomashevich N.S. Optimization of laboratory cultivation conditions for the synthesis of antifungal metabolites by *Bacillus subtilis* strains. *Saudi journal of biological sciences*, 2020, vol. 27, iss. 7, pp. 1879-1885. DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.05.002
14. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Allahverdyan V.V. Peculiarities of antagonism of bacteria of the genus *Bacillus* against toxinogenic fungi *Fusarium* in protecting plants from disease and contamination with mycotoxins (review). *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 86-103. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103

15. Cawoy H., Debois D., Franzil L., De Pauw E., Thonart P., Ongena M. Lipopeptides as main ingredients for inhibition of fungal phytopathogens by *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens*. *Microbial biotechnology*, 2015, vol. 8(2), pp. 281-295. DOI: 10.1111/1751-7915.12238
16. Zhu Y., Hassan Y.I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins. *Toxins* (Basel), 2017, vol. 9(4), article number: 130. DOI: 10.3390/toxins9040130
17. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Khomyak A.I., Tomashevich N.S. Isolation and characterization of antifungal metabolites of *Bacillus subtilis* BZR 336g and *Bacillus subtilis* BZR 517 strains by a modified bioautography method. *Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 178-185. (In Russian) DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.178rus
18. Netrusov F.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Praktikum po mikrobiologii]. Moscow, Akademiya Publ., 2005, 608 p. (In Russian)
19. Shi K., Yang P., Li J., Wu H., Li K., Guan S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* growth and deoxynivalenol production in wheat grains using bacterial antagonists. *International journal of environmental research and public health*, 2014, vol. 11(1), pp. 1094-1105. DOI: 10.3390/ijerph110101094
20. Kononenko G.P., Burkin A.A. Fusariotoxins in grain feed. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology]. 2002, no. 2, pp. 129-132. (In Russian)
21. Kononenko G.P., Piryazeva Ye.A., Burkin A.A. Substrate effect on mycotoxin biosynthesis *Fusarium graminearum* Schw. *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Advances in medical mycology]. 2017, no. 17(6), pp. 433-437 (In Russian)
22. Palazzini J., Roncallo P., Cantoro R., Chiotta M., Yerkovich N., Palacios S., Echenique V., Torres A., Ramirez M., Kariovsky P., Chulze S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* sensu stricto, reduction of deoxynivalenol accumulation and phytohormone induction by two selected antagonists. *Toxins*, 2018, vol. 10(2), article number: 88. DOI: 10.3390/toxins10020088
23. Taheur F.B., Kouidhi B., Qurashi Y.M., Salah-Abbès J.B., Chaieb K. Review: Biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes. *Toxicon*, 2019, vol. 160, pp. 12-22. DOI: 10.1016/j.toxicon.2019.02.001
24. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Khomyak A.I. Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms (review). *Agricultural Biology*, 2018, no. 53(1), pp. 29-37. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus
25. Cao Y., Pi H., Chandransu P., Li Y., Wang Y., Zhou H., Xiong H., Hermann J.D., Cai Y. Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. *Scientific reports*, 2018, vol. 8(1), article number: 4360. DOI: 10.1038/s41598-018-22782-z
26. Hanif A., Zhang F., Li P., Li C., Xu Y., Zubair M., Zhang M., Jia D., Zhao X., Liang J., Majid T., Yan J., Farzand A., Wu H., Gu Q., Gao X. Fengycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 inhibits *Fusarium graminearum* growth and mycotoxins biosynthesis. *Toxins*, 2019, vol. 11(5), article number: 295. DOI: 10.3390/toxins11050295
27. Yu C., Liu X., Zhang X., Zhang M., Gu Y., Ali Q., Mohamed M.S.R., Xu J., Shi J., Gao X., Wu H., Gu Q. Mycosubtilin produced by *Bacillus subtilis* ATCC6633 inhibits growth and mycotoxin biosynthesis of *Fusarium graminearum* and *Fusarium verticillioides*. *Toxins*, 2021, vol. 13(11), article number: 791. DOI: 10.3390/toxins13110791
28. Khan N., Maymon M., Hirsch A.M. Combating *Fusarium* infection using *Bacillus*-based antimicrobials. *Microorganisms*, 2017, vol. 5(4), article number: 75. DOI: 10.3390/microorganisms5040075
29. Lee T., Dami Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.-Y., Kyu Seok Jung, Jang J.-Y., Park J.-C., Ham H., Lee S., Hong S.K., J.-C. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against mycotoxigenic *Fusarium* species. *Plant pathology*, 2017, vol. 33(5), pp. 499-507. DOI: 10.5423/PPJ.FT.06.2017.0126
30. Vanhoutte I., De Mets L., De Boevre M., Uka V., Di Mavungu J.D., De Saeger S., De Gelder L., Audenaert K. Microbial detoxification of deoxynivalenol (DON), assessed via a Lemna minor L. bioassay, through biotransformation to 3-epi-DON and 3-epi-DOM-1. *Toxins*, 2017, vol. 9(2), article number: 63. DOI: 10.3390/toxins9020063

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна М. Сидорова разработала концепцию статьи, собрала данные по биологической эффективности бактерий рода *Bacillus* против грибов рода *Fusarium*. Анжела М. Асатунова руководила процессом сбора и упорядочения материала, проверкой данных. Валерия В. Аллахвердян проводила опыты по влиянию бактерий рода *Bacillus* на токсигенные грибы рода *Fusarium*. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatyana M. Sidorova collected the data on the biological effectiveness of *Bacillus* bacteria against *Fusarium* fungi. Anzhela M. Asaturova developed the concept of the article, supervised the process of collecting and organizing the material and checked the data. Valeriya V. Allakhverdyan conducted experiments on the effect of bacteria of the genus *Bacillus* on toxinogenic fungi of the genus *Fusarium*. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT-OF-INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Валерия В. Аллахвердян / Valeriya V. Allakhverdyan <https://orcid.org/0000-0002-8679-6139>

Татьяна М. Сидорова / Tatyana M. Sidorova <https://orcid.org/0000-0003-4281-5278>

Анжела М. Асатунова / Anzhela M. Asaturova <https://orcid.org/0000-0002-0060-1995>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.5:502.4(477.75)
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-102-114

Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя

Наталья А. Мильчакова, Лилия В. Бондарева, Владимир В. Александров

ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

Контактное лицо

Владимир В. Александров, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория фиторесурсов, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2. Тел. +78692550046
Email valexandrov@list.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6854-4256>

Формат цитирования

Мильчакова Н.А., Бондарева Л.В., Александров В.В. Природные ядра регионального экологического каркаса г. Севастополя // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 102-114. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-102-114

Получена 30 марта 2021 г.
Прошла рецензирование 14 июля 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Выявление территорий и акваторий для включения в региональный экологический каркас г. Севастополя и выделение природных ядер для обеспечения репрезентативности природоохранной сети и экологической стабильности региона.

Материал и методы. На основе проведенных исследований, анализа архивных и опубликованных материалов уточнена структура экокаркаса, как части экосети Крыма, разработанной в 2008 г. Построение картосхем, расчет площади особо охраняемых природных территорий и элементов экокаркаса проводили с использованием программы QGIS-3.10.10. Индекс природоохранной значимости рассчитывали по О.Ю. Гурьевских, предложена градация этого показателя. Выполнен сравнительный анализ соотношения ключевых территорий экоцентров и экокоридоров.

Результаты. Предложено создание 34 новых особо охраняемых природных территорий, показана их природоохранная ценность. Уточнены границы природных ядер и 11 структурных элементов экокаркаса, охарактеризована его репрезентативность, указаны проблемы создания. Оптимизация природоохранной сети Севастополя обеспечит повышение площади ООПТ и экокаркаса, доля которых составит 37,1 и 66% общей площади города, соответственно. Предложен комплекс природоохранных мероприятий для охраны популяций и биотопов раритетных видов, занесенных в Красную книгу г. Севастополя.

Выводы. Создание новых природных ядер и оптимизация природоохранной сети г. Севастополя обеспечит поддержание устойчивости экокаркаса и экологической стабильности региона, однако не внесет существенных изменений в сложившуюся ранее диспропорцию из-за невозможности создания крупных ключевых территорий первого порядка. Внедрение проекта экокаркаса будет способствовать снижению степени риска потери биологического и ландшафтного разнообразия региона.

Ключевые слова

Особо охраняемые природные территории, экологический каркас, оптимизация, биологическое разнообразие, Крымский полуостров.

Core areas in the structure of the regional ecological framework of Sevastopol City

Nataliya A. Milchakova, Lilia V. Bondareva and Vladimir V. Alexandrov

Federal Research Centre A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

Principal contact

Vladimir V. Alexandrov, Candidate of Biological Sciences, Laboratory of Phytoresources, Federal Research Centre A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences; 2 Nakhimov Ave, Sevastopol, Russia 299011.

Tel. +78692550046

Email valexandrov@list.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6854-4256>

How to cite this article

Milchakova N.A., Bondareva L.V., Alexandrov V.V. Core areas in the structure of the regional ecological framework of Sevastopol City. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 102-114. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-102-114

Received 30 March 2021

Revised 14 July 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To identify land and water areas for inclusion in the regional ecological framework of Sevastopol City and to define the core areas for ensuring the representative character of the nature protection network and the ecological stability of the region.

Material and Methods. Based on field surveys, archival and published data, the structure of the ecological framework of Sevastopol was specified as a part of the Crimean ecological network, developed in 2008. A schematic map of the protected areas and ecological framework elements was developed and calculation of their area carried out using the QGIS-3.10.10. The index of environmental significance was calculated according to Guryevskikh and a scale for its gradation was suggested. For ecological centres and corridors, the ratio of key areas of the first and second order was analyzed.

Results. The creation of 34 protected areas was proposed and their conservation value was shown. The boundaries of the core areas and 11 structural elements of the ecological framework were specified, its representativeness was characterized and problems of its implementation were discussed. As a result of optimization of the nature protection network of Sevastopol, the share of the protected areas and ecological framework of the total area of the city will be increased to 37.1 and 66%, respectively. A complex of conservational measures has been proposed for the protection of populations and biotopes of rare species included in the Red Data Book of Sevastopol.

Conclusions. The creation of new core areas and the optimisation of the nature conservation network will ensure the maintenance of the sustainability of the ecological framework and the ecological stability of the region but will not make significant changes to the previously formed disproportion due to the impossibility of creating large objects with a high category of protection. The implementation of the ecological framework project will help to reduce the risk of losing the biological and landscape diversity of the region.

Key Words

Protected areas, ecological framework, optimization, biodiversity, Crimean Peninsula.

ВВЕДЕНИЕ

Для города федерального значения Севастополь характерна обширная сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), что обусловлено высоким биологическим и ландшафтным разнообразием региона [1-3]. По состоянию на 1 января 2021 г. она представлена 14 объектами регионального значения, в их числе один природный парк, шесть государственных природных заказников и семь памятников природы, общей площадью 25021,7 га. Доля ООПТ Севастополя составляет 29% его территории и является одной из самых высоких среди субъектов Российской Федерации, вдвое выше, чем в среднем по стране [4]. Несмотря на высокую степень заповедания, природоохранная сеть Севастополя не является в полной мере репрезентативной и оптимальной, среди действующих ООПТ преобладают объекты низкой категории и незначительной площади, в некоторых ландшафтных зонах они отсутствуют [5-8]. Кроме этого, местообитания многих раритетных видов флоры и фауны находятся вне заповедных объектов [2; 9-12], а ООПТ, рекомендованные ранее для сохранения биологического разнообразия, в том числе Крымского п-ова, до сих пор не созданы [1; 2; 5; 6; 13]. В 2018 г. нами разработан проект Схемы развития и размещения перспективных ООПТ, из которого многие мероприятия по расширению и оптимизации природоохранной сети включены в государственную программу «Экология и охрана окружающей среды города Севастополя», согласно которой доля заповедных объектов к 2023 г. достигнет 32,9% площади города.

Очевидно, что оптимизация природоохранной сети должна базироваться на концепции экологических сетей и экологических каркасов, как системы взаимосвязанных природных территорий, защищенных природоохранными мерами, которая обеспечивает поддержание экологического баланса в регионе и сохранение всего спектра экосистемных услуг, предоставляемых заповедными объектами [6; 14-17]. Модели региональных экологических каркасов уже разработаны для многих субъектов Российской Федерации [18; 19]. Для Крымского п-ова, в том числе Севастополя, проект экокаркаса (экосети) был предложен в 2008 г., включающий 21 экоцентр и 20 экокоридоров [20]. Помимо этого, были подготовлены и другие схемы экокаркасов Крыма, его административных районов [6; 21; 22] и отдельных участков г. Севастополя [9; 23; 24].

Анализ опубликованных и архивных данных, материалов научно-исследовательских работ показал, что проект экокаркаса Крыма [20] для Севастополя нуждается в дополнении и уточнении, поскольку между описанием и картографическим представлением его элементов имеются существенные расхождения, многие природные и квазиприродные территории, водные объекты оказались не учтенными. Поэтому цель работы заключалась в выявлении территорий и акваторий для включения в региональный экологический каркас г. Севастополя, выделении природных ядер для обеспечения репрезентативности природоохранной сети и экологической стабильности региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Общая площадь г. Севастополя составляет 107,96 тыс. га, в том числе прилегающей акватории Черного моря – 21,6 тыс. га, протяженность береговой линии – 165,9 км. Флора сосудистых растений включает более 1870 видов, из них для 23 видов указано единственное местообитание в Восточной Европе, низшие растения представлены более 180 видами, к макромицетам относится 204 таксона [25; 26]. Фауна насчитывает по 13 видов млекопитающих и пресмыкающихся, 4 вида земноводных и 244 вида птиц [2; 12; 27]. В прибрежной зоне моря и пресноводных водоемах зарегистрировано 130 и 30 видов рыб

соответственно [10]. В границах города полностью или частично находятся 11 структурных элементов экокаркаса Крыма, в том числе шесть экологических центров и пять экологических коридоров (рис. 1), название и номер которых указаны по [20].

Для выявления ключевых природных территорий авторами были выполнены маршрутно-экспедиционные исследования с 2017 по 2020 гг. По их результатам, с учетом собственных материалов по флоре и растительности, данных по ареалам и биотопам охраняемых видов [11], был подготовлен перечень перспективных ООПТ. При его составлении учитывали опубликованные ранее предложения по расширению природоохранной сети [1; 2; 5; 6; 9; 11-13 и др.]. Критериями ценности объектов являлись малонарушенность, типичность, редкость, уникальность, наличие биотопов раритетных видов растений и животных. Действующие и перспективные ООПТ, согласно их природоохранному значению, были отнесены к ключевым территориям первого (КТ1 – государственные природные заказники и природные парки) и второго порядков (КТ2 – памятники природы).

Уточнение границ структурных элементов регионального экологического каркаса Севастополя проводили с учетом максимального охвата ареалов охраняемых видов, биотопов ключевых и раритетных видов, по методике, которая использована при построении экологической сети Крымского п-ова [20; 28]. Снимки высокого разрешения Google и Yandex, находящиеся в открытом доступе, совмещали с ландшафтными и геологическими картами [8; 20; 29] и данными природно-экологического каркаса проекта генерального плана Севастополя (севархитектура.рф). Границы существующих объектов ООПТ нанесены в соответствии с данными Кадастра РФ (pkk.rosreestr.ru) (рис. 1). В состав экоцентров и экокоридоров суши включали природные и квазиприродные участки, сельскохозяйственные земли экстенсивного использования, лесопосадки и водоемы (без учета категории земель и типа природопользования). Для определения границ гидрологических и прибрежных экокоридоров использовали данные о ширине водоохранных зон водных объектов, которая составляет для р. Кача и р. Бельбек – 200 м, для р. Черная – 100 м, для морского побережья – 500 м. Морские границы экоцентров и экокоридоров проводили на расстоянии 1 и 2 км от береговой линии. Перспективные объекты площадью менее 1 га нанесены в виде точек (рис. 1). Построение картосхем, расчет площади структурных элементов и их ядер выполняли с использованием программы QGIS-3.10.10 (<http://qgis.org>).

Для элементов экокаркаса определяли индекс природоохранной значимости Кпзн [30]: $K_{пзн} (\%) = (S_{от}/S_{эл}) \cdot 100$, где $S_{от}$ – суммарная площадь ООПТ элемента; $S_{эл}$ – общая площадь элемента. Нами предложено четыре уровня природоохранной значимости элементов по величине Кпзн: низкий (0-25%), средний (26-50%), оптимальный (51-75%) и высокий (76-100%).

В работе использованы следующие условные сокращения: ООПТ – особо охраняемая природная территория; ГПЗ – государственный природный заказник, ПрП – природный парк, ПП – памятник природы; ПАК – прибрежный аквальный комплекс, РЕК – региональный экологический каркас; Кпзн – индекс природоохранной значимости; КТ – ключевая территория. Номенклатура видов флоры и фауны приведена по Красной книге Севастополя [11].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Схема и структура РЕК

На рисунке 1 представлена карта-схема структурных элементов РЕК с природными ядрами (действующие и перспективные ООПТ), их описание приведено ниже.

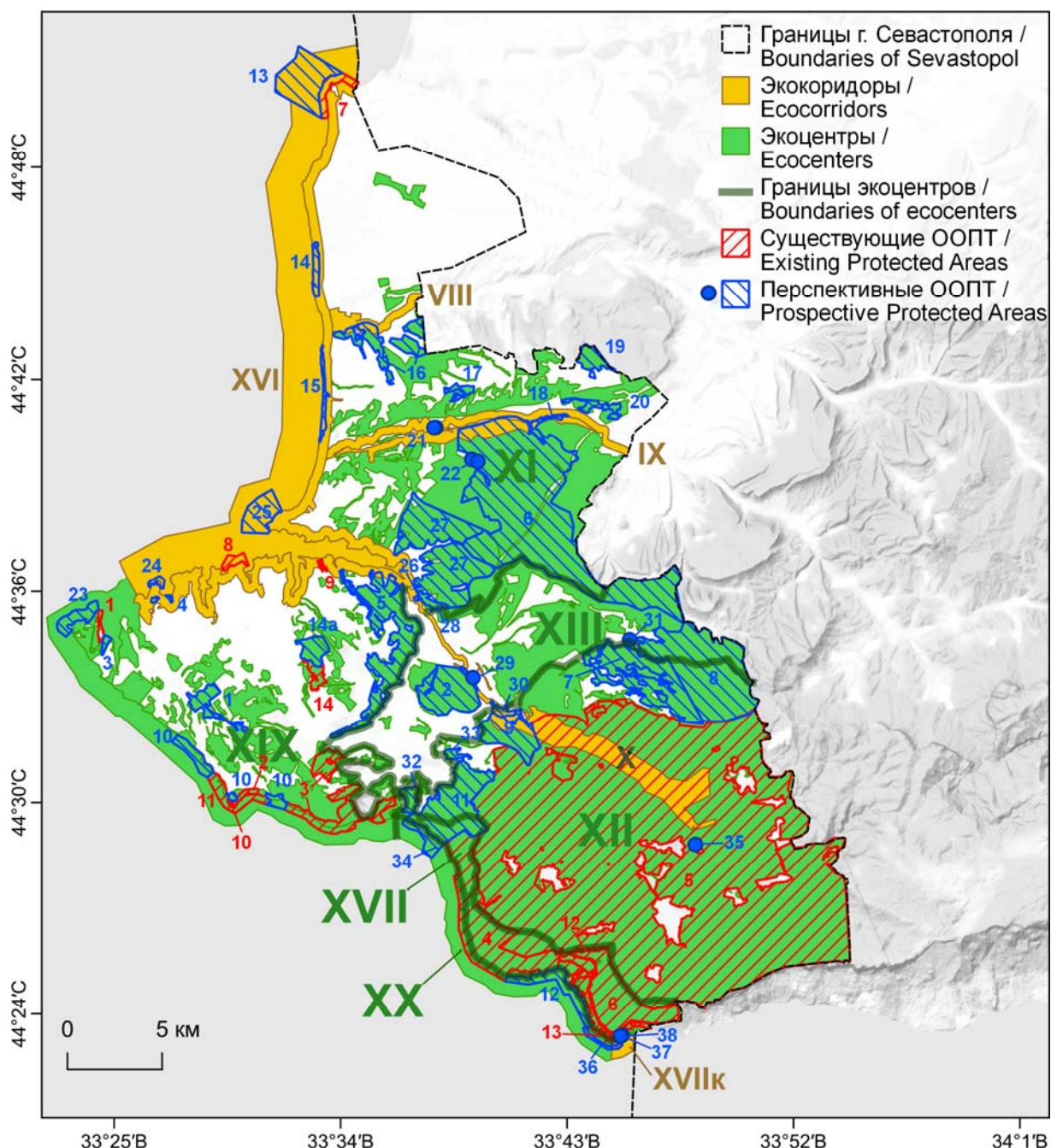


Рисунок 1. Карта-схема регионального экологического каркаса города Севастополя

Figure 1. Scheme (map) of the regional ecological framework of Sevastopol

Элементы РЭК. Экологические центры: XI – Севастопольско-Бахчисарайский предгорный, XII – Западно-Крымский (Байдарский) горный, XIII – Бахчисарайско-Ялтинский горный, XVII – Западно-Южнобережный, XIX – Гераклейский, XX – Ая-Сарычский приморский. **Экологические коридоры:** VIII – Качинский, IX – Бельбекский, X – Чернореченский, XVI – Каламитский приморский, XVIIk – Южнобережный приморский.

Действующие ООПТ. Государственные природные заказники: 1 – Бухта Казачья (23 га; XIX), 2 – Мыс Фиолент (38 га; XIX), 3 – Караньский (569 га; XIX), 4 – Мыс Айя (1377 га; XII, XVII, XX), 5 – Байдарский (21231 га; XII, XVII), 6 – Ласпи (1233 га; XVII).

Памятники природы: 7 – ПАК у мыса Лукулл (129 га; XVI), 8 – ПАК у Херсонеса Таврического (61 га; XVI), 9 – Ушакова балка (12 га; XVI), 10 – Мыс Фиолент (6 га; XIX), 11 – ПАК у мыса Фиолент (179 га; XIX), 12 – Заповедное урочище «Скалы Ласпи» (18 га; XVII), 13 – ПАК у мыса Сарыч (62 га; XVII, XVIIk, XX). **Природные парки:** 14 – Максимова дача (84 га; XIX).

Перспективные ООПТ. Природные парки: 1 – Юхарина балка (166 га; XIX), 2 – Федюхины высоты (1206 га; XIII, X), 14a – территория для включения в ПрП «Максимова дача» (165 га; XIX). **Государственные природные заказники:** 3 – Бухта Солёная (25 га; XIX), 4 – Бухта Круглая (7 га; XVI), 5 – Салун-гора* (1105 га; XIX, XVI), 6 – Плато Мекензи* (4507 га; XI, XIII, IX), 7 – Бассейн реки Уппа* (Уппинская котловина) (1008 га; XII), 8 – Бассейн реки Ай-Тодорка* (1785 га; XII, XIII), 9 – Гора Гасфорта (492 га; XII, X), 10 – участки для включения в ПП «ПАК у мыса Фиолент» (217 га; XIX), 11 – Гора Спилля (Аскети)* (945 га; XII, XVII), 12 – Акватория для включения в ГПЗ «Ласпи» (257,27 га; XX), 33 – Холм Канробера* (44 га; XII). **Памятники природы:** 13 – Акватория для включения в ПП «ПАК у мыса Лукулл» (627 га; XVI), 14 – Участок побережья между посёлками Кача и Полины Осипенко (82 га; XVI), 15 – Участок побережья между посёлками Орловка и Любимовка (73 га; XVI), 16 – Лесостепь у реки Кача (409 га; XI, VIII), 17 – Севастопольские дубки (60 га; XI), 18 – Лесные массивы у села Верхнесадовое (60 га; XI, IX), 19 – Гора Кара-Тау (149 га; XI), 20 – Холмы у села Пироговка (96 га; XI), 21 – Дубы «Стражи Бельбека»* (0,7 га; XI), 22 – Фисташки у села Камышлы* (0,2 га; XI), 23 – ПАК у мыса Херсонес

(154 га; XIX), 24 – Фисташки у бухты Круглая* (7 га; XVI), 25 – ПАК у мыса Коса Северная (294 га; XVI), 26 – Ясеновая роща у реки Черная (5 га; X), 27 – Высоты Инкермана (1527 га; XI), 28 – Загайтанская скала (57 га; XI), 29 – Тополь «Чернореченский часовой» (0,1 га; X), 30 – Черноречье (56 га; X), 31 – Платан Палласа* (0,7 га; XII), 32 – Гора Кефало-Врисы (94 га; XVII), 34 – ПАК у горы Спиили (133 га; XX), 35 – Озерные дубы* (0,02 га; XII), 36 – Акватория для включения в ПП «ПАК у мыса Сарыч» (39 га; XX, XVIII), 37 – Фисташка на мысе Сарыч* (0,1 га; XVII), 38 – Можжевельник высокий «Патриарх Тавриды»* (0,1 га; XVII).

* – объект, внесенный в Закон Севастополя (N 544-3C от 9.09. 2019 г.)

Elements of the regional ecological framework. *Ecological centres:* XI – Sevastopol-Bakhchisaray foothill, XII – West Crimean (Baydarsky) mountain, XIII – Bakhchisaray-Yalta mountain, XVII – West-South coastal, XIX – Heracleon, XX – Aya-Sarych coastal.

Ecological corridors: VIII – Kachinsky, IX – Belbeksky, X – Chernorechensky, XVI – Kalamitsky coastal, XVIII – South-Coast coastal.

Existing protected areas. *State Nature Preserves:* 1 – Kazachya Bay (23 га; XIX), 2 – Cape Fiolent (38 га; XIX), 3 – Karansky (569 га; XIX), 4 – Cape Aya (1377 га; XII, XVII, XX), 5 – Baydarsky (21231 га; XII, XVII), 6 – Laspi (1233 га; XVII). *Natural Monuments:* 7 – Coastal aquatic complex near Cape Lukull (129 га; XVI), 8 – Coastal aquatic complex near Chersonesos Tavricheskiy (61 га; XVI), 9 – Ushakova Gully (12 га; XVI), 10 – Cape Fiolent (6 га; XIX), 11 – Coastal aquatic complex near Cape Fiolent (179 га; XIX), 12 – Laspi Rocks protected site (18 га; XVII), 13 – Coastal aquatic complex near Cape Sarych (62 га; XVII, XVIII, XX). *Nature Parks:* 14 – Maksimov's Dacha (84 га; XIX).

Prospective protected areas. *Nature Parks:* 1 – Yukharina Gully (166 га; XIX), 2 – Fedyukhiny Heights (1206 га; XIII, X), 14a – Area for inclusion in Maksimov's Dacha Nature Park (165 га; XIX). *State Nature Preserves:* 3 – Solyonaya Bay (25 га; XIX), 4 – Kруглая Bay (7 га; XVI), 5 – Mount Sapun* (1105 га; XIX, XVI), 6 – Plateau Mekenzi * (4507 га; XI, XIII, IX), 7 – Uppa River basin (Uppinskaya Hollow)* (1008 га; XII), 8 – Ay-Todorka River basin* (1785 га; XII, XIII), 9 – Mount Gasfort (492 га; XII, X), 10 – Areas for inclusion in the Coastal Aquatic Complex near Cape Fiolent Natural Monument (217 га; XIX), 11 – Mount Spilia (Asketi)* (945 га; XII, XVII), 12 – Marine area for inclusion in the Laspi State Nature Preserve (257 га; XX), 33 – Canrober Hill* (44 га; XII). *Natural monuments:* 13 – Marine area for inclusion in the Coastal aquatic complex at Cape Lukull Natural Monument (627 га; XVI), 14 – Part of the coast between the villages of Kacha and Polina Osipenko (82 га; XVI), 15 – Part of the coast between the villages of Orlovka and Lyubimovka (73 га; XVI), 16 – Forest-steppe near the Kacha River (409 га; XI, VIII), 17 – Sevastopol Oaks (60 га; XI), 18 – Woodlands near the village of Verkhnesadovoe (60 га; XI, IX), 19 – Mount Kara-Tau (149 га; XI), 20 – Hills near the village of Pirogovka (96 га; XI), 21 – Guardians of Belbek Oaks* (0.70 га; XI), 22 – Pistachios near the village of Kamysly* (0.2 га; XI), 23 – Coastal aquatic complex near Cape Chersones (154 га; XIX), 24 – Pistachios near Kруглая Bay (7 га; XVI), 25 – Coastal aquatic complex near Cape Kosa Severnaya (294 га; XVI), 26 – Ash-tree grove near Chernaya River (5 га; X), 27 – Inkerman Heights (1527 га; XI), 28 – Zagaytanskaya Rock (57 га; XI), 29 – Chernorechensky Sentinel Poplar (0.1 га; X), 30 – Chernorechye (56 га; X), 31 – Pallas Plane Tree* (0.7 га; XII), 32 – Mount Kefalo-Vrissi (94 га; XVII), 34 – Coastal aquatic complex near Mount Spilia (133 га; XX), 35 – Lake Oaks* (0.02 га; XII), 36 – Marine area for inclusion in the Coastal Aquatic Complex near Cape Sarych Natural Monument (39 га; XX, XVIII), 37 – Pistachio at Cape Sarych* (0.1 га; XVII), 38 – Patriarch of Taurida Greek Juniper* (0.1 га; XVII).

* – object included in the Law of Sevastopol N 544-3C от 9.09. 2019.

Севастопольско-Бахчисарайский предгорный экоцентр (XI) включает зональные ландшафты дубовых лесов западной части Внешней куэстовой гряды Крымских гор, в границах города находилось 38% общей площади экоцентра. В его составе ООПТ отсутствовали (рис. 1; табл. 1). В состав экоцентра рекомендовано включить природные территории Предгорья, характеризующиеся фитоценоотическим разнообразием, и участки лесокультур, в основном из *Pinus* spp., которые практически натурализовались и имеют природоохранное значение как местообитания многих видов, в том числе охраняемых [12; 20; 26]. Для сохранения пушистодубовых лесов, небольших степных участков, редколесий с участием *Pistacia mutica* и *Juniperus excelsa*, предложено создание десяти новых заповедных объектов. Эти меры обеспечат повышение общей площади экоцентра с 10171 до 11217 га (на 10% больше по сравнению с 2008 г.) и Кпзн до 50% (табл. 1).

Западно-Крымский (Байдарский) горный экоцентр (XII) охватывает яйлинские горно-луговые и степные ландшафты, а также сосновые, буковые и дубовые лесные зональные ландшафты юго-западной части Горного Крыма. Около 91% общей площади экоцентра находилось в границах города. Природными ядрами являются крупнейший в регионе ГПЗ «Байдарский», ПП «Заповедное урочище «Скалы Ласпи», часть территории ГПЗ «Мыс Айя» и ГПЗ «Ласпи». Здесь сосредоточено более половины высокоможжевеловых редколесий Крыма [2; 31]. Предложено северную и западную границы экоцентра провести по оврагу Дуклер и Ай-Тодорской долине и создать семь ООПТ (рис. 1). Это приведет к увеличению площади экоцентра с 23146 до 25841 га (на 11%), а Кпзн – до 87% (табл. 1).

Бахчисарайско-Ялтинский горный экоцентр (XIII) расположен на границе южнобережных средиземноморских лесов, охране подлежат яйлинские горно-луговые и степные ландшафты, а также сосновые, буковые и дубовые лесные зональные ландшафты западной части Главной и Внутренней гряд Крымских гор, в границах города находилось не более 3,4% общей площади экоцентра. В его состав рекомендовано включить Федюхины высоты, а также высоты Орта-Бель, Узун-Бель, хребет Кара-Баир, которые ранее входили в Западно-Крымский (Байдарский) горный экоцентр. Это изменение обусловлено сходством их геологического строения и растительного покрова [29]. Поскольку в составе экоцентра ООПТ отсутствовали, нами рекомендовано создание четырех новых объектов. Общая площадь экоцентра повысится с 3574 до 5044 га, или на 41%, Кпзн возрастет до 40% (рис. 1, табл. 1).

Западно-Южнобережный экоцентр (XVII) находится в западной части нижнего приморского пояса южного макросклона Крымских гор, предназначен для охраны средиземноморских лесов и кустарников, в границах города находилось 12% общей площади экоцентра. Его природными ядрами являются ГПЗ «Ласпи», ГПЗ «Мыс Айя» и ПП «ПАК у м. Сарыч», два последних объекта представлены в границах экоцентра частично. В его состав предложено включить высоты к востоку от бухты Балаклавской (г. Крепостная, г. Кефало-Врисы). Учитывая существующие угрозы хозяйственного освоения территории предложено создание трех новых ООПТ для сохранения ценных субсредиземноморских комплексов. Общая площадь экоцентра увеличится с 2941 до 3355 га (на 14%), при этом значение Кпзн повысится с 81 до 93% и станет максимальным для РЭК Севастополя (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика структурных элементов регионального экологического каркаса города Севастополя
Table 1. Characteristics of the structural elements of the regional ecological framework of Sevastopol

Элемент Element	Площадь, га Area, ha	Площадь ООПТ, га Protected area size, ha		Кпзн, % Index of conservation value, %	
		Существующая Existing	Планируемая Planned	Существующий Existing	Планируемый Planned
		Экологические центры / Ecological centres			
XI	11217	-	5646	-	50
XII	25841	19641	22609	76	87
XIII	5044	-	2027	-	40
XVII	3355	2718	3122	81	93
XIX	9181	886	2711	10	30
XX	1966	259	679	13	35
Экологические коридоры / Ecological corridors					
VIII	340	-	56	-	16
IX	1380	-	308	-	22
X	1798	1307	1519	73	84
XVI	11307	201	1357	2	12
XVIIк	128	9	19	7	15
Всего	71557	25022	40053	-	-

Примечания: Экоцентры: XI – Севастопольско-Бахчисарайский предгорный; XII – Западно-Крымский (Байдарский) горный; XIII – Бахчисарайско-Ялтинский горный; XVII – Западно-Южнобережный; XIX – Гераклеяский; XX – Айя-Сарычский приморский. Экокоридоры: VIII – Качинский IX – Бельбекский; X – Чернореченский; XVI – Каламитский приморский; XVIIк – Прибрежный

Notes: Ecocentres: XI – Sevastopol-Bakhchisaray foothill; XII – West Crimean (Baydarsky) mountain; XIII – Bakhchisaray-Yalta mountain; XVII – West-South Coastal; XIX – Heraclea; XX – Aya-Sarych coastal. Ecocorridors: VIII – Kachinsky; IX – Belbeksky; X – Chernorechensky; XVI – Kalamitsky coastal; XVIIк – South-Coast Coastal. The designations of the ecological framework elements correspond to those in Fig. 1.

Гераклеяский приморский экоцентр (XIX) обеспечивает сохранение средиземноморских лесов и кустарников прибрежной зоны Гераклеяского п-ова с прилегающей морской акваторией, полностью находится в границах г. Севастополя. К природным ядрам относятся шесть ООПТ, наиболее крупными являются ГПЗ «Караньский» и ПрП «Максимова дача» (рис. 1). Для этого экоцентра нами предложено включение сохранившихся вокруг селитебной зоны природных и квазиприродных территорий, которые выполняют важную средообразующую функцию, и создание шести новых ООПТ в районе Юхариной, Хомутовой и Сарандинакиной балок, Килен-балки и Сапун-горы. При этом общая площадь экоцентра возрастет с 5820 до 9181 га (на 58%), а Кпзн – в 3 раза (табл. 1).

Айя-Сарычский приморский экоцентр (XX) расположен между мысами Балаклавский и Сарыч, полностью находится в границах г. Севастополя. Его природными ядрами являются небольшие по площади акватории ГПЗ «Мыс Айя» и ПП «ПАК у м. Сарыч». Учитывая высокую природоохранную ценность прибрежной зоны западной части Южного берега Крыма [13; 32-34], нами рекомендовано создание одного ПП и увеличение площади акваторий двух ООПТ (рис. 1). При этом общая площадь экоцентра увеличится с 1966 га (на 10%), а значение Кпзн – в 2,5 раза (табл. 1).

Качинский гидрологический экокоридор (VIII) соединяет экоцентры горного и предгорного Крыма с Каламитским экокоридором, расположен вдоль русла р. Кача. В границах города находилось около 10% общей площади экокоридора, природные ядра отсутствовали. В состав экокоридора нами предложено включить сохранившиеся природные территории вдоль

русла, водоемы устьевой зоны и создать ПП «Лесостепь у р. Кача». После изменения конфигурации границ общая площадь экокоридора повысится незначительно – с 338 до 340 га (менее чем на 1%), тогда как значение Кпзн – до 16% (табл. 1).

Бельбекский гидрологический экокоридор (IX) объединяет Каламитский экокоридор с Западно-Крымским горным экоцентром, протянулся вдоль русла р. Бельбек (рис. 1). В границах города находилось 35% общей площади экокоридора. В составе экокоридора ООПТ отсутствовали, поэтому рекомендовано создание трех заповедных объектов для охраны ценных природных комплексов и лесостепных ландшафтов на северных склонах плато Мекензи [10; 11; 23]. В целом, общая площадь экокоридора увеличится с 1034 до 1380 га (на 33%), а значение Кпзн составит 22% (табл. 1).

Чернореченский гидрологический экокоридор (X) расположен вдоль долины р. Черная, объединяет Каламитский приморский экокоридор с Западно-Крымским (Байдарским) горным и Севастопольско-Бахчисарайским предгорным экоцентрами. Экокоридор полностью находится в границах города, включает часть территории ГПЗ «Байдарский». Сильно преобразованные территории в нижнем течении реки предложено вывести из состава экокоридора (за исключением водоохранной зоны), а для сохранившихся типичных долинных и прирусловых комплексов рекомендовано создание шести ООПТ. С изменением конфигурации границ экокоридора его общая площадь уменьшится с 2600 до 1798 га (на 31%), тогда как Кпзн достигнет 84% (табл. 1).

Каламитский приморский экокоридор (XVI) включает прибрежную акваторию, пляжи и береговой клиф от м. Манганари до м. Лукулл, а также участки

равнины Альминской низменности, объединяя Тарханкутский и Гераклеяский экоцентры. В границах города находилось 39% общей площади экокоридора, в его составе преобладали селитебная зона и земли сельскохозяйственного назначения. Природными ядрами являются ПП «ПАК у мыса Лукулл», «ПАК у Херсонеса Таврического» и «Ушакова балка». В последние годы наблюдается интенсификация хозяйственной деятельности, добыча минеральных ресурсов, застройка территории, что приводит к разрушению приморских биотопов, в том числе охраняемых [13]. Для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия прибрежной экосистемы предложено создание шести новых ООПТ (рис. 1). Из-за исключения значительно преобразованных участков, общая площадь экокоридора сократится с 13434 до 11307 га (на 20%), тогда как Кпзн повысится в 6 раз (табл. 1).

Прибрежный южнобережный экокоридор (XVIII) занимает часть акватории от м. Сарыч до б. Теселли. Менее 1% площади экокоридора находится в границах города. Его природным ядром является акватория ПП «ПАК у м. Сарыч». Рекомендовано расширение границ охраняемой акватории, поскольку в прибрежной экосистеме доминируют донные биоценозы ключевых и охраняемых видов [32]. Это обеспечит повышение Кпзн экокоридора вдвое (рис. 1, табл. 1).

Оптимизация структуры ООПТ

Для ряда действующих объектов рекомендовано увеличение их площади: включение акватории в ГПЗ «Ласпи», ПП «ПАК у м. Сарыч» и «ПАК у м. Лукулл», территории и акватории в ПП «ПАК у м. Фиолент» (рис. 1). Предлагаемые изменения обеспечат охрану ключевых биоценозов и популяций видов, имеющих высокий охранный статус [5; 6; 13; 35]. Кроме этих объектов, целесообразно заповедать часть Гераклеяского плато, включив его в ПрП «Максимова дача», для поддержания общего экологического баланса селитебной зоны [36].

Выделено 34 новых природных ядра, создание которых направлено на повышение репрезентативности природоохранной сети региона и поддержание устойчивости РЭК. Из них 13 объектов уже получили предварительный охранный статус – шесть ГПЗ и семь ПП (рис. 1). Большинство этих объектов относятся к малоплощадным, что снижает их средообразующее и экосистемное значение. Среди остальных перспективных ООПТ к КТ1 относятся ПрП «Федюхины высоты» и «Юхарина балка», а также ГПЗ «Гора Гасфорта», «Бухта Соленая» и «Бухта Круглая», природоохранная ценность которых была подтверждена ранее [1; 6; 9; 13; 37]. Для охраны природных ландшафтов Предгорья, массивов хвойных и широколиственных лесов, растительных группировок меловых склонов предусмотрено создание ПП, отнесенных к КТ2, для которых возможно выделение охранных зон («Лесостепь у р. Кача», «Севастопольские дубки», «Лесные массивы у с. Верхнесадовое», «Гора Кара-Тау», «Холмы у села Пироговка», «Гора Кефало-Вриси», «Загайтанская скала», «Высоты Инкермана», «Ясеновая роца у р. Черная», «Черноречье»). Прибрежные сообщества с участием стенопотных видов, которые не были представлены в действующих ООПТ, рекомендовано охранять в ПП «Участок

побережья между пос. Кача и пос. П. Осипенко» и «Участок побережья между пос. Орловка и Любимовка». Учитывая биологическое и ландшафтное разнообразие прибрежных акваторий, значительные запасы ключевых и охраняемых видов макрофитов, высокий уровень жизненного состояния их ценопопуляций, предложено создание гидрологических ПП: «ПАК у мыса Херсонес», «ПАК у г. Спидия» и «ПАК у мыса Коса Северная» [1; 5; 6; 13]. Следует отметить, что целенаправленное расширение сети ООПТ с включением участков с биотопами видов, находящихся под угрозой исчезновения, является признанным для сохранения биоразнообразия, включая морские акватории [38; 39].

Анализ природоохранной ценности и репрезентативности РЭК

При реализации предложений по оптимизации природоохранной сети общая площадь предложенных к заповеданию территорий и акваторий составит 15031 га, для действующих объектов она возрастет на 1305 га (на 5%). При этом суммарная площадь ООПТ достигнет 40053 га, их доля составит 56% площади РЭК и 37,1% площади города. Общая площадь РЭК увеличится с 64,3 до 71,6 тыс. га (на 11% по сравнению с 2008 г.), и превысит 66% площади города (67 и 63% территории и акватории, соответственно). Включение ценных природных комплексов, не учтенных ранее и выделение новых природных ядер в структуре РЭК направлено на обеспечение репрезентативности природоохранной сети.

В настоящее время уровень заповедания структурных элементов РЭК существенно различается, только 18% имеют высокий Кпзн (табл. 1). Формирование новых ООПТ приведет к повышению значений Кпзн многих элементов в несколько раз. Для экоцентров с низким Кпзн этот показатель увеличится до среднего уровня, тогда как для экокоридоров его значения останутся низкими (табл. 1), за исключением Х экокоридора, уровень заповедания которого изменится от оптимального до высокого. По мнению В.Б. Михно [40], учитывая функциональную роль экокоридоров, им можно придавать статус ООПТ для защиты от антропогенной нагрузки и других негативных факторов.

На рисунке 2 представлены данные по изменению площади существующих и перспективных природных ядер разной природоохранной значимости. Так, на долю КТ1 будет приходиться 31 и 40% площади XI и XIII экоцентров, соответственно. Доля КТ1 в XII экоцентре достигнет 87,4% его площади, а в XVII – 89,7%, что будет максимальным значением для всех элементов РЭК. Значительное увеличение площади КТ1 для IX экокоридора и XX экоцентра приведет к повышению их доли до 19,8 и 23,7% общей площади этих элементов, соответственно. Кроме того, существенно возрастет природоохранное значение VIII, IX, XVIII экокоридоров, где природными ядрами являются только КТ2. Несмотря на то, что природоохранная значимость КТ2 по сравнению с КТ1 ниже, они обеспечивают устойчивое функционирование и структурные связи элементов РЭК (рис. 2). В целом, на долю КТ1 и КТ2 будет приходиться 50 и 6% площади РЭК, или 33 и 4% площади города, соответственно.

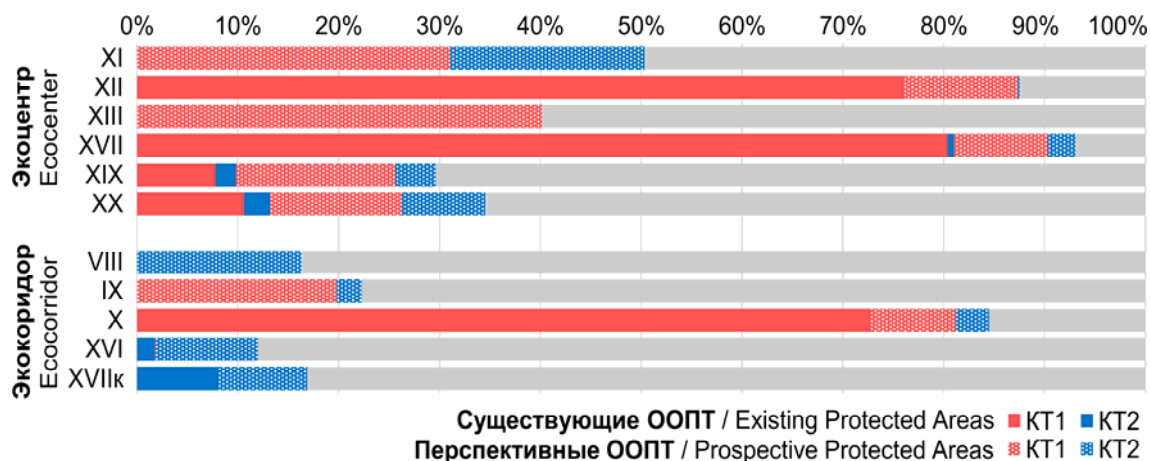


Рисунок 2. Изменение доли существующих и перспективных ООПТ (ключевые территории первого и второго порядка, КТ1 и КТ2) в структурных элементах регионального экологического каркаса города Севастополя (в % их площади)

Figure 2. Change in area percentage of existing and prospective protected areas (Key Areas of first and second order, KA1 and KA2) in structural elements of the regional ecological framework of Sevastopol City

Создание новых объектов направлено на охрану популяций тех редких видов, которые по данным Красной книги г. Севастополя [11] встречаются вне действующих ООПТ, но распространены в границах всех элементов РЭК. Так, местообитания около трети краснокнижных видов не отмечены в заповедных объектах, и до половины представителей восьми крупных таксонов защищены лишь в части ареала (табл. 2). Например, *Pinus brutia* var. *pityus* охраняется в ГПЗ «Мыс Айя», хотя ее распространение в границах Севастополя значительно шире. Многие стенолюбивые виды сосудистых растений (*Eryngium maritimum*, *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Raphanus maritimus*, *Schoenoplectus hippolyti* и др.) не представлены в ООПТ,

или не обеспечены охраной в полной мере (*Cladium mariscus*, *Plantago coronopus*, *Crambe maritima*, *Iris pseudacorus*, *Crepis purpurea*), среди них узкорегиональные эндемики Крыма (*Trinia biebersteinii*, *Bellevallia lipskyi*). К наименее защищенным представителям фауны относятся все виды земноводных, и только 36 видов птиц и 33% – рыб охраняются в ООПТ. При этом в заповедных объектах не представлены рыбы-эндемики Крымского п-ова, обитающие в реках и других пресноводных водоемах, а также виды птиц, имеющие высокий международный охранный статус и занесенные в Красную книгу г. Севастополя *Oxyura leucocephala*, *Falco cherrug*, *Burhinus oedecnemus* [11].

Таблица 2. Охраняемые виды и их представленность в ООПТ г. Севастополя

Table 2. Protected species and their representation in the protected areas of Sevastopol City

Группы Taxonomic groups	Общее количество видов* Total number of species	Представленность видов в ООПТ** Number of species in the protected areas		
		1*	2	3
Сосудистые растения / Vascular plants	176	157	19	24
Водоросли / Algae	11	8	3	8
Грибы / Fungi	19	11	4	4
Кольчатые черви / Annelids	4	4	0	2
Членистоногие / Arthropods	108	79	29	60
Моллюски / Mollusks	10	7	3	6
Рыбы / Fishes	18	12	6	12
Земноводные / Amphibians	2	2	0	2
Пресмыкающиеся / Reptiles	10	9	1	6
Птицы / Birds	11	7	4	5
Млекопитающие / Mammals	14	11	3	8

Примечания: * – по данным Красной книги города Севастополя [11]; **1 – все локалитеты в ООПТ;

2 – все локалитеты вне ООПТ; 3 – часть локалитетов в ООПТ

Notes: * – according to the Red Data Book of Sevastopol [11]; **1 – all localities are in protected areas;

2 – all localities are outside protected areas; 3 – some localities are in protected areas

Особой ценностью характеризуются лесные массивы региона, они отнесены к категории защитных, а занятые ими участки – к «землям населенных пунктов», часть лесов не поставлена на кадастровый учет [41]. Кроме того, в границах ООПТ находится менее половины их площади (43,5%). Особое значение имеет охрана высокоможжевеловых редколесий из-за их уничтожения и деградации вследствие застройки

территорий и возросшей рекреационной нагрузки [11]. При создании новых ООПТ на Балаклавских высотах, г. Спидия и г. Гасфорта будут обеспечены охраной их наиболее крупные массивы в XII и XVII экоцентрах [1; 5; 9; 12]. Формирование новых объектов в XI и XIII экоцентрах позволит защитить разнообразие лесных формаций природных комплексов Внешней и Внутренних гряд [6]. Для XIX экоцентра, граничащего с

селитебной зоной, создание ООПТ будет способствовать сохранению флористического (почти 30% видов сосудистых растений флоры Крыма) и фитоценотического разнообразия, биотопов охраняемых видов, аквальных комплексов [9; 11-13; 32].

Предусмотренное расширение сети ООПТ в границах гидрологических экокоридоров (рис. 1) повысит природоохранную значимость и обеспечит сохранение их экологических функций. Формирование мелкоплощадных ООПТ в долинах р. Черная, р. Кача и р. Бельбек будет иметь значение для охраны типичных долинных и прирусловых лесов, биотопов раритетных видов растений (*Iris pseudacorus*) и насекомых (*Theriotpectes tricolor*, *Zygaena laeta*, *Hemaris croatica*), герпетофауны (*Pseudopus apodus*, *Triturus karelinii*, *Emys orbicularis*, *Natrix tessellata*), птиц (*Actitis hypoleucos*) и рыб (*Alburnus mentoides*, *Barbus tauricus*, *Gobio tauricus*, *Cobitis taurica*) [10-12; 23]. Для морских акваторий XIX экоцентра и XVI экокоридора предложено создание ГПЗ с временным режимом охраны для защиты зимнего гидрофильного орнитокомплекса, ихтиофауны и донной растительности [6; 10; 27; 37]. В результате создания новых ООПТ площадь охраняемых акваторий увеличится до 2419 га. Их доля составит 11,2% общей площади акваторий города, что, тем не менее, будет меньше значения, рекомендованного на международном уровне – 17% [4].

Предлагаемое расширение сети ООПТ учитывает рекомендации Красной книги г. Севастополя [11], согласно которым охранный статус необходимо придать многим Prime Butterfly Areas. Они указаны для большинства экоцентров и двух экокоридоров: XI (с. Фруктовое, Мекензиевы горы, окрестности с. Верхнесадовое, с. Фронтное), XII (с. Оборонное), XIII (окрестности г. Инкерман, с. Терновка), XIX (мысы Херсонес, Манганари, Фиолент, балки Юхарина, Хомутова, Сарандинакина, Килен, окрестности с. Флотское), X (с. Черноречье) и XVI (окрестности пос. Любимовка, Кача и Андреевка, устье р. Черная).

В целом, РЭК Севастополя имеет природоохранную значимость для экосистем всего Крымского п-ова. В настоящее время доля его заповедности вдвое ниже оптимальных значений [42], ООПТ занимают 5,8% суммарной площади г. Севастополя и Республики Крым. При реализации всех вышеперечисленных рекомендаций она увеличится только до 6,2%, что недостаточно для поддержания биологического и ландшафтного разнообразия Крымского п-ова [1; 2; 6]. Тем не менее, вклад ООПТ Севастополя в структуру общего заповедного фонда Крыма возрастет с 10 до 15%, при этом создание шести новых объектов площадью более 1000 га будет значимым для охраны зональных ландшафтов [6; 20].

Проблемы создания РЭК

Следует признать, что предлагаемая оптимизация ООПТ и РЭК не внесет существенных изменений в сложившуюся ранее диспропорцию природоохранной сети Севастополя, которая была сформирована в основном стихийно в условиях интенсивного природопользования, без учета ландшафтного или бассейнового подходов [1; 6; 8; 13; 32]. Морские акватории были присоединены к территориальным объектам формально, их границы были удалены на расстоянии 300 м от берега [35]. В целом, из-за

преобладания малоплощадных объектов и отсутствия зон строго ограниченного пользования охрана природных комплексов действующих ООПТ малоэффективна. При этом создание крупных объектов высокой природоохранной категории практически невозможно, поэтому в предложенной нами перспективной сети ООПТ Севастополя преобладают ПП (рис. 1), где отсутствуют зоны строгой охраны. В настоящее время на их долю приходится 8% площади ГПЗ «Байдарский» (в ПрП «Максимова дача» она не создана), что препятствует экологической стабильности региона, которая зависит от соотношения площади ООПТ со строгим режимом охраны и наиболее сильно преобразованных природных комплексов, которые должны быть сопоставимы [16].

К критериям устойчивого развития региона относится также площадь хозяйственно освоенных и преобразованных территорий, доля которых не должна превышать 30% [43]. В Севастополе этот показатель немного выше (33%), тогда как в Республике Крым достиг критических значений (79%) [6; 20]. В связи с этим роль природных комплексов Севастополя имеет важнейшее значение для поддержания экологической стабильности Крымского п-ова. Однако по оценкам специалистов существует риск изменения этой пропорции, поскольку в Крыму и Севастополе уже уничтожено более половины полезащитных посадок [44], происходит сокращение земель лесного фонда и прирусловых лесов, что представляет угрозу для экосистем всего полуострова, особенно в условиях водного дефицита. Кроме этого, предусмотренное уменьшение площади озелененных территорий Севастополя в 1,3 раза (Закон Севастополя N 357-ЗС от 21.07.2017) при отсутствии обязательной государственной экологической экспертизы проектов, осуществляемых в границах ООПТ регионального и местного значения, не защищает экосистемы от сверхнормативного воздействия [41], потери биологического и ландшафтного разнообразия. Таким образом, природные комплексы РЭК Севастополя слабо обеспечены защитой, хотя обеспечивают поддержание экологической стабильности и баланса природопользования.

Учитывая экосистемную роль экокваркасов их проектирование рекомендовано при комплексном территориальном планировании [43; 45; 46]. Кроме этого, структурные элементы экокваркаса целесообразно включать, по нашему мнению, в «зеленый фонд городских поселений» или «зеленый щит» (N 7-ФЗ от 10.01.2002). Более действенным механизмом охраны ценных природных комплексов и регулирования градостроительной деятельности, мог бы стать закон РФ об экологическом каркасе [47], по примеру многих стран, где его формирование поддержано законодательно и является основой стратегии охраны природы [48].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе выполненных исследований предложена оптимизация природоохранной сети г. Севастополя, предусматривающая создание 34 ООПТ, увеличение площади 5 существующих объектов и уточнение границ структурных элементов РЭК. При реализации этих предложений заповедный фонд будет включать 48 объектов (3 ПрП, 15 ГПЗ, 30 ПП), общая площадь ООПТ достигнет 40053 га (37,1% площади

города). РЭК будет занимать около 66% площади города, на долю заповедных объектов будет приходиться 56% его площади. Доля ООПТ Севастополя в структуре общего заповедного фонда Крыма увеличится с 10 до 15%. Рекомендуемые природоохранные мероприятия обеспечат существенное повышение репрезентативности природоохранной сети, охрану популяций и биотопов большинства видов, занесенных в Красную книгу г. Севастополя, значительное увеличение индекса заповедности структурных элементов РЭК. Однако, сложившаяся ранее диспропорция природоохранной сети г. Севастополя сохранится из-за невозможности создания крупных объектов высокой категории охраны. Природные комплексы РЭК целесообразно включить в зеленый фонд городских поселений, что позволит регулировать градостроительную деятельность для защиты биологического и ландшафтного разнообразия региона.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена по государственному заданию ФИЦ "Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН", тема N 121030100028-0.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out within state assignment of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (N 121030100028-0).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Выработка приоритетов: новый подход к сохранению биоразнообразия в Крыму. Вашингтон: BSP, 1999. 257 с.
2. Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы. Симферополь: Сонат, 1999. 180 с.
3. Горбунов Р.В., Плугатарь Ю.В., Смирнов Д.Ю., Снегур А.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Приймак А.С. Пространственная взаимосвязь биоразнообразия и типов местообитаний на территории Крымского полуострова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. N 133. С. 224-240. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-224-240
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». Москва: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
5. Тарасюк А.Н. Проблемы сохранения и развития природно-заповедного фонда Севастопольского региона // Записки общества геоэкологов. 2001. Вып. 5-6. С. 53-63.
6. Перспективы создания единой природоохранной сети Крыма. Симферополь: Крымучпедгиз, 2002. 192 с.
7. Каширина Е.С., Голубева Е.И. Ландшафтная репрезентативность особо охраняемых природных территорий Севастополя // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. N 1. С. 108-111.
8. Позаченюк Е.А., Панкеева Т.В., Панкеева А.Ю., Пизова Е.В. Состояние особо охраняемых природных территорий города федерального значения Севастополя // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6 (16). Вып. 2. С. 161-171.
9. Бондарева Л.В. Природоохранная сеть Гераклейского полуострова: современное состояние и перспективы развития // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. 2005. Вып. 15. С. 129-138.
10. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Редкие, уязвимые и исчезнувшие рыбы Севастопольского региона // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2016. Вып. 7. С. 247-260.
11. Красная книга города Севастополя. Калининград: ООО Издат. дом «РОСТ-ДОАФЛ», 2018. 432 с.
12. Кукушкин О.В., Трофимов А.Г., Турбанов И.С., Слodgeвич В.Я. Герпетофауна города Севастополь (юго-западный Крым):

- видовой состав, зоогеографическая характеристика, ландшафтно-зональное распределение, современное состояние и охрана // Трансформация экосистем. 2019. N 4. С. 72-129. DOI: 10.23859/estr-190530
13. Мильчакова Н.А., Александров В.В., Бондарева Л.В., Панкеева Т.В., Чернышева Е.Б. Морские охраняемые акватории Крыма. Научный справочник. Симферополь: Н. Орианда, 2015. 312 с.
 14. Соболев Н.А. Предложения к концепции охраны и использования природных территорий // Охрана дикой природы. 1999. N 3 (14). С. 20-24.
 15. Мирзеханова З.Г. Экологический каркас территории: назначение, содержание, пути реализации // Проблемы региональной экологии. 2000. N 4. С. 42-55.
 16. Родоман Б.Б. Поляризованный культурный ландшафт // В кн.: Поляризованная биосфера. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 22-49.
 17. Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века // Степной бюллетень. 1998. N 2-4. С. 23-35.
 18. Михно В.Б., Кучин А.В. К вопросу создания ландшафтно-экологического каркаса Задонского района Липецкой области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2005. N 2. С. 19-28.
 19. Барышников Г.Я., Краснослабодцева Н.А. Концептуальные подходы к созданию особо охраняемых природных территорий // География и природопользование Сибири. 2010. Вып. 12. С. 22-45.
 20. Разработка схемы региональной экологической сети Автономной Республики Крым: научно-технический отчет. Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, 2008. 322 с.
 21. Прыгунова И.Л. Экологический каркас Крыма // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2005. N 5. С. 25-30.
 22. Прокопов Г.А., Каракозова К.Г. Подходы к созданию локальной экологической сети Бахчисарайского района АР Крым // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. N 2. С. 732-738.
 23. Каширина Е.С., Калинин А.В., Прыгунова И.Л., Новиков А.А. Основные подходы к концепции природоохранного и рекреационного природопользования нижнего течения реки Бельбек (г. Севастополь) // Проблемы региональной экологии. 2015. N 2. С. 150-154.
 24. Данекина В.Н. Ландшафтно-экологическое планирование прибрежной зоны юго-западного Крыма // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2017. Т. 23. N 1. С. 277-285. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-277-285
 25. Мильчакова Н.А. Макрофитобентос // В кн.: Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. С. 152-208.
 26. Саркина И.С. Состояние изученности макромицетов Севастополя: современная база данных для региональной Красной книги // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2016. Вып. 7. С. 108-136.
 27. Бескаравайный М.М. Современное состояние орнитологического разнообразия Севастопольского региона // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2018. Вып. 9. С. 109-111.
 28. Карпенко С.А., Лагодина С.Е., Павлова-Довгань О.А., Борисова Н.И., Епихин Д.В. Разработка картографо-геоинформационной модели экологического каркаса Крыма // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2015. Т. 1 (11). Вып. 4. С. 30-39.
 29. Юдин В.В. Геологическая карта и разрезы горного, предгорного Крыма. Масштаб 1:200000. Санкт-Петербург: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018.
 30. Гурьевских О.Ю. Количественные методы оценки географической репрезентативности системы ООПТ // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и

- проблемы развития естественнонаучного образования», Екатеринбург, 24-25 ноября, 2017. С. 47-57.
31. Шик Н.В. О необходимости сохранения экологических коридоров на территории большого Севастополя // Материалы международной научно-технической конференции «Системы контроля окружающей среды – 2017», Севастополь, 06-09 ноября, 2017. С. 139.
 32. Мильчакова Н.А., Александров В.В., Рябогина В.Г. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (юго-западный Крым, Черное море) // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2019. N 149. С. 113-123. DOI: 10.36305/0201-7997-2019-149-113-123
 33. Мильчакова Н.А., Петров А.Н. Морфофункциональный анализ многолетних изменений структуры цистозировых фитоценозов (бухта Ласпи, Черное море) // Альгология. 2003. Т. 13. N 4. С. 355-370.
 34. Панкеева Т.В., Миронова Н.В. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса акватории бухты Ласпи (Крым, Черное море) // Океанология. 2019. Т. 59. N 1. С. 93-107. DOI: 10.31857/S0030-157459193-107
 35. Alexandrov V., Milchakova N. The condition of the red alga *Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon and proposals for MPA optimization in south-western Crimea, Black Sea // Recent advances in environmental science from the Euro-Mediterranean and surrounding regions (2nd edition). Proceedings of Euro-Mediterranean conference for environmental integration (EMCEI-2), Sousse, Tunisia, 10-13 October, 2019. pp. 2179-2183. DOI:10.1007/978-3-030-51210-1_341
 36. Мильчакова Н.А., Бондарева Л.В., Панкеева Т.В., Тарасюк Е.Е., Каширина Е.С., Александров В.В. Создание регионального ландшафтного парка «Максимова дача» в регионе Севастополя и перспектива расширения его границ // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе», Симферополь, 24-26 октября, 2013. С. 117-122.
 37. Гирагосов В.Е., Бескаравый М.М. Сезонная динамика гидрофильного орнитокомплекса бухты Круглая (Севастополь) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1. N 4. С. 12-21. DOI: 10.21072/mbj.2016.01.4.02
 38. Butchart S.H.M., Scharlemann J.P.W., Evans M.I., Quader S., Arico S., Arinaitwe J., Balman M., Bennun L.A., Bertzky B., Besançon Ch., Boucher T.M., Brooks Th.M., Burfield I.J., Burgess N.D., Chan S., Clay R.P., Crosby M.J., Davidson N.C., De Silva N., Devenish Ch., Dutton G.C.L., Fernández D.F.D., Fishpool L.D.C., Fitzgerald C., Foster M., Heath M.F., Hockings M., Hoffmann M., Knox D., Larsen F.W., Lamoreux J.F., Loucks C., May I., Millett J., Molloy D., Morling P., Parr M., Ricketts T.H., Seddon N., Skolnik B., Stuart S.N., Upgren A., Woodley S. Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets // PLoS One. 2012. V. 7. Iss. 3. Article number: e32529. DOI: 10.1371/journal.pone.0032529
 39. Micheli F., Niccolini F. Achieving success under pressure in the conservation of intensely used coastal areas // Ecology and Society. 2013. V. 18. N 4. Art. 19. DOI: 10.5751/ES-05799-180419
 40. Михно В.Б. Ландшафтные аспекты оптимизации экологической обстановки Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2005. N 2. С. 29-43.
 41. Бондарева Л.В., Мильчакова Н.А., Гаврилова Ю.А., Горелов В.Н., Александров В.В., Чернышева Е.Б. Проблемы реализации природоохранного законодательства и формирования сети особо охраняемых природных территорий Севастополя // Материалы VII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий», Сочи, 1-3 октября, 2020. Т. 7. С. 77-87.
 42. Рудык А.Н., Прокопов Г.А. Анализ современной структуры ООПТ Республики Крым // Материалы V Международной научно-практической конференции, «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее», Хвалынский, 03-05 октября, 2018. С. 142-149.
 43. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: Учебное пособие. Москва-Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
 44. Снегирев Ф.Ф. О правовых проблемах экосети Крыма // Актуальні проблеми держави і права. 2011. Вып. 60. С. 509-515.
 45. Дьяконов К.Н., Хорошев А.В. Актуальные проблемы и задачи ландшафтного планирования // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы ландшафтного планирования», Москва, 13-15 октября, 2011. С. 8-13.
 46. Русецкая Г.Д., Дмытерко Е.А. Особо охраняемые природные территории – инструмент устойчивого управления природопользованием // Известия Байкальского государственного университета. 2017. Т. 27. N 4. С. 478-487. DOI: 10.17150/2500-2759.2017.27(4).478-487
 47. Тишков А.А. Сто лет методологии территориальной охраны природы России (к 100-летию заповедного дела) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. N 1. С. 10-21. DOI: 10.15356/0373-2444-2017-1-8-19
 48. Jongman R.H.G., Bouwma I.M., Griffioen A., Jones-Walters L., Van Doorn A.M. The Pan European Ecological Network: PEEN // Landscape Ecology. 2011. V. 26. P. 311-326. DOI: 10.1007/s10980-010-9567-x

REFERENCES

1. Vyrabotka prioritetov: novyi podkhod k sokhraneniyu bioraznootsrazhiya v Krymu [Priority-setting in conservation: a new approach for Crimea]. Washington D.C., BSP Publ., 1999, 257 p.
2. Biologicheskoe i landshaftnoe raznoobrazie Kryma: problemy i perspektivy [Biological and landscape diversity of the Crimea: problems and perspectives]. Simferopol, Sonat Publ., 1999, 180 p.
3. Gorbunov R.V., Plugatar Yu.V., Smirnov V.O., Snegur A.V., Gorbunova T.Yu., Drigval A.V., Priymak A.S. Spatial interrelation between biodiversity and habitat types on the territory of the Crimean Peninsula. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 2019, no. 133, pp. 224-240. (In Russian) DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-224-240
4. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu» [State report «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018»]. Moscow, Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation; LLC SPE «Cadastre» Publ., 2019, 844 p. (In Russian)
5. Tarasyuk A.N. Conservation problems and development of natural reserve fund of the Sevastopol region. *Zapiski obshchestva geokologov* [Notes of the Society of Geocologists]. 2001, iss. 5-6, pp. 53-63. (In Russian)
6. Perspektivy sozdaniya edinoi prirodookhrannoi seti Kryma [Prospects for the creation of a unified nature protection network of the Crimea]. Simferopol, Krymuchpedgiz Publ., 2002, 192 p. (In Russian)
7. Kashirina E.S., Golubeva E.I. The landscape representativeness of specially protected natural areas in Sevastopol. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5. Geography]. 2018, no. 1, pp. 108-111. (In Russian)
8. Pozachenyuk E.A., Pankeeva T.V., Pankeeva A.Yu., Pizova E.V. The state of specially protected natural areas of the city of federal importance of Sevastopol. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions]. 2020, vol. 6 (16), iss. 2, pp. 161-171. (In Russian)
9. Bondareva L.V. The conservation network of the Heracles Peninsula: current state and development prospects. *Ekosistemy Kryma, ikh optimizatsiya i okhrana* [Ecosystems of Crimea, Their Optimization and Protection]. 2005, iss. 15, pp. 129-138.
10. Boltachev A.R., Karpova E.P. Rare, vulnerable and extinct fish of the Sevastopol region. *Nauchnye zapiski prirodnogo zapovednika «Mys Mart'yan»* [Scientific Notes of the «Cape Martyan» Nature Reserve]. 2016, iss. 7, pp. 247-260. (In Russian)
11. *Krasnaya kniga goroda Sevastopolya* [The Red Data Book of Sevastopol]. Kaliningrad, Sevastopol, ROST-DOAFKL Publ., 2018, 432 p. (In Russian)
12. Kukushkin O.V., Trofimov A.G., Turbanov I.S., Slodkevich V.Ya. Herpetofauna of Sevastopol city (southwestern Crimea): species

- composition, zoogeographic analysis, landscape-zonal distribution, current status and protection. *Ecosystem Transformation*, 2019, no. 4, pp. 72-129. DOI: 10.23859/estr-190530
13. Mil'chakova N.A., Aleksandrov V.V., Bondareva L.V., Pankeeva T.V., Chernysheva E.B. *Morskie okhranyaemye akvatorii Kryma. Nauchnyi spravochnik* [Marine protected areas of Crimea. Scientific handbook]. Simferopol, N. Orianda Publ., 2015, 312 p. (In Russian)
14. Sobolev N.A. Proposals for the concept of protection and use of natural areas. *Okhrana dikoi prirody* [Wildlife Conservation]. 1999, no. 3 (14), pp. 20-24. (In Russian)
15. Mirzekhanova Z.G. Ecological framework of the territory: purpose, content, ways of implementation. *Problemy regional'noi ekologii* [Regional Environmental Issues]. 2000, no. 4, pp. 42-55. (In Russian)
16. Rodoman B.B. [Polarized cultural landscape]. In: *Polyarizovannaya biosfera* [The polarized biosphere]. Smolensk, Oikumena Publ., 2002, pp. 22-49. (In Russian)
17. Elizarov A.V. Ecological framework – strategy of steppe environmental management for XX century. *Stepnoi byulleten'* [Steppe Bulletin]. 1998, no. 2-4, pp. 23-35. (In Russian)
18. Mikhno V.B., Kuchin A.V. On the issue of creating a landscape-ecological framework of the Zadonsky district of the Lipetsk region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]. 2005, no. 2, pp. 19-28. (In Russian)
19. Baryshnikov G.Ya., Krasnoslabodtseva N.A. Conceptual approaches to the creation of specially protected natural areas. *Geografiya i prirodopol'zovanie Sibiri* [Geography and Nature Management of Siberia]. 2010, iss. 12, pp. 22-45. (In Russian)
20. *Razrabotka skhemy regional'noi ekologicheskoi seti Avtonomnoi Respubliki Krym: nauchno-tehnicheskii otchet* [Development of the scheme of the regional ecological network of the Autonomous Republic of Crimea: scientific and technical report]. Simferopol, V.I. Vernadsky Tavrida National University Publ., 2008, 322 p. (In Russian)
21. Prygunova I.L. Ecological framework of the Crimea. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5, Geography]. 2005, no. 5, pp. 25-30. (In Russian)
22. Prokopov G.A., Karakozova K.G. Approaches to the development of the local ecological network of Bakhchisaray district of the Crimea. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions]. 2014, vol. 10, no. 2, pp. 732-738. (In Russian)
23. Kashirina E.S., Kalinichenko A.V., Prygunova I.L., Novikov A.A. The main approaches to the concept of nature protection and recreational environmental management of the lower flow of the Bel'bek River (Sevastopol). *Problemy regional'noi ekologii* [Regional Environmental Issues]. 2015, no. 2, pp. 150-154. (In Russian)
24. Danekina V.N. Landscape-ecological planning of the coastal zone of south-west Crimea. *InterKarto. InterGIS*, 2017, vol. 23, no. 1, pp. 277-285. (In Russian) DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-277-285
25. Mil'chakova N.A. [Macrophytobenthos]. In: *Sovremennoe sostoyanie bioraznoobraziya pribrezhnykh vod Kryma (chernomorskiy sektor)* [Modern condition of biological diversity in near-shore zone of Crimea (the Black Sea sector)]. Sevastopol, EKOSI-Gidrofizika Publ., 2003, pp. 152-208. (In Russian)
26. Sarkina I.S. Study of macromycetes in Sevastopol: modern database for the regional Red Data Book. *Nauchnye zapiski prirodnogo zapovednika «Mys Mart'yan»* [Scientific Notes of the «Cape Martyan» Nature Reserve]. 2016, iss. 7, pp. 108-136. (In Russian)
27. Beskaravainyi M.M. The current state of the ornithological diversity of the Sevastopol region. *Nauchnye zapiski prirodnogo zapovednika «Mys Mart'yan»* [Scientific Notes of the «Cape Martyan» Nature Reserve]. 2018, iss. 9, pp. 109-111. (In Russian)
28. Karpenko S.A., Lagodina S.E., Pavlova-Dovgan' O.A., Borisova N.I., Epikhin D.V. Model of constantly updated geoinformation territorial bank of the region: questions of quality of data. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions]. 2015, vol. 1 (11), iss. 4, pp. 30-39. (In Russian)
29. Yudin V.V. *Geologicheskaya karta i razrezy gornogo, predgornogo Kryma. Masshtab 1:200000* [Geological map and sections of mountain and foothill Crimea. Scale 1:200000]. Saint-Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI Publ., 2018. (In Russian)
30. Gur'evskikh O.Yu. Kolichestvennyye metody otsenki geograficheskoi reprezentativnosti sistemy OOPT [Quantitative methods of assessing the geographical representativity of protected area systems]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennyye issledovaniya prirodnikh i sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. Innovatsionnyye protsessy i problemy razvitiya estestvennonauchnogo obrazovaniya»*, Ekaterinburg, 24-25 noyabrya, 2017 [Proceedings of the international scientific and practical conference «Modern research of natural and socio-economic systems. Innovative processes and problems of the development of natural science education», Ekaterinburg, 24-25 November, 2017]. Ekaterinburg, 2017, pp. 47-57. (In Russian)
31. Shik N.V. O neobkhodimosti sokhraneniya ekologicheskikh koridorov na territorii bol'shogo Sevastopolya [On the need to preserve ecological corridors on the territory of Greater Sevastopol]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy – 2017»*, Sevastopol', 6-9 noyabrya, 2017 [Proceedings of the International scientific and technical conference «Environmental monitoring systems – 2017», Sevastopol, 6-9 November, 2017]. Sevastopol, 2017, p. 139. (In Russian)
32. Milchakova N.A., Alexandrov V.V., Ryabogina V.G. State of key phytocenoses of marine protected areas and problems of their conservation (Southwestern Crimea, Black Sea). *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*, 2019, no. 149, pp. 113-123. (In Russian) DOI: 10.36305/0201-7997-2019-149-113-123
33. Mil'chakova N.A., Petrov A.N. Morphofunctional analysis of long-term changes of the structure of *Cystoseira* phytocenoses (Laspi Bay, the Black Sea). *Al'gologiya* [Algology]. 2003, vol. 13, no. 4, pp. 355-370. (In Russian)
34. Pankeeva T.V., Mironova N.V. Spatial-temporal changes of macrophytobenthos in the Laspi Bay (Crimea, Black Sea). *Okeanologiya*, 2019, vol. 59, no. 1, pp. 93-107. (In Russian) DOI: 10.31857/S0030-157459193-107
35. Alexandrov V., Milchakova N. The condition of the red alga *Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon and proposals for MPA optimization in south-western Crimea, Black Sea. *Recent advances in environmental science from the Euro-Mediterranean and surrounding regions (2nd edition). Proceedings of Euro-Mediterranean conference for environmental integration (EMCEI-2)*, Sousse, Tunisia, 10-13 October, 2019. Cham, Switzerland, Springer Nature Switzerland AG, 2021, pp. 2179-2183. DOI: 10.1007/978-3-030-51210-1_341
36. Mil'chakova N.A., Bondareva L.V., Pankeeva T.V., Tarasyuk E.E., Kashirina E.S., Aleksandrov V.V. Sozdanie regional'nogo landshaftnogo parka «Maksimova Dach» v regione Sevastopolya i perspektiva rasshireniya ego granits [Creation of the Regional Landscape Park «Maksimova Dach» in the Sevastopol region and the prospect of its boundaries expanding]. *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Zapovedniki Kryma. Bioraznoobrazie i okhrana prirody v Azovo-Chernomorskom regione»*, Simferopol', 24-26 oktyabrya, 2013 [Proceedings of the VII International scientific and practical conference «Reserves of Crimea. Biodiversity and nature protection in the Azov-Black Sea region», Simferopol, 24-26 October, 2013]. Simferopol, 2013, pp. 117-122. (In Russian)
37. Giragosov V.E., Beskaravainyi M.M. Seasonal dynamics of the hydrophilic bird community of Kruglaya Bay (Sevastopol, the Black Sea). *Marine Biological Journal*, 2016, vol. 1, no. 4, pp. 12-21. (In Russian) DOI: 10.21072/mbj.2016.01.4.02
38. Butchart S.H.M., Scharlemann J.P.W., Evans M.I., Quader S., Aricò S., Arinaitwe J., Balman M., Bennun L.A., Bertzky B., Besançon Ch., Boucher T.M., Brooks Th.M., Burfield I.J., Burgess N.D., Chan S., Clay R.P., Crosby M.J., Davidson N.C., De Silva N., Devenish Ch., Dutson G.C.L., Fernández D.F.D., Fishpool L.D.C., Fitzgerald C., Foster M., Heath M.F., Hockings M., Hoffmann M.,

- Knox D., Larsen F.W., Lamoreux J.F., Loucks C., May I., Millett J., Molloy D., Morling P., Parr M., Ricketts T.H., Seddon N., Skolnik B., Stuart S.N., Uppgren A., Woodley S. Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets. *PLoS One*, 2012, vol. 7, iss. 3, article number: e32529. DOI: 10.1371/journal.pone.0032529
39. Micheli F., Niccolini F. Achieving success under pressure in the conservation of intensely used coastal areas. *Ecology and Society*, 2013, vol. 18, no. 4, art. 19. DOI: 10.5751/ES-05799-180419
40. Mikhno V.B. Landscape aspects of optimization of the ecological situation in the Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology]. 2005, no. 2, pp. 29-43. (In Russian)
41. Bondareva L.V., Mil'chakova N.A., Gavrilova Yu.A., Gorelov V.N., Aleksandrov V.V., Chernysheva E.B. Problemy realizatsii prirodookhrannogo zakonodatel'stva i formirovaniya seti osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii Sevastopolya [Problems of the implementation of environmental legislation and the formation of a network of specially protected natural areas of Sevastopol]. *Materialy VII Vserossiiskoi (natsional'noi) nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ustoichivoe razvitie osobo okhranyaemykh prirodnikh territorii», Sochi, 1-3 oktyabrya, 2020* [Proceedings of the VII all-Russian (national) scientific-practical conference «Sustainable development of specially protected natural areas», Sochi, 1-3 October, 2020]. Sochi, 2020, pp. 77-87. (In Russian)
42. Rudyk A.N., Prokopov G.A. Analiz sovremennoi struktury OOPT Respubliki Krym [Assessment of current structure of protected areas in the Republic of Crimea]. *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Osobo okhranyaemye prirodnye territorii: proshloe, nastoyashchee, budushchee», Khvalynsk, 03-05 oktyabrya, 2018.*
- [Proceedings of the V International scientific and practical conference «Specially protected natural territories: past, present, future», Khvalynsk, 03-05 October, 2018]. Saratov-Khvalynsk, Amirit Company Ltd Publ., 2018, pp. 142-149. (In Russian)
43. Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie: uchebnoe posobie* [Ecodiagnosics and balanced development: textbook]. Moscow-Smolensk, Madzhenta Publ., 2003, 384 p. (In Russian)
44. Snegirev F.F. Peculiarities of legal regulation guard, formation and using of ecological network of the Crimea. *Aktual'ni problemi derzhavi i prava* [Actual Problems of State and Law]. 2011, iss. 60, pp. 509-515. (In Russian)
45. D'yakonov K.N., Khoroshev A.V. Aktual'nye problemy i zadachi landshaftnogo planirovaniya [Actual problems and tasks of landscape planning]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problemy landshaftnogo planirovaniya», Moskva, 13-15 oktyabrya, 2011* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference «Actual problems of landscape planning», Moscow, 13-15 October, 2011]. Moscow, 2011, pp. 8-13. (In Russian)
46. Rusetskaya G.D., Dmyterko E.A. Nature conservation areas as a tool of sustainable natural resource management. *Bulletin of Baikal State University*, 2017, vol. 27, no. 4, pp. 478-487. (In Russian) DOI: 10.17150/2500-2759.2017.27(4).478-487
47. Tishkov A.A. One hundred years of the methodology of territorial nature protection of Russia: on the centenary of nature conservation. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 2017, no. 1, pp. 10-21. (In Russian) DOI: 10.15356/0373-2444-2017-1-8-19
48. Jongman R.H.G., Bouwma I.M., Griffioen A., Jones-Walters L., Van Doorn A.M. The Pan European Ecological Network: PEEN. *Landscape Ecology*, 2011, vol. 26, pp. 311-326. DOI: 10.1007/s10980-010-9567-x

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья А. Мильчакова выполняла полевые исследования, проанализировала и обобщила данные, написала рукопись. Лилия В. Бондарева выполняла полевые исследования, проанализировала данные, написала рукопись; Владимир В. Александров принимал участие в полевых исследованиях, подготовил картосхему, выполнил расчет площади объектов, участвовал в коррекции 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

Nataliya A. Milchakova carried out the field research, data analysis, writing the manuscript and summarizing data. Lilia V. Bondareva has carried out species identification, field research, data analysis and writing the manuscript. Vladimir V. Alexandrov took part in field surveys, prepared map, performed area calculations and corrected 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

Наталья А. Мильчакова / Nataliya A. Milchakova <https://orcid.org/0000-0001-5407-7706>
 Лилия В. Бондарева / Lilia V. Bondareva <https://orcid.org/0000-0002-2872-070X>
 Владимир В. Александров / Vladimir V. Alexandrov <https://orcid.org/0000-0001-6854-4256>

Оригинальная статья / Original article

УДК 911.6

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-115-121

Ландшафтно-экологический каркас как территориальная основа устойчивого развития земледельческих регионов России

Александр А. Чибилев

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Александр А. Чибилев, академик Российской академии наук, научный руководитель Института степи Уральского отделения РАН; 460000 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11. Тел. +73532774432
Email orensteppe@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Формат цитирования

Чибилев А.А. Ландшафтно-экологический каркас как территориальная основа устойчивого развития земледельческих регионов России // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 115-121. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-115-121

Получена 2 марта 2022 г.

Прошла рецензирование 5 апреля 2022 г.

Принята 16 апреля 2022 г.

Резюме

Формирование ландшафтно-экологического каркаса является актуальной задачей в связи с принятием Стратегии развития сети ООПТ в России до 2030 года. По мнению автора, в проекте Стратегии недостаточно полно отражены особенности развития сети объектов территориальной охраны природы в земледельческих регионах страны.

Цель. Обосновать предложения по оптимизации сети ООПТ.

Материал и методы. При подготовке статьи использованы методы картографического анализа схем физико-географического районирования, обобщение результатов экспедиционных исследований, оценки репрезентативности существующей сети природных резерватов различных категорий и сравнительной оценки наиболее ценных в ландшафтном и биотическом отношении природных выделов.

Результаты. В результате комплексных экспедиций выявлены новые и перспективные участки, которые в виде кластеров могут составить природно-заповедный фонд регионов. Исследование охватывает степные и лесостепные ландшафты юга Европейской и Азиатской России, Зауралья и юга Западной Сибири. Проблема рассматривается в разрезе субъектов с учетом физико-географического районирования. Предложения по модернизации и расширению сети объектов, входящих в ландшафтно-экологический каркас составлены на основе экспедиционных исследований с учетом количественных и качественных показателей природного разнообразия.

Выводы. Выводы о необходимости модернизации существующей сети и созданию новых природных резерватов опираются, в том числе, на нереализованные проекты создания заповедников.

Ключевые слова

Модернизация сети особо охраняемых природных территорий, ландшафт, степная и лесостепная зоны, репрезентативность, экспедиционные исследования.

The landscape and ecological framework as a territorial basis for stable development in Russia's agricultural regions

Alexander A. Chibilev

Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences

Principal contact

Alexander A. Chibilev, Academician of Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St, Orenburg, Russia 460000.

Tel. +73532774432

Email orensteppe@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

How to cite this article

Chibilev A.A. The landscape and ecological framework as a territorial basis for stable development in Russia's agricultural regions. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 115-121. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-115-121

Received 2 March 2022

Revised 5 April 2022

Accepted 16 April 2022

Abstract. Forming a landscape-ecological framework is an urgent task supporting the adoption of a strategy for the progress of specially protected natural territories in Russia by 2030. According to the author, the strategy does not fully reflect the specifics of the development of the network of territorial nature protection objects in the agricultural regions of the country.

Aim Substantiate proposals for optimizing the network of protected areas.

Materials and Methods. Methods of cartographic analysis of schemes of physical and geographical zoning, generalisation of the results of expedition research, assessment of the representativeness of the existing network of protected areas and a comparative assessment of the most valuable landscape and natural biotic plots were used in the paper.

Results. As a result of this study a complex of new and promising sites has been identified for inclusion in the landscape and ecological framework, which can constitute the natural reserve fund of the regions as clusters. The study covers steppe and forest-steppe landscapes of southern European and Asian Russia. The problem has been considered in the context of subjects relating to physical and geographical zoning. Proposals for the modernisation and expansion of the network of objects included in the landscape and ecological framework were compiled based on expedition studies, combined with quantitative and qualitative indicators of natural diversity.

Conclusions There is a need to modernise the existing network and to create new nature reserves based, among other things, on as-yet-unrealised projects for the creation of reserves.

Key Words

Modernisation of a network of specially protected natural areas, landscape, steppe and forest-steppe zones, representativeness, expedition studies.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование проблемы создания ландшафтно-экологического каркаса страны и отдельных ее регионов имеет длительную историю. Впервые вопрос о создании географической сети заповедников был поставлен Постоянной Природоохранительной комиссией Русского географического общества (ППК РГО) еще в начале XX века [1], а первый доклад с аннотированным перечнем заповедников был сделан на Ученом Совете РГО в 1917 году В.П. Семеновым-Тянь-Шанским [2]. Уже в начале формирования географической сети природно-заповедного фонда нашей страны была поставлена задача охватить все природные зоны, области и провинции эталонами первозданной природы.

Несмотря на успешное становление сети заповедников в стране в течение XX века она испытала два крушения на основе государственных директив в 1951 и 1961 годах [3]. Тем не менее, в 1957 году Комиссией по охране природы Академии наук СССР был разработан новый план, который учитывался при создании новых заповедников во второй половине XX века [4; 5].

Однако за столетнюю историю заповедного дела в России географическая сеть природных заповедников и других категорий особо охраняемых природных территорий (ООПТ) не обеспечивала непрерывную в пространстве охрану всего ландшафтного и биологического разнообразия территории страны. В связи с этим в 80-90-е годы прошлого века возникли предложения о формировании непрерывной сети природных резерватов, обеспечивающих саморегуляцию экосистем, благодаря своеобразным экологическим коридорам [6; 7]. На основе этих представлений возникла концепция экологического каркаса, который предусматривает способность природного каркаса к саморегуляции [8]. Безусловно, важнейшими объектами экологического каркаса являются ключевые природные территории, обладающие повышенным ландшафтным и биологическим разнообразием. Эти территории должны охватить все сохранившиеся природные эталоны физико-географических провинций, статус которых должен быть сопоставим с государственными природными заповедниками или национальными парками и, в составе которых могут быть выделены функциональные зоны с заповедным режимом, не допускающим их использование для целей рекреации и туризма, в т.ч. экологического туризма.

В данной статье рассматриваются региональные проблемы развития сети ключевых территорий ландшафтно-экологического каркаса степных и лесостепных регионов юга Европейской России, Урала и Западной Сибири. В географическом отношении это территория интенсивного земледельческого освоения от степного Крыма и Кубани до Алтая. Именно в этих регионах существует необходимость создания устойчивого экологического развития, сохранения природного разнообразия в условиях воздействия антропогенных факторов и климатических изменений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конкретная задача данной работы заключалась в подготовке предложений развития сети объектов ландшафтно-экологического каркаса в рамках Стратегии

создания новых ООПТ в перспективе до 2030 года. Отправной точкой проведенного исследования являются материалы картографического и статистического анализов существующей сети ООПТ исследуемого субрегиона, содержащиеся в Государственных докладах о состоянии охраны окружающей среды по регионам Российской Федерации. Особенностью выполненных работ является поэтапное экспедиционное обследование перспективных ключевых территорий природного каркаса. В основу подходов для обоснования сети объектов ландшафтно-экологического каркаса были положены разработанные ранее автором географические принципы их размещения [6].

На первом этапе исследования были поставлены следующие задачи:

- оценить репрезентативность существующей сети объектов ландшафтно-экологического каркаса по субъектам Российской Федерации и физико-географическим провинциям;
- провести ретроспективный анализ предложений и проектов создания региональных и федеральных ООПТ;
- на основе сравнительно-ландшафтных методов исследований выделить территории с наивысшим ландшафтным и биологическим разнообразием.

Нововведением для подобных исследований является экспертная оценка перспектив развития природно-заповедного фонда с участием местных специалистов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вековая история природно-заповедного фонда нашей страны в настоящее время находится на новом этапе своего становления, связанном с принятием Стратегии развития системы особо охраняемых природных территорий до 2030 года. Приоритетными показателями эффективности этой системы являются количество и площадь создаваемых заповедников и национальных парков, с акцентом на проценты, которые они занимают от территории всей страны или ее регионов. При этом географическая репрезентативность и природные качества этих территорий – степень сохранности естественных экосистем, показатели ландшафтного и биологического разнообразия лишь констатируются.

Вместе с тем, остаются нерешенными задачи создания целого ряда природных заповедников, поставленные как в проекте ППК РГО 1917 года [2], так и в Академическом плане развития географической сети заповедников СССР 1957 года [6]. Это касается, в первую очередь, земледельческих регионов страны – степной и лесостепной ландшафтных зон. Анализ существующих сетей ООПТ по субъектам Российской Федерации, ретроспективное изучение предложений по их созданию за последние 100 лет, а также целевое экспедиционное обследование степной и лесостепной зон России от Крыма и Кубани до Алтая позволили получить следующие результаты – предложения в упомянутую Стратегию.

Степной Крым

Степные и полупустынные ландшафты в Республике Крым охватывают Керченский и Тарханкутский полуострова, срединную и северную части полуострова, примыкающие к Перекопскому перешейку и Азовскому

морю. Здесь представлены луговые, типичные, пустынные, петрофитные, псаммофитные и галофитные степи [9]. Перспективный план степных резерватов на Керченском полуострове был разработан И.Ю. Парникозой [10]. Учитывая тенденцию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации в создании объединенных дирекций федеральных и региональных ООПТ, на территории республики целесообразно создать единый Крымско-степной национальный парк кластерного типа, объединяющий заповедник «Опукский», региональный ландшафтный парк «Караларский», а также участки «Осовинская степь», «Чаудинско-Опукская степь», «Степи у озера Тобечик», степное урочище «Артезиан», «Мыс Такиль», а также степные участки Тарханкутского полуострова. В связи с тем, что Крым является важнейшей рекреационно-туристической территорией страны – это должен быть именно национальный парк с выделением достаточно крупной функциональной зоны заповедного режима.

Краснодарский край

По результатам экспедиций РГО в настоящее время рассматриваются в качестве ООПТ участки ковыльных, ковыльно-разнотравных и злаково-разнотравных степей на Таманском полуострове. Общая площадь этих участков составляет около 3800 га. Степи Таманского полуострова С.А. Литвинская [11] относит к особому варианту западно-предкавказских разнотравно-злаковых кустарниковых степей. Второй крупный участок сохранившихся степей в крае расположен на юго-западной оконечности Ставропольской возвышенности. Общая площадь участка, предлагаемого для заповедания (Успенская степь), составляет около 6000 га. Уникальную ценность в Успенской степи представляют ковыльно-эремуровые сообщества, а также самые крупные популяции пиона узколистного, тюльпана Шренка, адониса весеннего.

Ставропольский край

Возможности для создания крупного степного резервата на территории Ставрополя еще ниже, чем в Краснодарском крае. Тем не менее, здесь изучено и выделено множество ботанических памятников природы площадью от 30 до 700 га. С учетом разнообразных ландшафтов горы Стрижамент и ее окрестностей здесь может быть создан национальный парк «Стрижамент» кластерного типа. На северо-востоке Ставрополя в пределах Кумо-Манычской впадины перспективно **создание Приманычского заповедника «Арзгирского»** заказника (заповедника) кластерного типа, охватывающего прибалочные степные урочища с преобладанием полынно-злаковых сообществ, которые сформировались здесь в условиях перевыпаса [12]. В настоящее время в результате снижения пастбищной нагрузки наблюдается восстановление ковыльных степей и степного биоразнообразия.

Республика Дагестан

На территории республики степные ландшафты представлены разнообразными вариациями: высотными поясами горной степи, межгорными степями аридных котловин, сухими степями Восточного Предкавказья, песчаными степями Терско-Кумской низменности и полупустынной Ногайской степью. По

результатам экспедиции Института степи УрО РАН и Русского географического общества в Дагестане ведется проектирование заказника (заповедника) Ногайская степь, включающего в себя уникального урочища Карагайлы-Кум с зарослями можжевельника продолговатого, скумпии кожевенной, джугзуга безлистного и др.

Ростовская область

Этот регион целиком расположен в степной зоне. Еще в начале XX века ставился вопрос о создании степного заповедника на табунных отводах и войсковых сенокосных участках [13]. Еще один проект Донского степного заповедника был подготовлен Г.М. Зозулиным [14]. Ростовский заповедник был создан в 1995 году, но не там, где проектировался. В настоящее время остается все меньше и меньше шансов, что Донской степной заповедник состоится. Остается лишь поддержать предложения создать Донской степной заповедник кластерного типа, разработанный О.Н. Деминой [15].

Воронежская область

Воронежские степи можно считать колыбелью идей создания степных заповедников России. Это, в первую очередь, Каменная степь с первыми опытами В.В. Докучаева по выделению эталонных заповедных степных участков и Хреновская степь одноименного конного завода. В настоящее время можно рассматривать несколько кластеров степной ООПТ [16], которые были посещены Степной экспедицией Института степи УрО РАН и РГО. Но эти участки в ранге областных памятников природы невелики (до 200 га). Имеются возможности их расширения до 900-1200 га. После этого можно ставить вопрос о создании Южно-Воронежского степного заповедника кластерного типа (7-8 участков) общей площадью около 6000 га.

Волгоградская область

Своеобразие региональной сети ООПТ этой области заключается в том, что здесь создано пять степных природных парков площадью от 35 до 231 тысяч га, в составе которых находятся крупные выделы эталонных степей. Для создания степных заповедников федерального уровня имеются на территории природных парков «Донской», «Щербаковский», «Эльтонский», «Цимлянские Пески». На их основе может быть создан государственный заповедник кластерного типа общей площадью более 35 тысяч га.

Саратовская область

Перспективные для создания степного заповедника территории находятся в Заволжской части региона. Именно здесь имеются возможности создания Заволжско-Саратовского степного заповедника, включающего три крупных кластера: Покровская степь на левобережье Волги [17], Иргизская степь – участок «Заволжские степи», выделенный экспедицией Ботанического института РАН [18] и «Приузенская степь» [19], включающая солонцово-пустынно-степные комплексы северо-западной части Прикаспийской низменности.

Оренбургская область

Это единственный из регионов степной зоны, где в 1989 году был создан степной заповедник кластерного

типа, охватывающий все физико-географические провинции от Заволжья до Зауралья, общей площадью пяти участков более 38 тысяч гектаров. Вместе с тем имеется возможность создания новых степных заповедных участков «Общий Сырт», «Гусихинская степь», «Карабутакская степь», «Джабыгинская степь», «Акжарская степь», а также «Донгузская степь», которая находится в ведомственном подчинении.

Республика Башкортостан

В пределах республики в качестве заповедника степных резерватов федерального значения могут рассматриваться горные степи южной части хребта Ирендык и «Таштугайская степь» на междуречье рек Таналык и Урал, которая представляет собой крупный массив полынно-дерновинно-злаковых степей в сочетании с кустарниковыми степями и петрофитными сообществами.

Челябинская область

Для создания степного заповедника в южной части этого региона (кроме филиала Ильменского госзаповедника «Аркаим») можно рассматривать «Ерлыгазскую степь» и «Чекинскую степь». Имеются предложения по созданию степного заповедника кластерного типа с включением уникальных археологических памятников [20].

Курганская область

В пределах этого региона степные ландшафты распространены лишь на крайнем юге. Здесь отсутствуют крупные природные массивы для создания заповедников или национальных парков. Наиболее значительный участок степей сохранился в Курганском заказнике на левобережье реки Тобол. Для организации национального парка кластерного типа, включающего в себя сосновые боры, соленые озера и фрагменты луговых галофитных степей, перспективны участки в окрестностях озера Медвежье, в долине реки Тобол и в низовьях реки Уй.

Омская область

На территории этого региона крупный природный массив типчаково-ковыльных степей в сочетании с солонцово-солончаковыми комплексами, солеными и солончатыми озерами и березово-осиновыми колками образуют т.н. Курумбельскую степь [21] площадью около 75 тысяч гектаров, входившую до реорганизации в федеральный заказник «Степной». Курумбельская степь – одна из самых перспективных территорий на междуречье Иртыша и озера Чаны для создания природного заповедника.

Новосибирская область

От проекта развития географической сети заповедников России ППК РГО 1917 года [2], академического проекта 1957 года [4] и до начала 2000-х годов рассматривалась возможность создания Барабинского заповедника с самым крупным бессточным озером Сибири Чаны. Это озеро не имеет никакого водоохранного и природоохранного статуса. В центре Барабинской лесостепи находится заказник «Кирзинский» – филиал госзаповедника «Саяно-Шушенский». Создание Барабинского заповедника остается актуальной проблемой и в настоящее время. Кроме того, на юге

Новосибирской области имеется возможность создания степного заповедника на базе заказника «Южный».

Алтайский край

На территории края неоднократно поднимался вопрос о создании Кулундинского степного заповедника с акваторией одноименного озера [22]. По итогам экспедиционных исследований Института степи УрО РАН совместно с учеными Алтайского края рассмотрены варианты создания степного заповедника кластерного типа, включающего участки степей в Рубцовском и Угловском районах в комплексе с заказником «Чарышская степь».

Существует несколько сценариев развития сети объектов ландшафтно-экологического каркаса:

- по инициативе региональных или федеральных органов;
- по инициативе отдельных личностей;
- по научно обоснованной методике.

С первых лет формирования географической сети заповедников России члены ППК РГО, среди которых были ученые разных естественно-научных специальностей, предлагали различные подходы к отбору территорий для создания заповедников. Можно вспомнить, что первые заповедники создавались либо для сохранения эталонных степных участков, либо для сохранения водных объектов для воспроизводства осетровых (устье Дона), либо для воспроизводства ценных охотничьих видов, например, соболя (Баргузинский, Саянский заповедники). Идея создания заповедников – научных станций была высказана и впервые реализована В.В. Докучаевым, который писал: «... государству следовало бы заповедать... на юге России большой или меньший участок девственной степи и представить его в исключительное пользование первобытных степных обитателей...» [3, С. 24]. Первые опыты создания степных заповедников принадлежали землевладельцам Ф.Э. Фальц-Фейну, А.Н. Карамзину, С.В. Паниной [16]. В 1920 году был создан минералогический Ильменский заповедник, который впоследствии стал комплексным. Но уже в докладе В.П. Семенова-Тян-Шанского в 1917 году [23] был обозначен путь создания заповедников по ландшафтными зонам и провинциям. Этому способствовали работы по физико-географическому районированию страны. Однако на практике нередко преобладали зоогеографический или ботанико-географический подходы.

В последнее десятилетие в Институте географии РАН перспектива и резервы развития заповедной сети России связывают с сохранением глобального Евразийского массива участков природных ландшафтов (от Фенноскандии до Тихого океана), включающего тундру, бореальные леса, болота [5; 23]. Безусловно, создание новых крупных заповедных территорий в пределах Евразийского природного массива позволит резко повысить долю ООПТ в земельном фонде страны. Эта доля в настоящее время за счет создания и расширения заповедников в Арктике уже превышает 11%. Вместе с тем остаются природные зоны (полупустыня, степь, лесостепь), где доля ООПТ ничтожно мала. Имеются крупные субъекты Российской Федерации, где отсутствуют заповедники и национальные парки (Волгоградская, Омская, Курганская, Тамбовская и другие области). В связи с этим остро стоит задача создания новых ООПТ

кластерного типа, т.е. объединяющих разрозненные участки природных ландшафтов в единую природоохранную структуру [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований и анализа существующих ключевых участков ландшафтно-экологического каркаса напрашивается вывод о необходимости конкретизированных точечных работ по обоснованию и проектированию новых ООПТ или трансформации существующих региональных заказников и природных парков в федеральные заповедники и национальные парки. Особое внимание должно быть уделено не только субъектам Российской Федерации, но и физико-географическим областям в пределах степной и лесостепной зон, в которых отсутствует репрезентативная сеть природных резерватов, отражающих зональные и провинциальные особенности ландшафтов нашей страны. Модернизация ландшафтно-экологического каркаса будет способствовать устойчивому пространственному развитию ее территории и внесет весомый вклад в экологическую безопасность России.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при финансовой поддержке государственной темы ИС УрО РАН № AAAA-A21-121011190016-1 «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем».

ACKNOWLEDGMENT

The article was prepared with the financial support of the state theme of IS UB RAS No. AAAA21-121011190016-1 "Problems of steppe nature management in the conditions of modern challenges: optimization of the interaction of natural and socio-economic systems".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородин И.П. Охрана памятников природы. СПб.: Типогр. Стасюлевича, 1914. 31 с. (Император. Рус. геогр. о-во, Постоян. природоохранит. комис.; N 1).
2. Столетие Постоянной Природоохранительной Комиссии ИРГО. Юбилейная книга-альманах / под науч. ред. Чибилёва, А.А. Тишкова. М.: Русское географическое общество, 2012. 94 с.
3. Чибилёв А.А., Тишков А.А. История заповедной системы России. М.: Русское географическое общество, Постоянная Природоохранительная комиссия, 2018. 67 с.
4. Лавренко Е.М., Гептнер В.Г., Кириков С.В., Формозов А.Н. Перспективный план географической сети заповедников СССР (проект) // Охрана природы и заповедное дело в СССР. 1958. Бюл. N 3. С. 3-92.
5. Чибилёв А.А., Тишков А.А. Развитие заповедной сети Северной Евразии и академическая наука // История заповедной системы России. М.: Русское географическое общество, Постоянная Природоохранительная комиссия, 2018. С. 35-57.
6. Чибилев А.А. Географические принципы и перспективы развития непрерывной экологической сети на юге Европейской России. Т. 1 / Под науч. ред. акад. РАН А.А. Чибилева. Оренбург: ИС УрО РАН, 2018. С. 166-177.
7. Тишков А.А. Охраняемые природные территории и формирование каркаса устойчивости // Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование / Колл. авторов (рук. Н.Ф. Глазовский). М.: Институт географии РАН, 1995. С. 94-107.

8. Соболев Н.А. От природного каркаса к экологическому // Охрана природы. 2003. N 4(22). С. 16-19.
9. Рубцов Н.И. Растительный мир Крыма. Науч.-популяр. очерк. Симферополь: Таврия, 1978. 128 с.
10. Парникоза И.Ю. Степные экосистемы Керченского полуострова требуют срочной охраны // Степной бюллетень. 2011. N 33. С. 10-16.
11. Литвинская С.А. Биогеографическая специфика степей Западного Предкавказья и Северо-Западного Закавказья // Материалы VII Международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Оренбург, 2015. С. 481-484.
12. Федосов В.Н. Предложения по сохранению и восстановлению степных биоценозов на севере Ставропольского края // Материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию заповедника «Дагестанский» «Актуальные проблемы заповедного дела на Северном Кавказе». Махачкала, 2012. С. 168-174.
13. Новопокровский И.В. Краткий отчет о деятельности Новочеркасского отделения Русского ботанического общества по организации на Дону степных заповедников // Журнал Новочеркасского отделения Русского ботанического общества. Новочеркасск, 1919. Т. 1. С. 1-7.
14. Зозулин Г.М. О создании Донского степного государственного заповедника // Ботанический журнал. 1961. Т. 46. N 12. С. 1729-1733.
15. Дёмина О.Н. Донской степной заповедник и восточнопричерноморские степи бассейна Дона. Ростов н/Д: Издат. фирма «Медиа-Полис», 2013. 78 с.
16. Чибилёв А.А. История и современное состояние заповедного дела в России // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. N 3. С. 231-241.
17. Чибилёв А.А., Кин Н.О., Левыкин С.В. Покровская степь – эталон зональных ландшафтов Северного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2003. Т. 9. N 18. С. 40-49.
18. Малышева Г.С., Малаховский П.Д. Степные формации Саратовского Заволжья // Материалы III Международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Оренбург, 2003. С. 319-320.
19. Пичугина Н.В. К вопросу о необходимости создания Приузенского полупустынного заповедника // Материалы III Международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования. Оренбург, 2003. С. 399-402.
20. Зданович Г.Б., Батанина И.М. Аркаим – Страна Городов: пространство и образы. Челябинск, 2007. 260 с.
21. Нефедов А.А. Каким быть заповеднику в Курумбельской степи // Степной бюллетень. 2013. N 39. С. 36-43.
22. Нехорошева Л.В. и др. Ещё раз о необходимости создания природного парка «Кулундинский» (Алтайский край) // Материалы VII Международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Оренбург, 2015. С. 583-587.
23. Соболев Н.А. Экологический каркас России. Индикативная схема / ред. проф. А.А. Тишков. М.: Институт географии, 2015. 16 с.
24. Докучаев В.В. Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом, под руководством профессора Докучаева: Отчет м-ву землед. и гос. имуществ. 1894 г. Типография В. Киршбаума, Санкт-Петербург, 1895. С. 24.

REFERENCES

1. Borodin I.P. *Okhrana pamyatnikov prirody* [Protection of natural monuments]. SPb, Typography of Stasyulevich Publ., 1914, 31 p. (In Russian)
2. Chibilev A.A., Tishkov A.A., eds. *Stoletie Postoyannoi Prirodookhranitel'noi Komissii IRGO. Yubileinaya kniga-al'manakh* [Centenary of the Permanent Environmental Commission of the IRGS. Anniversary almanac book]. Moscow, RGS Publ., 2012, 94 p. (In Russian)
3. Chibilev A.A., Tishkov A.A. *Istoriya zapovednoi sistemy Rossii* [History of the protected system of Russia]. Moscow, RGS, Permanent Environmental Commission Publ., 2018, 67 p. (In Russian)

4. Lavrenko E.M., Geptner V.G., Kirikov S.V., Formozov A.N. Perspective plan of the geographic network of reserves of the USSR (project). *Okhrana prirody i zapovednoe delo v SSSR* [Nature Protection and Reserve Management in the USSR]. 1958, no. 3, pp. 3-92. (In Russian)
5. Chibilev A.A., Tishkov A.A. Development of the protected network of Northern Eurasia and academic science. In: *Istoriya zapovednoi sistemy Rossii* [History of the protected system of Russia]. Moscow, RGS, Permanent Environmental Commission Publ., 2018, pp. 35-57.
6. Chibilev A.A. *Geograficheskie printsipy i perspektivy razvitiya nepreryvnoi ekologicheskoi seti na yuge Evropeiskoi Rossii* [Geographic principles and prospects for the development of a continuous ecological network in the south of European Russia]. Orenburg, IS UB RAS Publ., 2018, vol. 1, pp. 166-177.
7. Tishkov A.A. *Okhranyaemye prirodnye territorii i formirovanie karkasa ustoychivosti* [Protected natural areas and the formation of a sustainability framework]. In: *Otsenka kachestva okruzhayushchei sredy i ekologicheskoe kartografirovaniye* [Environmental quality assessment and ecological mapping]. Moscow, IG RAS Publ., 1995, pp. 94-107. (In Russian)
8. Sobolev N.A. From the natural frame to the ecological one. *Okhrana prirody* [Nature Protection]. 2003, no. 4(22), pp. 16-19. (In Russian)
9. Rubtsov N.I. *Rastitel'nyi mir Kryma* [Flora of Crimea]. Simferopol', Tavriya Publ., 1978, 128 p. (In Russian)
10. Parnikova I.Yu. Steppe ecosystems of the Kerch Peninsula require urgent protection. *Stepnoi byulleten'* [Steppe Bulletin]. 2011, no. 33, pp. 10-16. (In Russian)
11. Litvinskaya S.A. Biogeograficheskaya spetsifika stepei Zapadnogo Predkavkaz'ya i Severo-Zapadnogo Zakavkaz'ya [Biogeographic specificity of the steppes of Western Ciscaucasia and North-Western Transcaucasia]. *Materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma «Stepi Severnoi Evrazii»*, Orenburg, 2015 [Proceedings of the VII International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 2015]. Orenburg, 2015, pp. 481-484. (In Russian)
12. Fedosov V.N. Predlozheniya po sokhraneniuyu i vosstanovleniyu stepnykh biotsenozov na severe Stavropol'skogo kraia [Proposals for the conservation and restoration of steppe biocenoses in the north of the Stavropol Territory]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 25-letiyu zapovednika «Dagestanskii» «Aktual'nye problemy zapovednogo dela na Severnom Kavkaze»*, Makhachkala, 2012 [Proceedings of the scientific-practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Dagestansky reserve "Actual problems of conservation in the North Caucasus", Makhachkala, 2012]. Makhachkala, 2012, pp. 168-174. (In Russian)
13. Novopokrovskii I.V. Brief report on the activities of the Novocherkassk branch of the Russian Botanical Society in organizing steppe reserves on the Don. *Zhurnal Novocherkasskogo otdeleniya Russkogo botanicheskogo obshchestva* [Journal of the Novocherkassk Branch of the Russian Botanical Society]. Novocherkassk, 1919, vol. 1, pp. 1-7. (In Russian)
14. Zozulin G.M. On the creation of the Donskoy Steppe State Reserve. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 1961, vol. 46, no. 12, pp. 1729-1733. (In Russian)
15. Demina O.N. *Donskoi stepnoi zapovednik i vostochnoprichernomorskii stepi basseina Dona* [Donskoy steppe reserve and the Eastern Black Sea steppes of the Don basin]. Rostov n/D, «Media-Polis» Publ., 2013, 78 p. (In Russian)
16. Chibilev A.A. History and current state of nature conservation in Russia. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 2017, vol. 87, no. 3, pp. 231-241. (In Russian)
17. Chibilev A.A., Kin N.O., Levykin S.V. Pokrovskaya steppe is the standard of zonal landscapes of the Northern Caspian Sea. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems]. 2003, vol. 9, no. 18, pp. 40-49. (In Russian)
18. Malysheva G.S., Malakhovskii P.D. Stepnye formatsii Saratovskogo Zavolzh'ya [Steppe formations of the Saratov Trans-Volga]. *Materialy III Mezhdunarodnogo simpoziuma «Stepi Severnoi Evrazii»*, Orenburg, 2003 [Proceedings of the III International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 2003]. Orenburg, 2003, pp. 319-320. (In Russian)
19. Pichugina N.V. K voprosu o neobkhodimosti sozdaniya Priuzenskogo polupustynnogo zapovednika [On the issue of the need to create the Priuzensky semi-desert reserve]. *Materialy III Mezhdunarodnogo simpoziuma «Stepi Severnoi Evrazii. Etalonnnye stepnye landshafty: problemy okhrany, ekologicheskoi restavratsii i ispol'zovaniya»*, Orenburg, 2003 [Proceedings of the III International Symposium "Steppes of Northern Eurasia. Reference Steppe Landscapes: Problems of Protection, Ecological Restoration and Use", Orenburg, 2003]. Orenburg, 2003, pp. 399-402.
20. Zdanovich G.B., Batanina I.M. *Arkaim – Strana Gorodov: prostranstvo i obrazy* [Arkaim – Country of Cities: space and images]. Chelyabinsk, 2007, 260 p. (In Russian)
21. Nefedov A.A. How to be a nature reserve in the Kurumbel steppe. *Stepnoi byulleten'* [Steppe Bulletin]. 2013, no. 39, pp. 36-43. (In Russian)
22. Nekhorosheva L.V. et al. Eshche raz o neobkhodimosti sozdaniya prirodnogo parka «Kulundinskii» (Altayskii krai) [Once again about the need to create a natural park "Kulundinsky" (Altai Territory)]. *Materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma «Stepi Severnoi Evrazii»*, Orenburg, 2015 [Proceedings of the VII International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 2015]. Orenburg, 2015, pp. 583-587. (In Russian)
23. Sobolev N.A. *Ekologicheskii karkas Rossii. Indikativnaya skhema* [Ecological frame of Russia. Indicative scheme]. Moscow, Institute of Geography Publ., 2015, 16 p. (In Russian)
24. Dokuchaev V.V. *Trudy ekspeditsii, snaryazhennoi Lesnym departamentom, pod rukovodstvom professora Dokuchaeva* [Proceedings of the expedition equipped by the Forestry Department, led by Professor Dokuchaev]. Sankt-Peterburg, V. Kirshbaum Publ., 1895, 24 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр А. Чибилев собрал материал, анализировал и интерпретировал результаты исследований, подготовил рукопись. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата и самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander A. Chibilev collected the data, conducted analysis and interpretation and drafted the manuscript. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Александр А. Чибилев / Alexander A. Chibilev <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Оригинальная статья / Original article
УДК 577.112, 581.14
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-122-129

Влияние коротких пептидов на рост и урожайность сои

Татьяна А. Асеева¹, Владимир Х. Хавинсон^{2,3}, Екатерина С. Миронова²,
Галина А. Рыжак², Наталья А. Селезнева¹, Тамара Н. Федорова¹

¹ФГБУН ХВИЦ ДВО РАН «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Хабаровск, Россия

²АННО ВО НИЦ «Санкт-Петербургский институт биорегуляции и геронтологии», Санкт-Петербург, Россия

³ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

Контактное лицо

Татьяна А. Асеева, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, ВРИО
директора, ФГБУН ХВИЦ ДВО РАН
«Дальневосточный научно-исследовательский
институт сельского хозяйства»; 680521 Россия,
г. Хабаровск, с. Восточное, ул. Клубная, 13.
Тел. +79241065299
Email aseeva59@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

Формат цитирования

Асеева Т.А., Хавинсон В.Х., Миронова Е.С.,
Рыжак Г.А., Селезнева Н.А., Федорова Т.Н.
Влияние коротких пептидов на рост и
урожайность сои // Юг России: экология,
развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 122-129. DOI:
10.18470/1992-1098-2022-2-122-129

Получена 28 ноября 2020 г.
Прошла рецензирование 25 октября 2021 г.
Принята 28 февраля 2022 г.

Резюме

Цель. Изучение влияния коротких ди- и тетрапептидов (AB-0, AE-0) на рост, развитие и урожайность сои сорта Батя.

Материалы и методы. Биологически активные дипептид AB-0 и тетрапептид AE-0. Полевые исследования проводились на лугово-бухрой оподзоленно-глеевой тяжелосуглинистой почве. За месяц до посадки семена сои были обработаны дипептидом/тетрапептидом разной концентрации 0,01 г/л или 0,001 г/л. Проведено кустарно-ручное и производственные исследования.

Результаты. Применение дипептида AB-0 в кустарно-ручном исследовании оказало положительное влияние на ростовые процессы сои сорта Батя по сравнению с контролем. Применение тетрапептида AE-0 в кустарно-ручном исследовании увеличило массу растений на 7,3-67,0 г, высоту растений на 3,0-9,0 см по сравнению с контролем. Применение дипептида AB-0 и тетрапептида AE-0 повысило урожайность сои максимально на 81,2-83,7% по сравнению с контролем. Применение пептидов AB-0 и AE-0 в производственном опыте способствовало повышению урожая на 30,5% и 18,4% соответственно по сравнению с контролем.

Заключение. Изученные короткие пептиды AB-0 и AE-0 оказали влияние на рост, развитие и урожайность сои сорта Батя. Их можно отнести к регуляторам роста растений.

Ключевые слова

Короткие пептиды, рост, урожайность, соя, регулятор роста.

The effect of short peptides on the growth and yield of soybeans

Tatyana A. Aseeva¹, Vladimir Kh. Khavinson^{2,3}, Ekaterina S. Mironova²,
Galina A. Ryzhak², Natalya A. Selezneva¹ and Tamara N. Fedorova¹

¹Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk Federal Research Centre, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Russia

²St Petersburg Institute of Bioregulation and Gerontology, St. Petersburg, Russia

³Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Principal contact

Tatyana A. Aseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Acting Director, Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk Federal Research Centre, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences; 13 Klubnaya St, Vostochnoe, Khabarovskiy region, Russia 680521.

Tel. +79241065299

Email aseeva59@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>

How to cite this article

Aseeva T.A., Khavinson V.Kh., Mironova E.S., Ryzhak G.A., Selezneva N.A., Fedorova T.N. The effect of short peptides on the growth and yield of soybeans. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 122-129. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-122-129

Received 28 November 2020

Revised 25 October 2021

Accepted 28 February 2022

Abstract

Aim. Study of the effect of short di- and tetrapeptides (AB-0, AE-0) on the growth, development and productivity of Batya soybean varieties.

Material and Methods. Biologically active dipeptide AB-0 and tetrapeptide AE-0 were used. Field studies were carried out on meadow-brown podzolized gley heavy loamy soil. One month before planting, soybean seeds were treated with dipeptide/tetrapeptide of concentrations of 0.01 g/l or 0.001 g/l. Hand-tended and industrial-level research was carried out.

Results. The use of dipeptide AB-0 in a hand-tended study had a positive effect on the growth processes of soybeans of the Batya variety compared to the control. The use of tetrapeptide AE-0 in a hand-tended study increased the weight of plants by 7.3-67.0 g and plant height by 3.0-9.0 cm compared to the control. The use of dipeptide AB-0 and tetrapeptide AE-0 increased the yield of soybeans by a maximum of 81.2-83.7% compared to the control. The use of peptides AB-0 and AE-0 in an industrial-level experiment increased the yield by 30.5% and 18.4%, respectively, compared with the control.

Conclusion. The short peptides AB-0 and AE-0 studied had an impact on the growth, development and productivity of Batya soybean varieties. They can be classified as plant growth regulators.

Key Words

Short peptides, growth, yield, soy, growth regulator.

ВВЕДЕНИЕ

С целью создания благоприятных условий для роста и развития растений с учетом их биологических особенностей и применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям необходимо произвести подбор наилучшего сочетания удобрений и биологически активных препаратов [1-3]. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур достигается при помощи предпосевной обработки семян регуляторами роста с совместным применением микроудобрений по вегетирующим растениям [4; 5].

В последнее время повышенное внимание уделяется растворенному органическому азоту, свободным аминокислотам и пептидам, и оценки их вклада в поглощение питательных веществ растениями различных экосистем [6]. Исследования [7; 8] показали, что, несмотря на низкие концентрации аминокислот и пептидов в почвенном растворе, они способствуют накоплению азота, образуют комплексы с катионами металлов и влияют на их биодоступность растениям [9]. Азот является основным элементом необходимым для роста корневой системы растений. Изменения в корневой системе особенно заметны, когда наблюдается несбалансированность питательных веществ в почве. В почвах с высоким содержанием нитратных или аммонийных форм азота, боковые корни активно развиваются, но при дефиците азота происходит снижение роста боковых корней. Чтобы изменить свойства корней в ответ на изменение доступности азота, растения используют различные типы сигнальных молекул, включая гормоны и малые РНК [10]. У бобовых CLE пептиды вмешиваются в эндосимбиотические отношения между клубеньковыми бактериями и растением-хозяином, они регулируют образование клубеньков [11]. Рост и развитие растений контролируются известными фитогормонами, такими как ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен и другие. Оказалось, что физиологическое действие этих регуляторов роста растений может потенцироваться пептидами [12; 13]. Биологически активные дипептид АВ-0 и тетрапептид АЕ-0 оказывали существенное влияние на рост, развитие и дифференцировку каллусной культуры растений табака *Nicotiana tabacum*. Ди- и тетрапептид способствовали увеличению роста каллусной массы, стимулировал формирование и рост листьев у регенерантов. Кроме того, пептиды АВ-0 и АЕ-0 модулировали экспрессию генов семейства CLE, кодирующих эндогенные регуляторные пептиды, ответственные за пролиферацию и функциональную активность растительных клеток; генов семейства KNOX (гены факторов транскрипции) и GRF (гены – регуляторы факторов роста, кодирующие соответствующие ДНК-связывающие белки, такие как топоизомеразы, нуклеазы и другие) [14; 15].

С помощью тушения флуоресценции выявлено, что тетрапептид АЕ-0 связывается с FITC-мечеными гистонами пшеницы H1, H2b, H3 и H4. Предполагается, что сайт-специфические взаимодействия коротких пептидов с гистонами в хроматине могут служить контрольным эпигенетическим механизмом регуляции активности генов и синтеза белков, ответственных за рост, пролиферацию и дифференцировку клеток растений [16; 17].

Регуляторная эпигенетическая активность коротких пептидов проявляется при низких

концентрациях [18]. Активность пептидов в растительной клетке аналогично действию гормонов и носит сигнальный характер. Таким образом, применение коротких пептидов в качестве дополнительных веществ для реализации генетически опосредованного потенциала роста сельскохозяйственной культуры имеет важное научно-практическое значение.

Исходя из вышеизложенного, целью исследования явилось изучение влияния коротких ди- и тетрапептидов (АВ-0, АЕ-0) на рост, развитие, урожайность и качество урожая сои сорта Батя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования проводились на лугово-бурой оподзоленно-глеевой тяжелосуглинистой почве по «Методике полевого опыта» [19]. Было проведено кустарно-ручное и производственные исследования. Статистическую обработку полученных данных проводили дисперсионным, регрессионным, корреляционным методами статистического анализа.

1. Схема кустарно-ручного эксперимента:

1. Контрольная группа – без обработки пептидами.

2. Обработка семян протравителем перед посадкой – фон.

3. Фон + обработка семян за 1 месяц – 4 подгруппы: дипептид АВ-0 или тетрапептид АЕ-0 в концентрации 0,01 г/л или 0,001 г/л.

4. Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка посевов в фазу 1-й тройчатый лист – 4 подгруппы: дипептид АВ-0 или тетрапептид АЕ-0 в концентрации 0,01 г/л или 0,001 г/л.

5. Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка посевов в фазу 1-й тройчатый лист + обработка посевов в фазу бутонизация – 4 подгруппы: дипептид АВ-0 или тетрапептид АЕ-0 в концентрации 0,01 г/л или 0,001 г/л.

Пептиды растворяли в 1 л воды и инкубировали с семенами в течение 2-3 минут при температуре воздуха 22-23°C.

Площадь делянки 1 м², в 4-х повторностях.

Норма высева 450 тыс./га, на 1 м² – 50 всхожих семян. Высев сои производится вручную.

За месяц до посадки – семена сои были обработаны дипептидом/тетрапептидом разной концентрации 0,01 г/л или 0,001 г/л. В день посадки семена были обработаны протравителем. Первые всходы появились 27.05.19. Массовые всходы – 05.06.19. Первая обработка сои препаратом 21.06.19 в фазу 1-го тройчатого листа. Вторая обработка сои в фазу бутонизации 07.07.19. Полное созревание 28.09.19 и уборка 7.10.19.

Подготовка почвы включала вспашку зяби, весеннее предпосевное дискование, боронование и внесение фоном удобрения азофоска 200 кг/га. Посев проведен 13.05.19 вручную с шириной междурядий 70 см. Уход за посевами включал две механические обработки междурядий культиватором и внесение гербицидов (Фабиан, ВДГ – 100 г/га; Квиксепт, МКЭ – 0,8 л/га).

2. Схема производственного эксперимента:

1. Контроль – без обработки пептидами.

2. Обработка дипептидом АВ-0 в концентрации 0,01 г/л.

3. Обработка тетрапептидом АЕ-0 в концентрации 0,01 г/л.

Семена перед посадкой обработали ди- и тетрапептидом в концентрации 0,01 г/л и протравителем. Семена разложили по маркированным мешкам. Посев производили на площади 10 га для каждого варианта.

Посев был произведен 19.06.19. Уход за посевами включал две механические обработки междурядий культиватором и внесение гербицидов (Фабиан, ВДГ – 100 г/га + Миура, КЭ – 0,6 л/га; Гейзер, ККР – 3 л/га + Купаж, ВДГ – 6 г/га). Уборка урожая производственных опытов произведена 08.10.19.

В опыте проводились фенологические наблюдения, наблюдения за изменением пищевого режима и агрохимических свойств почвы.

С этой целью отбирались почвенные образцы перед высевом сои и в основную фазу роста и развития растений пахотного горизонта во всех вариантах двух несмежных повторностей с дальнейшим определением в них pH сол., pH вод., гидролитической кислотности (Нг), P_2O_5 , K_2O , $N-NO_3$, и $N-NH_4$ общепринятыми методами.

Учет урожая провели вручную, статистическую обработку урожайных данных провели по Б.А. Доспехову [19].

В течение вегетационного периода было зарегистрировано неравномерное распределение осадков и неустойчивый температурный режим, тем не менее, условия для роста и развития растений были удовлетворительные. Часто выпадающие осадки сдерживали проведение обработок посевов гербицидами, подкормок минеральными удобрениями и листовыми препаратами. Условия для уборки были сложными из-за сильного переувлажнения почвы.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Кустарно-ручной эксперимент

В сложных гидротермических условиях прорастание сои было медленным и количество растений на делянках было неодинаковым (рис. 1, 2).



Рисунок 1. Всходы 05.06.2019

Figure 1. Seedlings 05.06.2019



Рисунок 2. Первый тройчатый лист 24.06.2019

Figure 2. First triple leaves 06.24.2019

Применение дипептида АВ-0 оказало положительное влияние на ростовые процессы сои, что в общей совокупности обеспечило максимальное увеличение высоты посевов в фазу цветения на 2-4 см, а в фазу плодообразования – на 1-12 см по сравнению с контролем (рис. 3).

Применение тетрапептида АЕ-0 обеспечило максимальное увеличение высоты посевов в фазу цветения на 1-4 см, а в фазу плодообразования – на 2-10 см по сравнению с контролем.



Рисунок 3. Фаза бутонизации 09.07.2019

Figure 3. Budding phase 09.07.2019

Применение дипептида АВ-0 увеличило массу растений на 9,6-35,9 г, высоту растений на 2,0-7,0 см по сравнению с контролем. Применение тетрапептида АЕ-0 увеличило массу растений на 7,3-67,0 г, высоту растений – на 3,0-9,0 см по сравнению с контролем.

Применение дипептида АВ-0 повысило урожайность сои на 59,2-81,2% по сравнению с контролем (табл. 1).

Применение тетрапептида АЕ-0 повысило урожайность сои на 62,9-83,7% по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 1. Влияние дипептида АВ-0 на урожайность сои

Table 1. Influence of AB-0 dipeptide on soybean yield

Группа / Group	Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	Урожайность, ц/га Productivity, centner per hectare	Прибавка урожая Increase in yield	
			ц/га c/ha	%
Контроль / Control	180	20,2	-	-
Фон / Seed pool	190	28,7	8,5	42,1
Фон + обработка семян за 1 месяц (0,01 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month (0.01 g/l)	200	32,2	12,0	59,2*
Фон + обработка семян за 1 месяц (0,001 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month (0.001 g/l)	180	30,3	10,1	50,0
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист (0,01 г/л) Seed pool+seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf (0.01 g/l)	190	33,4	13,2	65,3
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист (0,001 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf (0.001 g/l)	200	32,8	12,6	62,4*
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист + обработка в фазу бутонизация (0,01 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf + treatment in the budding phase (0.01 g/l)	190	36,6	16,4	81,2*
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист + обработка в фазу бутонизация (0,001 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf + treatment in the budding phase (0.001 g/l)	180	34,7	14,5	71,8
НСР _{0,5} / LSD			11,9	

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с показателем в контроле

Note: * $p < 0.05$ in comparison with the indicator in the control

Таблица 2. Влияние тетрапептида АЕ-0 на урожайность сои

Table 2. Influence of AE-0 tetrapeptide on soybean yield

Группа / Group	Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	Урожайность, ц/га Productivity, center per hectare	Прибавка урожая Increase in yield	
			ц/га c/ha	%
Контроль / Control	180	20,2	-	-
Фон / Seed pool	190	28,7	8,5	42,1
Фон + обработка семян за 1 месяц (0,01 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month (0.01 g/l)	200	32,9	12,7	62,9*
Фон + обработка семян за 1 месяц (0,001 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month (0.001 g/l)	200	31,5	11,3	55,9
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист (0,01 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf (0.01 g/l)	190	33,6	13,4	66,3
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист (0,001 г/л) Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf (0.001 g/l)	200	33,1	12,9	63,9*

Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист + обработка в фазу бутонизация (0,01 г/л)	200	37,1	16,9	83,7*
Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf + treatment in the budding phase (0.01 g/l)				
Фон + обработка семян за 1 месяц + обработка в фазу 1-й тройчатый лист + обработка в фазу бутонизация (0,001 г/л)	190	35,7	15,5	76,7*
Seed pool + seed treatment for 1 month + treatment in the phase of 1st triple leaf + treatment in the budding phase (0.001 g/l)				
НСР_{0,5} / LSD			8,7	

Примечание: * $p < 0,05$ по сравнению с показателем в контроле
 Note: * $p < 0.05$ in comparison with the indicator in the control

2. Производственный эксперимент

Применение пептидов АВ-0 и АЕ-0 в производственном опыте способствовало повышению количества бобов на 68,8% и 87,5% соответственно по сравнению с контролем (табл. 3).

Применение пептидов АВ-0 и АЕ-0 в производственном опыте способствовало повышению урожая на 30,5% и 18,4% соответственно по сравнению с контролем (табл. 4).

Таблица 3. Влияние пептидов на развитие растений сои

Table 3. Influence of peptides on development of soybean plants

Группа / Group	Масса 10 стеблей, г Weight of 10 stems, g	Высота растения, см Plant height, cm	Количество междоузлий, шт Number of internodes, pcs	Количество бобов, шт Number of beans, pcs
Контроль / Control	182,4	70	9	16
Обработка дипептидом АВ-0 Treatment with AB-0 dipeptide	146,7	62	8	27
Обработка тетрапептидом АЕ-0 Treatment with tetrapeptide AE-0	194,5	66	9	30

Таблица 4. Влияние пептидов на урожайность сои

Table 4. Influence of peptides on soybean yield

Группа / Group	Масса 1000 семян, г Weight of 1000 seeds, g	Урожайность, ц/га Productivity, center per hectare	Прибавка урожая Increase in yield	
			ц/га c/ha	%
Контроль / Control	191,2	16,1	-	-
Обработка дипептидом АВ-0 Treatment with AB-0 dipeptide	196,7	21,0	4,9	30,5
Обработка тетрапептидом АЕ-0 Treatment with tetrapeptide AE-0	192,8	19,0	3,0	18,4
НСР_{0,5} / LSD		4,4		

Таким образом, дипептид АВ-0 и тетрапептид АЕ-0 в концентрациях 0,01г/л и 0,001г/л обладают способностью стимулировать рост и развитие растений сои, а также повышать ее урожайность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка семян короткими пептидами АВ-0 и АЕ-0 по рекомендуемым схемам оказало положительное влияние на развитие и урожайность сои сорта Батя, несмотря на неравномерное распределение осадков и неустойчивый температурный режим. Так, в кустарно-ручном опыте применение дипептида АВ-0 повысило урожайность сои на 59,2-81,2%, а применение тетрапептида АЕ-0 – на 62,9-83,7% по сравнению с контролем. Применение коротких пептидов АВ-0 и АЕ-0 в производственном опыте способствовало повышению

количества бобов на 68,8% и 87,5%, а также повышению урожая на 30,5% и 18,4% соответственно по сравнению с контролем.

Изученные короткие пептиды АВ-0 и АЕ-0 можно отнести к регуляторам роста растений нового поколения. Пептиды возможно применить в экспериментальной ботанике, молекулярной биологии растений, биотехнологии и в практическом растениеводстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Персикова Т.Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном внесении удобрений. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. 204 с.

2. Асеева Т.А. Оценка агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. 2008. N 3. С. 109-113.
3. Синеговский М.О. Перспективы производства сои в дальневосточном федеральном округе // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. N 1. С. 13-16. DOI: 10.30850/vrsn/2020/1/13-16
4. Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск, РАСХН, ДВ НМЦ, Примор. НИИСХ, 2001. 363 с.
5. Драчев М.К., Воронцов В.А., Бабич Н.Н., Джабраилов А.А. Соя на Северо-Востоке центрального Черноземья // Зерновое хозяйство России. 2013. N 5. С. 21-24.
6. Cao X.C., Chen X.Y., Li X.Y., Yuan L., Wu L.H., Zhu Y.H. Rice uptake of soil adsorbed amino acids under sterilized environment // Soil Biol Biochem. 2013. V. 62. P. 13-21. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.02.018
7. Sauheitt L., Glaser B., Weigelt A. Uptake of intact amino acids by plants depends on soil amino acid concentrations // Environ Exp Bot. 2009. V. 66. Iss. 2. P. 145-152. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.03.009
8. Liu H.J., Zhong X., Huang Y., Qiao C.C., Shao C., Li R., Shen Q.R. Production of free amino acid and short peptide fertilizer from rapeseed meal fermentation using *Bacillus flexus* NJNPD41 for promoting plant growth // Pedosphere. 2018. V. 28. Iss. 2. P. 261-268. DOI: 10.1016/S1002-0160(18)60012-8
9. Dalir N., Khoshgoftarmansh A.H. Symplastic and apoplastic uptake and root to shoot translocation of nickel in wheat as affected by exogenous amino acids // J Plant Physiol. 2014. V. 171. Iss. 7. P. 531-536. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.12.011
10. Araya T., Miyamoto M., Wibowo J., Suzuki A., Kojima S., Tsuchiya Y.N., Sawa S., Fukuda H., Von Wiren N., Takahashi H. CLE-CLAVATA1 peptide-receptor signaling module regulates the expansion of plant root systems in a nitrogen-dependent manner // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2014. V. 111. N 5. P. 2029-2034. DOI: 10.1073/pnas.1319953111
11. Djordjevic M.A., Mohd-Radzman N.A., Imin N. Small-peptide signals that control root nodule number, development, and symbiosis // Journal of Experimental Botany. 2015. V. 66. Iss. 17. P. 5171-5181. DOI: 10.1093/jxb/erv357
12. Wang G., Zhang G., Wu M. CLE peptide signaling and crosstalk with phytohormones and environmental stimuli // Front Plant Sci. 2016. V. 6. P. 1211. DOI: 10.3389/fpls.2015.01211
13. Ванюшин Б.Ф., Ашапкин В.В., Александровская Н.И. Регуляторные пептиды у растений // Биохимия. 2017. Т. 82. N 2. С. 189-195.
14. Федореева Л.И., Диловарова Т.А., Ашапкин В.В., Мартиросян Ю.Ц., Хавинсон В.Х., Харченко П.Н., Ванюшин Б.Ф. Короткие экзогенные пептиды регулируют экспрессию генов семейств CLE, KNOX1 и GRF у *Nicotiana tabacum* // Биохимия. 2017. Т. 82. Вып. 4. С. 700-709.
15. Хавинсон В.Х. Пептиды, геном, старение. М.: РАН. 2020. 58 с.
16. Федореева Л.И., Смирнова Т.А., Коломийцева Г.Я., Хавинсон В.Х., Ванюшин Б.Ф. Взаимодействие коротких пептидов с FITC-мечеными гистонами пшеницы и их комплексами с дезоксирибополионуклеотидами // Биохимия. 2013. Т. 78. Вып. 2. С. 230-242.
17. Хавинсон В.Х., Линькова Н.С., Тарновская С.И. Короткие пептиды регулируют экспрессию генов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2016. Т. 162. N 8. С. 259-264.
18. Vanyushin B.F., Khavinson V.Kh. Short Biologically Active Peptides as Epigenetic Modulators of Gene Activity // Epigenetics – A Different Way of Looking at Genetics. W. Doerfler, P. Böhm (eds.). Springer International Publishing Switzerland. 2016. P. 69-90.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

REFERENCES

1. Persikova T.F. *Produktivnost' bobovykh kul'tur pri lokal'nom vnesenii udobrenii* [Productivity of leguminous crops with local fertilization]. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy Publ., 2002, 204 p. (In Belarus)
2. Aseeva T.A. Assessment of agroclimatic resources of the Middle Amur region and their impact on the productivity of agricultural crops. Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasGAU]. 2008, no. 3, pp. 109-113. (In Russian)
3. Sinegovskiy M.O. Perspectives of soybean production in the far east federal district. Vestnik of the Russian agricultural science, 2020, no. 1, pp. 13-16. (In Russian)
4. Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Primorskogo kraya [The system of conducting agro-industrial production in Primorsky Krai]. Novosibirsk, RAAS Publ., 2001, 363 p. (In Russian)
5. Drachev M.K., Vorontsov V.A., Babich N.N., Dzhabrailov A.A. Soybeans in the North-East of the Central Black Earth Region. Zernovoe khozyaistvo Rossii [Grain Economy of Russian]. 2013, no. 5, pp. 21-24. (In Russian)
6. Cao X.C., Chen X.Y., Li X.Y., Yuan L., Wu L.H., Zhu Y.H. Rice uptake of soil adsorbed amino acids under sterilized environment. Soil Biol Biochem, 2013, vol. 62, pp. 13-21. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.02.018
7. Sauheitt L., Glaser B., Weigelt A. Uptake of intact amino acids by plants depends on soil amino acid concentrations. Environ Exp Bot., 2009, vol. 66, iss. 2, pp. 145-152. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.03.009
8. Liu H.J., Zhong X., Huang Y., Qiao C.C., Shao C., Li R., Shen Q.R. Production of free amino acid and short peptide fertilizer from rapeseed meal fermentation using *Bacillus flexus* NJNPD41 for promoting plant growth. Pedosphere, 2018, vol. 28, iss. 2, pp. 261-268. DOI: 10.1016/S1002-0160(18)60012-8
9. Dalir N., Khoshgoftarmansh A.H. Symplastic and apoplastic uptake and root to shoot translocation of nickel in wheat as affected by exogenous amino acids. J Plant Physiol., 2014, vol. 171, iss. 7, pp. 531-536. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.12.011
10. Araya T., Miyamoto M., Wibowo J., Suzuki A., Kojima S., Tsuchiya Y.N., Sawa S., Fukuda H., Von Wiren N., Takahashi H. CLE-CLAVATA1 peptide-receptor signaling module regulates the expansion of plant root systems in a nitrogen-dependent manner. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2014, vol. 111, no. 5, pp. 2029-2034. DOI: 10.1073/pnas.1319953111
11. Djordjevic M.A., Mohd-Radzman N.A., Imin N. Small-peptide signals that control root nodule number, development, and symbiosis. Journal of Experimental Botany, 2015, vol. 66, iss. 17, pp. 5171-5181. DOI: 10.1093/jxb/erv357
12. Wang G., Zhang G., Wu M. CLE peptide signaling and crosstalk with phytohormones and environmental stimuli. Front Plant Sci., 2016, vol. 6, pp. 1211. DOI: 10.3389/fpls.2015.01211
13. Vanyushin B.F., Ashapkin V.V., Aleksandrushkina N.I. Regulatory peptides in plants. Biokhimiya [Biochemistry]. 2017, vol. 82, no. 2, pp. 189-195. (In Russian)
14. Fedoreyeva L.I., Diloarova T.A., Ashapkin V.V., Martirosyan Yu.Ts., Khavinson V.Kh., Kharchenko P.N., Vanyushin B.F. Short exogenous peptides regulate the expression of genes of the CLE, KNOX1 and GRF families in *Nicotiana tabacum*. Biokhimiya [Biochemistry]. 2017, vol. 82, no. 4, pp. 700-709. (In Russian)
15. Khavinson V.Kh. Peptidy, genom, starenie [Peptides, genome, aging]. Moscow, RAS Publ., 2020, 58 p. (In Russian)

16. Fedoreyeva L.I., Smirnova T.A., Kolomijtseva G.Ya., Khavinson V.Kh., Vanyushin B.F. Interaction of short peptides with FITC-labeled wheat histones and their complexes with deoxyribonucleotides. *Biokhimiya* [Biochemistry]. 2013, vol. 78, no. 2, pp. 230-242. (In Russian)
17. Khavinson V.Kh., Lin'kova N.S., Tarnovskaya S.I. Short peptides regulate gene expression. *Byulleten' ehksperimental'noi biologii i meditsiny* [Byulleten' eksperimental'noj biologii i meditsiny]. 2016, no. 8, pp. 259-264. (In Russian)
18. Vanyushin B.F., Khavinson V.Kh. Short Biologically Active Peptides as Epigenetic Modulators of Gene Activity. *Epigenetics – A Different Way of Looking at Genetics*. W. Doerfler, P. Böhm (eds.). Springer International Publishing Switzerland, 2016, pp. 69-90.
19. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна А. Асеева участвовала в написании рукописи, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Владимир Х. Хавинсон участвовал в написании рукописи, провел консультативную работу. Екатерина С. Миронова, Галина А. Рыжак провели статистическую обработку данных. Наталья А. Селезнева, Тамара Н. Федорова проводили полевые исследования, сбор образцов, анализ данных. 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

Tatyana A. Aseeva participated in the preparation of the manuscript and corrected the manuscript prior to submission to the Editor. Vladimir Kh. Khavinson participated in the preparation of the manuscript and undertook advisory work. Ekaterina S. Mironova, Galina A. Ryzhak, undertook statistical data processing. Natalya A. Selezneva, Tamara N. Fedorova undertook field research, sample collection and data analysis. 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

Татьяна А. Асеева / Tatyana A. Aseeva <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>
 Владимир Х. Хавинсон / Vladimir Kh. Khavinson <https://orcid.org/0000-0001-7547-7725>
 Екатерина С. Миронова / Ekaterina S. Mironova <https://orcid.org/0000-0001-8134-5104>
 Галина А. Рыжак / Galina A. Ryzhak <https://orcid.org/0000-0003-2536-1438>
 Наталья А. Селезнева / Natalya A. Selezneva <https://orcid.org/0000-0002-6331-4045>
 Тамара Н. Федорова / Tamara N. Fedorova <https://orcid.org/0000-0001-7265-4714>

Обзорная статья / Review article

УДК 575.1-599

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-130-139

Выявление гомозиготных участков (ROH) и их роль в этиопатогенезе комплексных заболеваний

Джамиля К. Омарова^{1,5}, Айна А. Адиева^{1,4}, Казима Б. Булаева², Надира О. Гусейнова³, Ирина В. Амирханова¹, Света А. Джамалова⁴

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

²Международная научная корпорация «ENIGMA», Лос-Анджелес, Университет Южной Калифорнии, США

³ФГБУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия

⁴ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», Махачкала, Россия

⁵Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

Контактное лицо

Айна А. Адиева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии животных ПИБР ДФИЦ 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

Омарова Д.К., Адиева А.А., Булаева К.Б., Гусейнова Н.О., Амирханова И.В., Джамалова С.А. Выявление гомозиготных участков (ROH) и их роль в этиопатогенезе комплексных заболеваний // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 130-139. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-130-139

Получена 19 января 2022 г.

Прошла рецензирование 22 марта 2022 г.

Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. Провести сравнительный анализ основных направлений генетических исследований комплексных (хронических) нейropsychических заболеваний человека и определить перспективы их геномных исследований.

Обсуждение. Комплексные заболевания составляют более 90% общей патологии человека и являются основной причиной преждевременной смертности и инвалидности. Одними из самых актуальных и тяжелых, как для самих больных, так и для общества комплексными заболеваниями являются эндогенные психические болезни, в частности – шизофрения, умственная отсталость и расстройства аутистического спектра. Несмотря на то, что генетические и эпидемиологические исследования показывают высокие проценты наследуемости (до 70-80%), идентификация генов предрасположенности остается сложной задачей. Исследования последних десятилетий способствовали пониманию генетических механизмов патогенеза таких заболеваний, значительно продвинули наше понимание с точки зрения идентификации локусов риска, возможных механизмов передачи генетического риска, участия в патогенезе таких заболеваний не одного, а большого количества генов, обеспечивающих множество вариантов экспрессии генов. Вместе с тем, картирование генов, контролирующих такие клинические фенотипы и мутации в них, обуславливающие патогенез, во многом остается еще неизвестной.

Заключение. Обнаружение одних и тех же изменений в генах при нейropsychических комплексных заболеваниях наводит на мысль, что вовлеченные гены сходятся в биохимических путях и могут быть вызваны сложным взаимодействием факторов генетической и средовой природы характеризующихся генетической гетерогенностью, зачастую сочетающейся с клинической гетерогенностью, неполной пенетрантностью и фенотипами. Это имеет большое значение для разработки генной терапии с выявлением лекарственных мишеней для лечения этих расстройств.

Ключевые слова

Комплексные заболевания, шизофрения, однонуклеотидные полиморфизмы, полногеномные последовательности, изолированные популяции.

The role of ROH in the etiopathogenesis of complex diseases

Dzhamilya K. Omarova^{1,5}, Aina A. Adieva^{1,4}, Kazima B. Bulaeva², Nadira O. Guseynova³,
Irina V. Amirkhanova¹ and Svetlana A. Dzhamalova⁴

¹Precaspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²ENIGMA International Scientific Corporation, Los Angeles, University of Southern California, USA

³Dagestan State University, Makhachkala, Russia

⁴Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, Russia

⁵Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

Principal contact

Aina A. Adieva, Doctor 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

Omarova D.K., Adieva A.A., Bulaeva K.B., Guseynova N.O., Amirkhanova I.V., Dzhamalova S.A. The role of ROH in the etiopathogenesis of complex diseases. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 130-139. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-130-139

Received 19 January 2022

Revised 22 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. To carry out a comparative analysis of the main directions of genetic studies of complex (chronic) human neuropsychiatric diseases and to determine the prospects for their genomic studies.

Discussion. Complex diseases account for more than 90% of the total human pathology and are the main cause of premature death and disability. One of the most urgent and severe categories of complex diseases, both for the patients themselves and for society, are endogenous mental illnesses, in particular, schizophrenia, mental retardation and autism spectrum disorders. Despite the fact that genetic and epidemiological studies show high heritability rates (up to 70-80%), the identification of predisposition genes remains a challenge. Studies in recent decades have contributed to understanding the genetic mechanisms of the pathogenesis of such diseases and have significantly advanced our understanding in terms of identifying risk loci, possible mechanisms for the transmission of genetic risk, and the involvement in the pathogenesis of such diseases of not one but of a large number of genes that provide many variants of gene expression. However, the mapping of genes that control such clinical phenotypes and mutations in them that cause pathogenesis remains largely unknown.

Conclusion. The finding of the same gene changes in neuropsychiatric complex diseases suggests that the genes involved converge in biochemical pathways and may be caused by a complex interplay of genetic and environmental factors characterized by genetic heterogeneity, which is often associated with clinical heterogeneity, incomplete penetrance and phenocopies. This is of great importance for the development of gene therapy through the identification of drug targets for the treatment of these disorders.

Key Words

Complex diseases, schizophrenia, single-nucleotide polymorphisms, full-genome sequences, isolated populations.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексные заболевания нейropsychического расстройства, в отличие от моногенных заболеваний (ген-белок-признак) не подчиняются правилу классической генетики [1-3], так как мутация в гене, вследствие чего может произойти изменение структуры белка, не является необходимым или достаточным условием развития патологического признака. Большую роль играют регуляторные белки, число которых может исчисляться десятками [4-10] и, в данном случае, основной причиной может быть изменение концентрации определенного белка на локальном участке в короткий промежуток времени, а не нарушение самой пространственной структуры белка [11; 12].

Исследование мультифакторных (комплексных) заболеваний показало, что они характеризуются наследственной предрасположенностью, которая определяется активацией одного и/или несколькими генами «предрасположенности». Эти мутации (аллели) совместимы с жизнью, но при определенных неблагоприятных условиях приводят к активации этих генов и развитию патологического фенотипа полиморфизма [5; 7; 13-15].

Сложность патогенеза комплексных заболеваний нейropsychического характера, как и любых других мультифакторных заболеваний, составляет генетический полиморфизм, а учитывая индивидуальные особенности генотипа каждого человека проявление патологического процесса и степень его выраженности трудно предсказуемы [16].

Генетическая гетерогенность комплексных заболеваний, т.е. участие в патогенезе таких болезней не одного, а нескольких и даже большого количества генов, обеспечивает множество вариантов экспрессии генов, в связи с чем картирование генов, контролирующих такие клинические фенотипы, является достаточно трудной задачей.

Картирование и идентификация генов мультифакторных признаков основано на использовании близнецового метода, анализа сцеплений и ассоциаций, в том числе полногеномного анализа (GWAS и GWLS), полногеномного секвенирования, анализа транскриптом и эпигенома используя подходы и методы биоинформационной и системной биологии [16; 17]. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки. Остановимся более детально на методе linkage analysis и GWAS, так как они являются наиболее прогностически значимыми. GWAS, основанный на использовании данных программы «НарМар» в сочетании с техникой биочипов высокого разрешения позволяет одновременно выявлять все однонуклеотидные замены (single nucleotide polymorphism – SNP), достоверно сцепленные с тем или иным заболеванием [14; 16]. Благодаря данному методу удалось идентифицировать свыше 1200 локусов, связанных с проявлением и/или развитием более 165 хронических заболеваний [16; 18; 19]. Недостатком метода является популяционная стратификация больших выборок, проводимые без учета популяционно-генетической структуры изучаемого региона и формируемой выборки. Это может привести как к фальш-негативным, так и к фальш-позитивным ассоциациям [20].

Основным методом для картирования генов комплексных заболеваний при работе с генетическими

изолятами, является анализ сцеплений (linkage analysis). Данный метод фокусируется на поиске патогенных локусов, передающихся в поколениях — от больного родителя больным потомкам и не передающихся здоровым, причем информативными являются только мульти-аллельные локусы. Идентификация связанных с болезнью локусов у родственных индивидуумов больших семей осуществляется методами анализа сцеплений с определенными статистическими критериями достоверности [21]. При анализе больших родословных можно определить хромосому, даже установить локус, с которым преимущественно сцеплен патологический фенотип. Методом сцепления в России были картированы локусы большинства нервно-психических [21; 22] и сердечно-сосудистых заболеваний [16]. Установлено, что мутация, возникшая у предка (родоначальника) и определяющая развитие болезни, передается потомкам вместе с блоком гаплотипа. При смене поколений в популяциях в процессе рекомбинаций в мейозе размер этих блоков уменьшается: чем больше сменилось поколений и произошло мейозов и рекомбинаций, тем меньше размер блока гаплотипа с патогенным (мутантным) локусом и тем легче выявить физическое сцепление с таким локусом с помощью сканированных по данному участку генома ДНК-маркеров [21; 22]. Именно поэтому, эффективно картирование генов в генетических изолятах коренных малочисленных народов, которые являются этнически и демографически дифференцированными малыми популяциями.

Традиционно генетические изоляты подразделяются на первичные и вторичные. Первичные изоляты имеют относительно древнюю генетическую историю (>100-200 поколений), тогда как вторичные являются относительно молодыми (<100 поколений). Исследователями установлено, что целый ряд первичных изолятов отличается от вторичных и, тем более, от генетически гетерогенных урбанизированных популяций преимущественным накоплением одной определенной комплексной патологии. Показано, что такая популяционно-специфическая агрегация произошла в истории этих изолятов в силу совокупного действия эффектов дрейфа генов, эндогамии и инбридинга. Эти исследования позволили установить спектр общих и специфических для разных изолятов геномных сцеплений с интересующим комплексным заболеванием [23-29].

Среди наиболее тяжелых для общества и трудных для самого больного комплексных болезней выделяются нейropsychические болезни – шизофрения, от которой страдает 1% населения всего мира и умственная отсталость, которая выявляется у 2-3% процентов. В последние годы с развитием генетики все большее значение придается именно генетической составляющей таких заболеваний [30; 31]. В современной международной нозологии умственная отсталость обозначается как "интеллектуальная неспособность-инвалидность" (Intellectual disability, ID). С каждым годом ученым удается все глубже проникнуть в геном человека, и убедиться в том, что многие такие заболевания имеют генетические предпосылки. На сегодняшний день мутации в более чем 500 генах связаны с умственной отсталостью и соответствующими нарушениями когнитивных функций, такими как аутизм, расстройства внимания и шизофрения. К некоторым из них относятся мутации в 12p13.33; 12q24.11; 1q42.2;

11q23.2; 17p13.3; 8p12 [24; 32-35]. Это лишь немногие гены, которые были установлены в экспериментах при изучении локального региона и небольшого количества людей. Исследование генетических изолятов с ID в рамках Международной научной корпорации ENIGMA (USC, US) выявило высокую агрегацию данного заболевания. В этом исследовании была установлена обширная родословная (более 700 членов из 14 поколений) с преимущественным накоплением данной патологии. Полногеномный linkage анализ в этой родословной позволил установить ряд геномных участков, сцепленных с ID, из которых высокая корреляция была выявлена при сцеплении в локусе 12q24 [21]. Примечательно, что Пол Томпсон и его сотрудники несколько позже обнаружили устойчивые ассоциации GWA с зоной мозга – гиппокампом и его объемными показателями, ответственным за когнитивные способности человека [28]. Детальное исследование такого геномного локуса, сцепленного с ID и объемными параметрами гиппокампа, проводили указанные выше ученые при скринировании мутаций в генах, локализованных в сцепленном регионе с помощью CNV и LOH (определенных на основе 500 000 SNP-ов Affymetrix SNP 5.0). Количество статистически значимых пиков, предположительно ассоциированных с $3.0 \geq LOD \geq 1.3$ обнаружили в общей сложности в 10 геномных регионах. Самый существенный сигнал с $LOD \geq 3$ был получен в 12q24. LOH и CNV скринирование, основанное на данных микрочипов для выявления структурных геномных вариаций в 12q24, позволило установить сегменты CNV и ROH в нескольких генах-кандидатах (MED13L, HRK, FBXW8, TESC, CDK2AP1 и SBNO1) [22; 36]. У здоровых членов родословной этого же изолята идентичные мутации не обнаружены. Именно эти же самые гены и оказались устойчиво ассоциированными с размерными показателями гипоталамуса, в ранее проведенном исследовании. Причем у больных с ID эти объемные показатели гиппокампа меньше, чем у здоровых [28].

ОБСУЖДЕНИЕ

Потеря гетерозиготности или LOH (сокр. loss of heterozygosity) — является грубым хромосомным событием, которое приводит к потере всего гена и окружающей его хромосомной области [37]. Потеря гетерозиготности (LOH) измеряет степень аллельного сходства в геноме. LOH может встречаться либо в унипарентальной дисомии (UPD) — когда обе копии гена или геномного региона унаследованы от одного родителя, либо в бипарентальной, когда аллели получены от обоих родителей [22].

Существует несколько механизмов потери гетерозиготности:

1. Моносомия (потеря одной хромосомы);
2. Делеция участка хромосомы с нормальным аллелем;
3. Точковая мутация;
4. Эпигенетическая инактивация аллеля;
5. Раннее эмбриональное митотическое событие, приводящее к мозаицизму, или к появлению врожденных участков ROH;
6. Рекомбинация в мейозе;
7. Инбридинг как фактор геномной гомогенности и потери гетерозиготности в генах, определяющих клинические фенотипы.

Помимо потери гетерозиготности (LOH) существует такое понятие, как ROH (Runs of homozygosity) — это смежные длины гомозиготных генотипов, которые присутствуют у человека из-за того, что родители передают идентичные гаплотипы своему потомству [38]. Наличие гомозиготных сегментов раскрывают механизмы демографической эволюции населения и могут дать информацию о генетических событиях, происходивших в течение длительного времени. На частоту, размер и распределение ROH в геноме влияют такие факторы, как естественный и искусственный отбор, рекомбинация, неравновесие по сцеплению, популяционная структура, частота мутаций и инбридинга [39].

В генетически изолированных имбредных популяциях чаще, чем в любых других популяциях встречается тяжелое заболевание — шизофрения (ШЗФ), связанное с психоэмоциональными расстройствами, неадекватностью поведения и временными выпадениями из социальной жизни. Обычно развивается у мужчин в возрасте 18-25 лет и у женщин в возрасте 26-45 лет. На сегодняшний день, как было сказано выше, шизофрения поражает около 1% населения мира. Примерно каждый десятый человек с диагнозом «шизофрения» заканчивает жизнь самоубийством [40; 41]. В связи с тяжестью течения данного психического заболевания и большим влиянием болезни на социум в целом, ученые всего мира разрабатывают методы идентификации генов таких заболеваний.

Генетический риск для развития шизофрении возникает из-за различных вариаций последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Детальнее всего изучены SNP (однонуклеотидные полиморфизмы) и CNV (варианты числа копий). Оба они действуют как факторы риска, нет подтвержденных причинных мутаций, ни семей, в которых шизофрения передается и проявляется согласно Менделевскому принципу.

Итак, масштабные геномные исследования в этом направлении начались с того, что Ленз и его сотрудники разработали метод анализа ассоциаций гомозиготности целого генома (WGHA) для выявления генетических локусов риска развития шизофрении. Применяя этот метод на 178 образцах больных шизофренией и 144 здоровых контрольных генотипах, которые были проанализированы по 500 тыс. маркеров, Ленз обнаружил, что участки гомозиготности размером от 200 Кб до 15 Мб были распространены у европейцев, не имевших родства друг с другом. Свойства общих ROHs у здоровых людей, включая расположение хромосом и наличие ненаследственных гаплотипов, сошлись с предварительными отчетами, в которых указываются регионы, находящиеся под селективным давлением. Это объясняет результаты анализа образцов, генотипированных с теми же маркерами в рамках международного проекта — «НарМар», реализованного в период с 2002 по 2006 гг. ROHs были значительно более распространенными в случаях шизофрении, а набор из девяти ROHs был значительно дифференцирован по сравнению с контрольными вариантами. Четыре из этих 9 «участков гомозиготности группы риска» содержали или соседствовали с генами, связанными с шизофренией (NOS1AP, ATF2, NSF, и PIK3C3). Пациенты с ШЗФ спектром расстройств (всего $n=178$, в том числе 158 пациентов с шизофренией, 13 пациентов с шизоаффективным расстройством и

7 с шизофреноподобной формой расстройства) были набраны для этого исследования из стационарных и амбулаторных клиник больницы Zucker Hillside. Испытуемые были отобраны исключительно по этнической принадлежности (европейцы). Пациенты (65 женщин/113 мужчин) и контроль (63 женщины/81 мужчина) существенно не отличались в распределении по полу.

Эти результаты стали основой нашей работы по изучению ROH в родословных из двух этнически и демографически разделенных генетических изолятов (этнических даргинцев и тиндалов, в которых обнаружена высокая агрегация шизофрении). При изучении региона 12q24.22-12q24.31 было обнаружено у 19 из 21 больных (91%) сегменты с CN и у 20 из 21 (95%) сегменты с ROH. Средний размер длины сегмента в сцепленном 12q24.22-12q24.31 регионе у больных ID в 3,7 раз больше, чем у здоровых и гомозиготность такая, как в данном регионе встречается почти у всех больных. При сравнении длины сегментов с потерей гетерозиготности у потомков от родственных и неродственных браков оказалось, что длина ROH сегментов существенно больше у потомков родственных браков. Эти сегменты выявляются в регионе 12q24.21, в изученной семье в 11 случаях встречаются CNV (делеции) и в 15 случаях – сегменты ROH, которые включают гены *MED13L*, *HRK*, *FBXW8* и *TESC*, которые играют существенную роль в этиопатогенезе умственной отсталости [24; 42; 43]. Наши данные, согласуются с данными других исследователей, которые также установили связь гена *MED13L* с умственной отсталостью. При этом была обнаружена либо делеция, либо мутация *de novo* в этом гене у больных умственной отсталостью [44; 45]. Надо отметить, что в сегментах с ROH, выявленных в регионе 12q24.31, в 15 из 21 (71%) случаев умственной отсталости в родословной продемонстрировали потерю гетерозиготности в гене *SBNO1* – в 4 случаях между rs62774561 и rs10773005, в 11 случаях между rs62774561 и rs11268916 [42]. Очевидна научная и практическая значимость данного открытия, на котором остановимся более детально.

Недавнее создание платформ микрочипов, способных генотипировать сотни тысяч SNPs, дало возможность быстро идентифицировать новые гены восприимчивости комплексных фенотипов [46]. В своем исследовании с применением микрочипов для генотипирования, Ленз и его команда, как правило, использовали метод ассоциаций целого генома (WGA), при котором каждый SNP рассматривался индивидуально на связь с болезнью. С учетом предположительно полигенной природы комплексных заболеваний эта консервативная стратегия неизбежно приводит к ложноотрицательным результатам при поиске генов предрасположенности. В то же время структурная характеристика совокупности данных о WGA, включая схему неравновесия по сцеплению, до сих пор не использовалась в этих анализах. Следовательно, они разработали аналитический подход, названный как полногеномный анализ ассоциаций (WGHA), который сначала определяет кластеры SNPs показывающие участки гомозиготности, а затем использует тесты по всему геному и статистические тесты региональной специфичности для ассоциации с болезнью. В своем исследовании Ленз использовал WGHA в случае контрольного набора

пациентов с шизофренией и здоровых добровольцев, проанализированных по 500000 SNP, чтобы обнаружить новые локусы предрасположенности к ШЗФ [46].

Таким образом, необходимо акцентировать внимание на несколько факторов, связанных с исследованиями GWAS:

- ассоциации относятся к локусам (геномным областям), а не к самим генам. Поэтому, гены-кандидаты должны рассматриваться с осторожностью;

- практически все SNP находятся в некодирующих (интронных или межгенных) участках ДНК. На это обратили внимание Need и Goldstein [47], показавшие, что только 20 из 7300 ассоциаций GWAS с болезнями были четко прослежены и изучены до причинно-следственного уровня;

- как правило, SNP демонстрируют ассоциацию с множеством заболеваний, демонстрируя генетическую плейотропность, что затрудняет интерпретацию полученных результатов. Скорее можно говорить об общей генетической предрасположенности к шизофрении и другим комплексным мультифакторным заболеваниям нейropsychического расстройства (биполярное расстройство, аутизм, депрессия и синдром дефицита внимания с гиперактивностью).

Хотя генетические и эпидемиологические исследования показали высокие проценты наследуемости (70-80%) для ШЗФ, идентификация генов предрасположенности остается сложной. Как и в других комплексных заболеваниях, исследования сцеплений показали несколько участков кандидатов с небольшими оценками LOD (количественный показатель сцепления генов), в то время как исследования отдельных генов-кандидатов по своей природе ограничены по масштабу. В противоположность этому, WGHA предоставляет возможность быстрого определения локусов чувствительности по всему геному, но с разрешением, достаточным лишь для того, чтобы вовлечь ограниченный набор генов-кандидатов. WGHA разработан, чтобы быть чувствительным к выявлению локусов, находящихся под селективным давлением, и последние данные свидетельствуют о том, что влияние эволюционного отбора может четко наблюдаться в генах, регулирующих развитие нервной системы. Таким образом, WGHA может быть особенно эффективным для ШЗФ, которая, как полагают, имеет первичной патофизиологической основой аномальные нервные процессы [46].

Первым шагом анализа WGHA является определение участков гомозиготности (RoHs) у каждого объекта. Лензом было идентифицировано 339 общих RoHs, охватывающих 12-13% генома. Наибольшее количество последовательных полиморфизмов (852) обнаружено в roh172, охватывающих центромеру хромосомы 8; это область, которая содержит ген, кодирующий синтрофин 1 (SNTG1), она была выделена в нескольких широкогеномных исследованиях селективных зачисток. Было идентифицировано 9 ROHs, которые очень часто встречались у здоровых контрольных групп. Эти регионы не отличались чрезмерным изменением числа копий или сегментарным дублированием, и, по-видимому, они также не имели аномально низкие скорости рекомбинации. Несколько категорий генов, выявленных в исследованиях селективного давления (5, 14-16) очевидно есть в этих регионах, в том числе

гены, вовлеченные в иммунную систему (на хромосомах 6p, 12q и 5q), обонятельные рецепторы (6p и 11p), члены комплекса дистрофина (SNTG1 и DGKZ) и многие другие CNS-экспрессируемые гены (например, GPHN, UNC5D и ATXN2). Используя общедоступные данные (www.affymetrix.com), Ленз применил аналогичные методы для Affymetrix 500K данных, полученных от всех неродственных индивидуумов в каждой из трех основных популяций HarMap (европейских, африканских и азиатских). Для каждой популяции определили все ROHs длиной >100 SNPs, которые присутствовали у не менее 20% субъектов с использованием всех имеющихся Affymetrix SNPs.

Из 32 ROHs, которые были найдены в HarMap CEU (жители Юта с родословной из Северной и Западной Европы) образцах (n=60 родоначальников), все, кроме одного перекрываются с ROH, которая была распространена (>5%) в Европейской контрольной группе. Кроме того, четыре наиболее распространенных ROHs в образце CEU совпали с четырьмя из пяти наиболее распространенных ROHs контрольного образца (roh172, roh134, roh89 и roh291). Они рассматривали гетерозиготность (у YRI родоначальников) 1673 SNPs, которые были составляющими, т.е. наиболее часто встречающимися в ROHs в европейском контрольном образце. Анализ данных показал, что из 339 больных шизофренией значительно большее количество больных имели общие ROHs (средний=31,7, SD=12,3) относительно здоровых добровольцев (средний=28,0, SD=12,8; t320=2,62, P=0,009).

Следует отметить, что девять отдельных ROHs значительно отличались по частоте между исследуемой и контрольной группами, каждый из них был более распространен в случаях ШЗФ. Они проявили некоторые особенности при сравнении двух групп и были условно названы "риск ROHs". Во-первых, больше половины (54,9%) здоровых людей и только 19,1% объектов с ШЗФ, не имели никаких "риск ROHs", представленных в данных WGH. По мере того, как количество риск ROHs увеличивается, риск заболевания резко возрастает. Шесть из девяти «риск ROHs» лежат в диапазоне от редкого к очень редкому у здоровых людей. Один ROH (roh250), содержащий ген, кодирующий цитоплазматический динеин 2 тяжелой цепи, один белок (DYNC2H1 на хромосоме 11q) наблюдался исключительно во всех случаях шизофрении; другими словами, этот генетический вариант показал 100% проницаемость в случае болезни в данной выборке. Тем не менее, один очень распространенный ROH у здоровых людей (roh291) также встречался у больных с ШЗФ. Используя глубокие, полногеномные данные микрочипа SNP, Ленз со своей командой обнаружили, что ROHs размером от 200 kb до 15 mb были распространены даже у здоровых людей из аутбредной популяции (U.S. (американских) европейцев, проживающих в Нью-Йорке/Лонгайллонде). Эти гомозиготные регионы так же распространены, как и немногочисленные, чтобы предположить современное кровное родство. Так как выбор SNP нынешнего поколения полногеномных микрочипов по-прежнему ограничен и не позволяет равномерно покрывать весь геном, наличие смещения SNP ограничивает формальное статистическое тестирование данных для отбора. Кроме того, важно отметить, что эффекты

бутилочного горла и нейтральный дрейф иногда могут имитировать результаты, вытекающие из положительной селекции. Тем не менее, ROH частоты являются легко доступной единицей измерения для статистических сравнений в случае контроля. В случае контрольного сравнения было обнаружено, что ROHs на геномном уровне были широко представлены у больных с ШЗФ. Интересно, что исследования изолированных популяций и кровнородственных семей демонстрируют повышенную заболеваемость шизофренией.

Наличие девяти специфичных ROHs было связано с восприимчивостью к болезни как индивидуально, так и в совокупности. Четыре из этих регионов содержат гены, связанные с постсинаптическими (в основном, глутаматэргическими) рецепторными комплексами, вовлеченными в патофизиологию ШЗФ. Эти гены включают NOS1AP и NSF, каждый из которых связан с шизофренией, а также GPHN и SGCD, которые ранее не были рассмотрены в исследовании ассоциаций с ШЗФ. Пятая область, содержащая регион, кодирующий SNTG1, была связана с ШЗФ в исследовательских анализах. Стоит отметить, что большая часть риск ROHs продемонстрировала низкие частоты в общей популяции [46].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследования GWAS – анализ ассоциаций всего генома и ROH показали, что различные психоневрологические расстройства имеют общие генетические детерминанты, лежащие в основе развития заболевания [48]. Было установлено, что пять основных психических расстройств (шизофрения (ШЗФ; SCZ), биполярное заболевание (BD), расстройства аутистического спектра (ASD), синдром дефицита внимания с гиперактивностью (ADHD) и депрессия) имеют общую генетическую этиологию. Исследование Консорциума психиатрической геномики (PGC) показало определенную степень генетической корреляции, которая относительно высока между SCZ и BD, умеренная между SCZ и депрессией, умеренная между BD и депрессией, также умеренная между ADHD и депрессией и ненулевая между другими парами заболеваний по данным генотипа SNP по всему геному [45; 49-51]. Другими учеными были также обнаружены общие локусы CNV, сцепленные с более чем одним психоневрологическим заболеванием. Например, CNV в локусе 16p11.2 ассоциируется как с SCZ, так и с BD [52-55], а сцепление в 17q12 обнаружили с такими заболеваниями как ASD, ID и SCZ [52; 56-58], CNV в регионе 15q13.3, 22q11. 2 и в гене NRXN1 связаны с широким спектром нарушений развития нервной системы [59]. Однако, ни в одном из этих исследований систематически не изучалось, какие редкие повторяющиеся общие генетические локусы, несущие ROH, влияют на развитие множественных нервно-психических расстройств. Многочисленные исследования показывают, что среди генов-кандидатов нет несомненных генов или фрагментов ДНК, связанных с комплексными нейropsychическими заболеваниями, не получено доказательств устойчивой связи геномных вариаций с отдельными заболеваниями. Дискуссионным на сегодняшний день остается вопрос выбора объекта для дальнейших исследований – сосредоточится на генах кандидатах и CNP, вовлеченных в GWAS, поскольку они являются общими

для комплексных заболеваний или остановиться на редких вариантах, которые вовлечены в пенетрантность гена. Даже в этом случае, речь идет об эпистатическом взаимодействии генов, присутствии различных эпигенетических факторов (метилирование ДНК и/или модификации гистонов), а также факторов окружающей среды. Очевидно, что нейropsychические заболевания могут быть вызваны сложным взаимодействием факторов генетической и средовой природы характеризующихся генетической гетерогенностью [60], зачастую сочетающейся с клинической гетерогенностью, неполной пенетрантностью и фенотипами, а также сложностью генетического контроля и неспособностью существующих методов учитывать особенности заболеваний этого класса. Безусловно, исследования в генетике и в смежных областях продвинули понимание с точки зрения идентификации локусов риска, возможных механизмов передачи генетического риска, участия в патогенезе таких заболеваний не одного, а большого количества генов, обеспечивающих множество вариантов экспрессии генов. Однако, картина настолько сложна, что возникают большие трудности в картировании генов, контролирующих такие клинические фенотипы и переводе их в клинически и терапевтически значимые достижения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aulchenko Y.S., Ripatti S., Lindqvist I., Boomsma D., Heid I.M. et al. Loci influencing lipid levels and coronary heart disease risk in 16 European population cohorts // *Nat. Genet.* 2009. V. 41. N 1. P. 47-55. DOI: 10.1038/ng.269
2. Vasan R.S., Glaser N.L., Felix J.F., Lieb W., Wild P.S. et al. Genetic variants associated with cardiac structure and function: a meta-analysis and replication of genome-wide association data // *JAMA.* 2009. V. 302. N 2. P. 168-178. DOI: 10.1001/jama.2009.978-a
3. Dietz H.C. New therapeutic approaches to Mendelian disorders // *N. Engl. J. Med.* 2010. V. 363. N 9. P. 852-863. DOI: 10.1056/NEJMr0907180
4. Пузырев В.П. Генетический взгляд на феномен сочетанной патологии у человека // *Медицинская генетика.* 2008. Т. 8. N 9. С. 3-9.
5. Баранов В.С. Генетический паспорт – основа индивидуальной и предиктивной медицины / Под ред. В.С. Баранова. СПб.: Изд-во Н-Л, 2009. 528 с.
6. Баранов В.С. Эволюция предиктивной медицины. Старые идеи, новые понятия // *Медицинская генетика.* 2017. Т. 16. N 5. С. 4-9.
7. Riggs E.R., Andersen E.F., Cherry A.M., Kantarci S., Kearney H., Patel A. et al. Technical standards for the interpretation and reporting of constitutional copy-number variants: a joint consensus recommendation of the American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG) and the Clinical Genome Resource (ClinGen) // *Genet. Med.* 2020. V. 22. N 2. P. 245-257. DOI: 10.1038/s41436-019-0686-8
8. Harrison P.J. Recent genetic findings in schizophrenia and their therapeutic relevance // *Journal of Psychopharmacology.* 2015. V. 29. N 2. P. 85-96. DOI: 10.1177/0269881114553647
9. Kendler K.S. A joint history of the genetic variation & the nature of schizophrenia // *Molecular Psychiatry.* 2015. N 20. P. 77-83. DOI: 10.1038/mp.2014.94
10. Бодрова Т.А., Костюшев Д.С., Антонова Е.Н. и др. Введение в предиктивно-превентивную медицину: опыт прошлого и реалии дня завтрашнего // *Вестник РАН.* 2013. N 1. С. 58-64.
11. Weiss K.M., Terwilliger J.D. How many diseases does it take to map a gene with SNPs? // *Nature genetics.* 2000. V. 26. N 2. P. 151-157. DOI: 10.1038/79866
12. Зубков Е.А., Зоркина Я.А., Резник А.М., Костюк Г.П., Чехонин В.П. Генетические аспекты шизофрении // *Журнал неврологии и психиатрии.* 2017. N 6. С. 126-132.
13. Горбунова В.Н. Генетика и эпигенетика синтропных заболеваний // *Экологическая генетика.* 2010. Т. 8. N 4. С. 39-43. DOI: 10.17816/ecogen8439-43
14. Zeller T., Blankenberg S., Diemert P. Genomewide association studies in cardiovascular disease – an update 2011 // *Clin. Chemistry.* 2012. V. 58. N 1. P. 92-103. DOI: 10.1373/clinchem.2011.170431
15. Fahed A.C., Wang M., Homburger J.R., Patel A.P., Bick A.G., Neben C.L. et al. Polygenic background modifies penetrance of monogenic variants for tier 1 genomic conditions // *Nat. Commun.* 2020. V. 11. Article number: 3635. DOI: 10.1038/s41467-020-17374-3
16. Глотов А.С., Вашукова Е.С., Данилова М.М., Пакин В.С., Машарский А.Э., Федотов П.В., Зайнулина М.С., Аржанова О.Н., Мозговая Е.В., Баранов В.С. Секвенирование нового поколения (NGS) для изучения гена ACVR2A у беременных с гестозом // *Молекулярная медицина.* 2014. Т. 5. С. 33-40.
17. Svishcheva G.R., Belonogova N.M., Zorkoltseva I.V., Kirichenko A.V., Axenovich T.I. Gene-based association tests using GWAS summary statistics // *Bioinformatics.* 2019. V. 35. N 19. P. 3701-3708. DOI: 10.1093/bioinformatics/btz172
18. Zuk O., Hechter E., Sinyavov S.R., Lander E.S. The mystery of missing heritability: Genetic interaction create phantom heritability // *PNAS.* 2012. V. 109. N 4. P. 1193-1198. DOI: 10.1073/pnas.1119675109
19. Gratten J., Wray N.R., Keller M.C. et al. Large-scale genomics unveils the genetic architecture of psychiatric disorders // *Nat. Neurosci.* 2014. V. 17. N 6. P. 782-790. DOI: 10.1038/nn.3708
20. Rotroff D.M. A Bioinformatics Crash Course for Interpreting Genomics Data // *Chest.* 2020. V. 158. Iss. 1. P. 113-123. DOI: 10.1016/j.chest.2020.03.004
21. Bulayeva K.B., Jorde L., Watkins S., Ostler C., Pavlova T.A., Bulayev O.A. et al. Ethnogenomic diversity of Caucasus, Daghestan // *Am. J. Hum. Biol.* 2006. V. 18. N 5. P. 610-620. DOI: 10.1002/ajhb.20531
22. Bulayeva K., Lesch K.P., Bulayev O., Walsh C., Glatt S., Gurganova F., Omarova J. et al. Genomic structural variants are linked with intellectual disability // *J. Neural. Transm.* 2015. V. 122. N 9. P. 1289-1301. DOI: 10.1007/s00702-015-1366-8
23. Singh M.D., Jensen M., Lasser M., Huber E., Yusuff T. et al. NCBP2 modulates neurodevelopmental defects of the 3q29 deletion in Drosophila and Xenopus laevis models // *PLoS Genet.* 2020. V. 16. N 2. Article number: e1008590. DOI: 10.1371/journal.pgen.1008590
24. Омарова Д.К., Гургенова Ф.Р., Максимова Т.Н., Булаева К.Б., Булаев О.А. Структурные вариации генома у умственно отсталых больных // *Вестник Дагестанского научного центра.* 2015. N 58. С. 38-48.
25. Pagani L., Ayub Q., MacArthur D.G., Xue Y. et al. High altitude adaptation in Daghestani populations from the Caucasus // *Hum. Genet.* 2012. V. 131. N 3. P. 423-433. DOI: 10.1007/s00439-011-1084-8
26. Wang T., Hoekzema K., Vecchio D., Wu H., Sulovari A. et al. Large-scale targeted sequencing identifies risk genes for neurodevelopmental disorders // *Nat. Commun.* 2020. V. 11. N 1. Article number: 4932. DOI: 10.1038/s41467-020-18723-y
27. Satizabal C.L., Adams H.H., Hibar D.P., White C.C. et al. Genetic architecture of subcortical brain structures in 38,851 individuals // *Nat. Genet.* 2019. V. 51. N 11. P. 1624-1636. DOI: 10.1038/s41588-019-0511-y
28. Thompson C.C., Chimetto L., Edwards R.A., Swings J., Stackebrandt E., Thompson F.L. Microbial genomic taxonomy // *BMC Genomics.* 2013. V. 14. N 913. P. 1-8. DOI: 10.1186/1471-2164-14-913
29. Thompson P.M., Andreassen O.A., Arias-Vasquez A., Bearden C.E. et al. ENIGMA and the individual: Predicting factors that affect the brain in 35 countries worldwide // *Neuroimage*, 2017, vol. 145, part B, pp. 389-408. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2015.11.057
30. Andreassen O.A., Thompson W.K., Schork A.J. et al. Improved detection of common variants associated with schizophrenia and bipolar disorder using pleiotropy-informed conditional false discovery rates // *PLoS Genet.* 2013. V. 9. N 4. Article number: e1003455. DOI: 10.1371/journal.pgen.1003455
31. Barkus C., Sanderson D.J., Walton M.E. et al. What causes aberrant salience in schizophrenia? A role for impaired short-term habituation and the GluA1 AMPA receptor // *Mol. Psychiatry.* 2014. V. 19. N 10. pp. 1060-1070. DOI: 10.1038/mp.2014.91
32. Williams H.J., Norton N., Dwyer S. et al. Fine mapping of ZNF804A and genome-wide significant evidence for its

- involvement in schizophrenia and bipolar disorder // *Mol. Psychiatry*. 2011. V. 16. N 4. P. 429-441. DOI: 10.1038/mp.2010.36
33. Schneider M., Debbane M., Bassett A.S. et al. Psychiatric disorders from childhood to adulthood in 22q11.2 deletion syndrome: Results from the International Consortium on Brain and Behavior in 22q11.2 Deletion Syndrome // *Am. J. Psychiatry*. 2014. V. 171. N 6. P. 627-639. DOI: 10.1176/appi.ajp.2013.13070864
34. Stankiewicz P., Lupski J.R. Molecular-evolutionary mechanisms for genomic disorders // *Curr. Opin. Genet. Dev.* 2002. V. 12. N 3. P. 312-9. DOI: 10.1016/s0959-437x(02)00304-0
35. Stankiewicz P., Lupski J.R. Genome architecture, rearrangements and genomic disorders // *Trends Genet.* 2002. V. 18. N 2. P. 74-82. DOI: 10.1016/s0168-9525(02)02592-1
36. Busby G.B., Hellenthal G., Montinaro F., Tofanelli S., Bulayeva K., Rudan I. et al. The Role of Recent Admixture in Forming the Contemporary West Eurasian Genomic Landscape // *Curr. Biol.* 2015. V. 25. N 19. P. 2518-2526. DOI: 10.1016/j.cub.2015.08.007
37. Joseph C.G., Darrah E., Shah A.A., Skora A.D. et al. Association of the autoimmune disease scleroderma with an immunologic response to cancer // *Science*. 2014. V. 343. N 6167. P. 152-157. DOI: 10.1126/science.1246886
38. Purfield D.C., Berry D., McParland S., Bradley D.G. Runs of homozygosity and population history in cattle // *BMC Genet.* 2012. V. 13. Article number: 70. DOI: 10.1186/1471-2156-13-70
39. Peripolli E., Munari D.P., Silva M.V., Lima A.L.F., Irgang R., Baldi F. Runs of homozygosity: current knowledge and applications in livestock // *Anim. Genet.* 2017. V. 48. N 3. P. 255-271. DOI: 10.1111/age.12526
40. Махиянова Е., Древаль И. Полный медицинский справочник: [авторитетное медицинское руководство для современной семьи]: пер. с англ. / пер.: Е. Махиянова, И. Древаль; ред. Т. Карпенко. Москва: АСТ, Астрель, 2006. 1104 с.
41. Kendler K.S. A history of the DSM-5 scientific review committee // *Molecular Psychiatry*. 2015. V. 43. N 9. P. 1793-1800. DOI: 10.1017/S0033291713001578
42. Karafet T.M., Bulayeva K.B., Bulayev O.A., Gurganova F., Omarova J. et al. Extensive genome-wide autozygosity in the population isolates of Daghestan // *Eur. J. Hum. Genet.* 2015. V. 23. N 10. P. 1405-12. DOI: 10.1038/ejhg.2014.299
43. Karafet T.M., Bulayeva K.B., Nichols J., Bulayev O.A., Omarova J. et al. Coevolution of genes and languages and high levels of population structure among the highland populations of Daghestan // *J. Hum. Genet.* 2016. V. 61. N 3. P. 181-191. DOI: 10.1038/jhg.2015.132
44. Lee S.H., DeCandia T.R., Ripke S. et al. Genomic Dissection of Bipolar Disorder and Schizophrenia, Including 28 Subphenotypes // *Cell*. 2018. V. 173. N 7. P. 1705-1715.e16. DOI: 10.1016/j.cell.2018.05.046
45. Lee S.H., Hur M.H., Lee E.A., Hong K.C., Kim J.M. Genomic characterization of the porcine CRT3 and the effects of a non-synonymous mutation p.V515F on lean meat production and belly fat // *Meat. Sci.* 2018. V. 137. P. 211-215. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.11.019
46. Lencz T., Lambert C., DeRosse P., Burdick K.E., Morgan T.V. et al. Runs of homozygosity reveal highly penetrant recessive loci in schizophrenia // *Proc. Nat. Acad. Sci. U S A*. 2007. V. 104. N 50. P. 19942-19947. DOI: 10.1073/pnas.0710021104
47. Need A.C., Goldstein D.B. Schizophrenia genetics comes of age // *Neuron*. 2014. V. 83(4). P. 760-763. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.015
48. Yusuff T., Jensen M., Yennawar S., Pizzo L., Karthikeyan S. et al. Drosophila models of pathogenic copy-number variant genes show global and non-neuronal defects during development // *PLoS Genet.* 2020. V. 16. N 6. Article number: e1008792. DOI: 10.1371/journal.pgen.1008792
49. Witt S.H., Streit F., Jungkunz M., Frank J., Awasthi S., Reinbold C.S. et al. Genome-wide association study of borderline personality disorder reveals genetic overlap with bipolar disorder, major depression and schizophrenia // *Transl. Psychiatry*. 2017. V. 7. N 6. Article number: e1155. DOI: 10.1038/tp.2017.115
50. Ramos J., Proven M., Halvardson J., Hagelskamp F., Kuchinskaya E. et al. Identification and rescue of a tRNA wobble inosine deficiency causing intellectual disability disorder // *RNA*. 2020. V. 26. N 11. P. 1654-1666. DOI: 10.1261/rna.076380.120
51. Coleman J.R.I., Gaspar H.A., Bryois J. Bipolar Disorder Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium; Major Depressive Disorder Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium, Breen G. The Genetics of the Mood Disorder Spectrum: Genome-wide Association Analyses of More Than 185,000 Cases and 439,000 Controls // *Biol Psychiatry*. 2020. V. 88. N 2. P. 169-184. DOI: 10.1016/j.biopsych.2019.10.015
52. Green E.K., Rees E., Walters J.T., Smith K.G., Forty L., Grozeva D. et al. Copy number variation in bipolar disorder // *Mol. Psychiatry*. 2016. V. 21. N 1. P. 89-93. DOI: 10.1038/mp.2014.174
53. Etemadikhah M., Niazi A., Wetterberg L., Feuk L. Transcriptome analysis of fibroblasts from schizophrenia patients reveals differential expression of schizophrenia-related genes // *Sci. Rep.* 2020. V. 10. N 1. Article number: 630. DOI: 10.1038/s41598-020-57467-z
54. Iyer J., Girirajan S. Gene discovery and functional assessment of rare copy-number variants in neurodevelopmental disorders // *Brief Funct. Genomics*. 2015. V. 14. N 5. P. 315-328. DOI: 10.1093/bfpg/rlv018
55. Iyer J., Singh M.D., Jensen M., Patel P., Pizzo L. et al. Pervasive genetic interactions modulate neurodevelopmental defects of the autism-associated 16p11.2 deletion in *Drosophila melanogaster* // *Nat. Commun.* 2018. V. 9. N 1. Article number: 2548. DOI: 10.1038/s41467-018-04882-6
56. Szatkiewicz J.P. Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci. Schizophrenia Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium // *Nature*. 2014. V. 511. N 7510. P. 421-427. DOI: 10.1038/nature13595
57. Thuresson A.C., Soussi Zander C., Zhao J.J., Halvardson J. et al. Whole genome sequencing of consanguineous families reveals novel pathogenic variants in intellectual disability // *Clin. Genet.* 2019. V. 95. N 3. P. 436-439. DOI: 10.1111/cge.13470
58. Watson H.J., Yilmaz Z., Thornton L.M., Hübel C., Coleman J.R.I., Gaspar H.A. et al. Genome-wide association study identifies eight risk loci and implicates metabo-psychiatric origins for anorexia nervosa // *Nat. Genet.* 2019. V. 51. N 8. P. 1207-1214. DOI: 10.1038/s41588-019-0439-2
59. Hassfurther A., Komini E., Fischer J., Leipoldt M. Clinical and Genetic Heterogeneity of the 15q13.3 Microdeletion Syndrome // *Mol. Syndromol.* 2016. V. 6. N 5. P. 222-228. DOI: 10.1159/000443343
60. Аульченко Ю.С., Аксенович Т.И. Методологические подходы и стратегии картирования генов, контролирующих комплексные признаки человека // *Вестник ВОГиС*. 2006. N 10. C. 189-202. DOI: 10.17816/ecogen933-14

REFERENCES

1. Aulchenko Y. S., Ripatti S., Lindqvist I., Boomsma D., Heid I. M. et al. Loci influencing lipid levels and coronary heart disease risk in 16 European population cohorts. *Nat. Genet.*, 2009, vol. 41, no. 1, pp. 47-55. DOI: 10.1038/ng.269
2. Vasan R.S., Glaser N.L., Felix J.F., Lieb W., Wild P.S. et al. Genetic variants associated with cardiac structure and function: a meta-analysis and replication of genome-wide association data. *JAMA*, 2009, vol. 302, no. 2, pp. 168-178. DOI: 10.1001/jama.2009.978-a
3. Dietz H.C. New therapeutic approaches to Mendelian disorders. *N. Engl. J. Med.*, 2010, vol. 363, no. 9, pp. 852-863. DOI: 10.1056/NEJMr0907180
4. Puzyrev V.P. Genetic view on the phenomenon of combined pathology in humans. *Meditinskaya genetika [Medical genetics]*. 2008, vol. 8, no. 9, pp. 3-9. (In Russian)
5. Baranov V.S. *Geneticheskii pasport — osnova individual'noi i prediktivnoi meditsiny* [The genetic passport is the basis of individual and predictive medicine]. St. Petersburg, N-L Publ., 2009, 528 p. (In Russian)
6. Baranov V.S. The evolution of predictive medicine. Old ideas, new concepts. *Meditinskaya genetika [Medical genetics]*. 2017, vol. 16, no. 5, pp. 4-9. (In Russian)
7. Riggs E.R., Andersen E.F., Cherry A.M., Kantarci S., Kearney H., Patel A. et al. Technical standards for the interpretation and reporting of constitutional copy-number variants: a joint consensus recommendation of the American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG) and the Clinical Genome Resource (ClinGen). *Genet. Med.*, 2020, vol. 22, no. 2, pp. 245-257. DOI: 10.1038/s41436-019-0686-8
8. Harrison P.J. Recent genetic findings in schizophrenia and their therapeutic relevance. *Journal of Psychopharmacology*, 2015, vol. 29, no. 2, pp. 85-96. DOI: 10.1177/0269881114553647
9. Kendler K.S. A joint history of the genetic variation & the nature of schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 2015, no. 20, pp. 77-83. DOI: 10.1038/mp.2014.94
10. Bodrova T.A., Kostyushov D.S., Antonova E.N. et al. Introduction to predictive preventive medicine: experience of the

- past and the realities of tomorrow. Vestnik RAN [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]. 2013, no. 1, pp. 58-64. (In Russian)
11. Weiss K.M., Terwilliger J.D. How many diseases does it take to map a gene with SNPs? *Nature genetics*, 2000, vol. 26, no. 2, pp. 151-157. DOI: 10.1038/79866
 12. Zubkov E.A., Zorkina Ya.A., Reznik A.M., Kostyuk G.P., Chekhonin V.P. Genetic aspects of schizophrenia. Zhurnal neurologii i psikiatrii [Journal of Neurology and Psychiatry]. 2017, no. 6, pp. 126-132. (In Russian)
 13. Gorbunova V.N. Genetics and epigenetics of syntropic diseases. *Ecological Genetics*, 2010, vol. 8, no. 4, pp. 39-43. (In Russian) DOI: 10.17816/ecogen8439-43
 14. Zeller T., Blankenberg S., Diemert P. Genomewide association studies in cardiovascular disease – an update 2011. *Clin. chemistry*, 2012, vol. 58, no. 1, pp. 92-103. DOI: 10.1373/clinchem.2011.170431
 15. Fahed A.C., Wang M., Homburger J.R., Patel A.P., Bick A.G., Neben C.L. et.al. Polygenic background modifies penetrance of monogenic variants for tier 1 genomic conditions. *Nat. Commun.*, 2020, vol. 11, article number: 3635. DOI: 10.1038/s41467-020-17374-3
 16. Glotov A.S., Vashukova E.S., Danilova M.M., Pakin V.S., Masharsky A.E., Fedotov P.V., Zainulina M.S., Arzhanova O.N., Mozgovaya E.V., Baranov. B.C. New generation sequencing (NGS) to study the ACVR2A gene in pregnant women with preeclampsia. Molekulyarnaya meditsina [Molecular Medicine]. 2014, vol. 5, pp. 33-40. (In Russian)
 17. Svishcheva G.R., Belonogova N.M., Zorkoltseva I.V., Kirichenko A.V., Axenovich T.I. Gene-based association tests using GWAS summary statistics. *Bioinformatics*, 2019, vol. 35, no. 19, pp. 3701-3708. DOI: 10.1093/bioinformatics/btz172
 18. Zuk O., Hechter E., Sinyav S.R., Lander E.S. The mystery of missing heritability: Genetic interaction create phantom heritability. *PNAS*, 2012, vol. 109, no. 4, pp. 1193-1198. DOI: 10.1073/pnas.1119675109
 19. Gratten J., Wray N.R., Keller M.C. et al. Large-scale genomics unveils the genetic architecture of psychiatric disorders. *Nat. Neurosci.*, 2014, vol. 17, no. 6, pp. 782-790. DOI: 10.1038/nn.3708
 20. Rotroff D.M. A Bioinformatics Crash Course for Interpreting Genomics Data. *Chest.*, 2020, vol. 158, iss. 1, pp. 113-123. DOI: 10.1016/j.chest.2020.03.004
 21. Bulayeva K.B., Jorde L., Watkins S., Ostler C., Pavlova T.A., Bulayev O.A. et.al. Ethnogenomic diversity of Caucasus, Daghestan. *Am. J. Hum. Biol.*, 2006, vol. 18, no. 5, pp. 610-620. DOI: 10.1002/ajhb.20531
 22. Bulayeva K., Lesch K.P., Bulayev O., Walsh C., Glatt S., Gurganova F., Omarova J. et.al. Genomic structural variants are linked with intellectual disability. *J. Neural. Transm.*, 2015, vol. 122, no. 9, pp. 1289-1301. DOI: 10.1007/s00702-015-1366-8
 23. Singh M.D., Jensen M., Lasser M., Huber E., Yusuf T. et.al. NCBP2 modulates neurodevelopmental defects of the 3q29 deletion in Drosophila and Xenopus laevis models. *PLoS Genet.*, 2020, vol. 16, no. 2, article number: e1008590. DOI: 10.1371/journal.pgen.1008590
 24. Omarova D.K., Gurganova F.R., Maksimova T.N., Bulaeva K.B., Bulaev O.A. Structural variations of the genome in mentally retarded patients. Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra [Bulletin of the Dagestan Scientific Center]. 2015, no. 58, pp. 38-48. (In Russian)
 25. Pagani L., Ayub Q., MacArthur D.G., Xue Y. et.al. High altitude adaptation in Daghestani populations from the Caucasus. *Hum. Genet.*, 2012, vol. 131, no. 3, pp. 423-433. DOI: 10.1007/s00439-011-1084-8
 26. Wang T., Hoekzema K., Vecchio D., Wu H., Sulovari A. et.al. Large-scale targeted sequencing identifies risk genes for neurodevelopmental disorders. *Nat. Commun.*, 2020, vol. 11, no. 1, article number: 4932. DOI: 10.1038/s41467-020-18723-y
 27. Satizabal C.L., Adams H.H., Hibar D.P., White C.C. et.al. Genetic architecture of subcortical brain structures in 38,851 individuals. *Nat. Genet.*, 2019, vol. 51, no. 11, pp. 1624-1636. DOI: 10.1038/s41588-019-0511-y
 28. Thompson C.C., Chimento L., Edwards R.A., Swings J., Stackebrandt E., Thompson F.L. Microbial genomic taxonomy. *BMC Genomics*, 2013, vol. 14, no. 913, pp. 1-8. DOI: 10.1186/1471-2164-14-913
 29. Thompson P.M., Andreassen O.A., Arias-Vasquez A., Bearden C.E. et.al. ENIGMA and the individual: Predicting factors that affect the brain in 35 countries worldwide. *Neuroimage*, 2017, vol. 145, part B, pp. 389-408. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2015.11.057
 30. Andreassen O.A., Thompson W.K., Schork A.J. et al. Improved detection of common variants associated with schizophrenia and bipolar disorder using pleiotropy-informed conditional false discovery rates. *PLoS Genet.*, 2013, vol. 9, no. 4, article number: e1003455. DOI: 10.1371/journal.pgen.1003455
 31. Barkus C., Sanderson D.J., Walton M.E. et al. What causes aberrant salience in schizophrenia? A role for impaired short-term habituation and the GluA1 AMPA receptor. *Mol. Psychiatry*, 2014, vol. 19, no. 10, pp. 1060-1070. DOI: 10.1038/mp.2014.91
 32. Williams H.J., Norton N., Dwyer S. et.al. Fine mapping of ZNF804A and genome-wide significant evidence for its involvement in schizophrenia and bipolar disorder. *Mol. Psychiatry*, 2011, vol. 16, no. 4, pp. 429-441. DOI: 10.1038/mp.2010.36
 33. Schneider M., Debbane M., Bassett A.S. et al. Psychiatric disorders from childhood to adulthood in 22q11.2 deletion syndrome: Results from the International Consortium on Brain and Behavior in 22q11.2 Deletion Syndrome. *Am. J. Psychiatry*, 2014, vol. 171, no. 6, pp. 627-639. DOI: 10.1176/appi.ajp.2013.13070864
 34. Stankiewicz P., Lupski J.R. Molecular-evolutionary mechanisms for genomic disorders. *Curr. Opin. Genet. Dev.*, 2002, vol. 12, no. 3, pp. 312-319. DOI: 10.1016/S0959-437X(02)00304-0
 35. Stankiewicz P., Lupski J.R. Genome architecture, rearrangements and genomic disorders. *Trends Genet.*, 2002, vol. 18, no. 2, pp. 74-82. DOI: 10.1016/S0168-9525(02)02592-1
 36. Busby G.B., Hellenthal G., Montinaro F., Tofanelli S., Bulayeva K., Rudan I. et.al. The Role of Recent Admixture in Forming the Contemporary West Eurasian Genomic Landscape. *Curr. Biol.*, 2015, vol. 25, no. 19, pp. 2518-2526. DOI: 10.1016/j.cub.2015.08.007
 37. Joseph C.G., Darrah E., Shah A.A., Skora A.D. et.al. Association of the autoimmune disease scleroderma with an immunologic response to cancer. *Science*, 2014, vol. 343, no. 6167, pp. 152-157. DOI: 10.1126/science.1246886
 38. Purfield D.C., Berry D., McParland S., Bradley D.G. Runs of homozygosity and population history in cattle. *BMC Genet.*, 2012, vol. 13, article number: 70. DOI: 10.1186/1471-2156-13-70
 39. Peripolli E., Munari D.P., Silva M.V., Lima A.L.F., Irgang R., Baldi F. Runs of homozygosity: current knowledge and applications in livestock. *Anim. Genet.*, 2017, vol. 48, no. 3, pp. 255-271. DOI: 10.1111/age.12526
 40. Makhiyanova E., Dreval' I. *Polnyi meditsinskii spravochnik: avtoritetnoe meditsinskoe rukovodstvo dlya sovremennoy sem'i* [Complete medical reference book: authoritative medical guide for the modern family]. Moscow, AST, Astrel Publ., 2006, 1104 p. (In Russian)
 41. Kendler K.S. A history of the DSM-5 scientific review committee. *Molecular Psychiatry*, 2015, vol. 43, no. 9, pp. 1793-1800. DOI: 10.1017/S0033291713001578
 42. Karafet T.M., Bulayeva K.B., Bulayev O.A., Gurganova F., Omarova J. et.al. Extensive genome-wide autozygosity in the population isolates of Daghestan. *Eur. J. Hum. Genet.*, 2015, vol. 23, no. 10, pp. 1405-12. DOI: 10.1038/ejhg.2014.299
 43. Karafet T.M., Bulayeva K.B., Nichols J., Bulayev O.A., Omarova J. et.al. Coevolution of genes and languages and high levels of population structure among the highland populations of Daghestan. *J. Hum. Genet.*, 2016, vol. 61, no. 3, pp. 181-191. DOI: 10.1038/jhg.2015.132
 44. Lee S.H., DeCandida T.R., Ripke S. et al. Genomic Dissection of Bipolar Disorder and Schizophrenia, Including 28 Subphenotypes. *Cell*, 2018, vol. 173, no. 7, pp. 1705-1715.e16. DOI: 10.1016/j.cell.2018.05.046
 45. Lee S.H., Hur M.H., Lee E.A., Hong K.C., Kim J.M. Genomic characterization of the porcine CRTC3 and the effects of a non-synonymous mutation p.V515F on lean meat production and belly fat. *Meat. Sci.*, 2018, vol. 137, pp. 211-215. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.11.019
 46. Lencz T., Lambert C., DeRosier P., Burdick K.E., Morgan T.V. et.al. Runs of homozygosity reveal highly penetrant recessive loci in schizophrenia. *Proc. Nat. Acad. Sci. U S A*, 2007, vol. 104, no. 50, pp. 19942-19947. DOI: 10.1073/pnas.0710021104
 47. Need A.C., Goldstein D.B. Schizophrenia genetics comes of age. *Neuron*, 2014, vol. 83(4), pp. 760-763. DOI: 10.1016/j.neuron.2014.08.015
 48. Yusuf T., Jensen M., Yennawar S., Pizzo L., Karthikeyan S. et.al. Drosophila models of pathogenic copy-number variant genes show global and non-neuronal defects during development. *PLoS Genet.*, 2020, vol. 16, no. 6, article number: e1008792. DOI: 10.1371/journal.pgen.1008792

49. Witt S.H., Streit F., Jungkunz M., Frank J., Awasthi S., Reinbold C.S. et.al. Genome-wide association study of borderline personality disorder reveals genetic overlap with bipolar disorder, major depression and schizophrenia. *Transl. Psychiatry*, 2017, vol. 7, no. 6, article number: e1155. DOI: 10.1038/tp.2017.115
50. Ramos J., Proven M., Halvardson J., Hagelskamp F., Kuchinskaya E. et.al. Identification and rescue of a tRNA wobble inosine deficiency causing intellectual disability disorder. *RNA*, 2020, vol. 26, no. 11, pp. 1654-1666. DOI: 10.1261/rna.076380.120
51. Coleman J.R.I., Gaspar H.A., Bryois J. Bipolar Disorder Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium; Major Depressive Disorder Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium, Breen G. The Genetics of the Mood Disorder Spectrum: Genome-wide Association Analyses of More Than 185,000 Cases and 439,000 Controls. *Biol Psychiatry*, 2020, vol. 88, no. 2, pp. 169-184. DOI: 10.1016/j.biopsych.2019.10.015
52. Green E.K., Rees E., Walters J.T., Smith K.G., Forty L., Grozeva D. et.al. Copy number variation in bipolar disorder. *Mol. Psychiatry*, 2016, vol. 21, no. 1, pp. 89-93. DOI: 10.1038/mp.2014.174
53. Etemadikhah M., Niazi A., Wetterberg L., Feuk L. Transcriptome analysis of fibroblasts from schizophrenia patients reveals differential expression of schizophrenia-related genes. *Sci. Rep.*, 2020, vol. 10, no. 1, article number: 630. DOI: 10.1038/s41598-020-57467-z
54. Iyer J., Girirajan S. Gene discovery and functional assessment of rare copy-number variants in neurodevelopmental disorders. *Brief Funct. Genomics*, 2015, vol. 14, no. 5, pp. 315-328. DOI: 10.1093/bfgp/elv018
55. Iyer J., Singh M.D., Jensen M., Patel P., Pizzo L. et.al. Pervasive genetic interactions modulate neurodevelopmental defects of the autism-associated 16p11.2 deletion in *Drosophila melanogaster*. *Nat. Commun.*, 2018, vol. 9, no. 1, article number: 2548. DOI: 10.1038/s41467-018-04882-6
56. Szatkiewicz J.P. Biological insights from 108 schizophrenia-associated genetic loci. Schizophrenia Working Group of the Psychiatric Genomics Consortium. *Nature*, 2014, vol. 511, no. 7510, pp. 421-427. DOI: 10.1038/nature13595
57. Thuresson A.C., Soussi Zander C., Zhao J.J., Halvardson J. et.al. Whole genome sequencing of consanguineous families reveals novel pathogenic variants in intellectual disability. *Clin. Genet.*, 2019, vol. 95, no. 3, pp. 436-439. DOI: 10.1111/cge.13470
58. Watson H.J., Yilmaz Z., Thornton L.M., Hübel C., Coleman J.R.I., Gaspar H.A. et.al. Genome-wide association study identifies eight risk loci and implicates metabo-psychiatric origins for anorexia nervosa. *Nat. Genet.*, 2019, vol. 51, no. 8, pp. 1207-1214. DOI: 10.1038/s41588-019-0439-2
59. Hassfurther A., Komini E., Fischer J., Leipoldt M. Clinical and Genetic Heterogeneity of the 15q13.3 Microdeletion Syndrome. *Mol. Syndromol.*, 2016, vol. 6, no. 5, pp. 222-228. DOI: 10.1159/000443343
60. Aulchenko Yu.S., Aksenovich T.I. Methodological approaches and strategies for mapping genes that control complex human traits. *Vestnik VOGIS*, 2006, no. 10, pp. 189-202. (In Russian) DOI: 10.17816/ecogen933-14

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Джамиля К. Омарова разработала концепцию, написала рукопись. Айна А. Адиева систематизировала и обобщила результаты различных исследований, собрала, проанализировала и интерпретировала данные в этой и в смежных областях. Казима Б. Булаева выявила основные спорные вопросы изучаемой проблемы в регионе. Надира О. Гусейнова описала основные достижения за последние 15 лет, редактировала статью. Ирина В. Амирханова выявила новые тенденции развития и перспективы. Светлана А. Джамалова систематизировала и структурировала материалы. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объекта исследований.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Dzhamilya K. Omarova developed the concept of the research and wrote the manuscript. Aina A. Adieva undertook the systematisation and generalisation of the results of a range of studies, collected, analysed and interpreted data in this and related fields. Kazima B. Bulaeva identified the main controversial issues in the region. Nadira O. Guseynova described the main achievements over the past 15 years and edited the article. Irina V. Amirkhanova identified emerging issues of development and the prospects for their solution. Svetlana A. Dzhamalova systematised and structured the material. All 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.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

This article does not include any studies involving humans and animals as the object of research.

ORCID

Джамиля К. Омарова / Dzhamilya K. Omarova <https://orcid.org/0000-0002-4985-3480>
 Айна А. Адиева / Aina A. Adieva <https://orcid.org/0000-0001-8868-4782>
 Казима Б. Булаева / Kazima B. Bulaeva <https://orcid.org/0000-0003-4830-5383>
 Надира О. Гусейнова / Nadira O. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>
 Ирина В. Амирханова / Irina V. Amirkhanova <https://orcid.org/0000-0002-3436-6276>
 Светлана А. Джамалова / Svetlana A. Dzhamalova <http://orcid.org/0000-0002-7215-5453>

Original article / Оригинальная статья

УДК 338.484.6

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-140-149

Air pollution: A threat to health tourism development in the Islamic Republic of Iran (case study: Ilam city)

Somayeh S. Hosseini¹, Massoud Taghvaei¹, Eskandar S. Seidaiy¹, Yones Gholami² and Zagir V. Ataev^{3,4,5}

¹University of Isfahan, Isfahan, Iran

²University of Kashan, Kashan, Iran

³Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia

⁴Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

⁵Kabardino-Balkar Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

Principal contact

Somayeh S. Hosseini, PhD Geographical Sciences - tourism, Postdoc (health tourism), University of Isfahan; Azadi Square, Isfahan, Iran 8174673441. Tel. +989138711684

Email sshosseini1361@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9043-697X>

How to cite this article

Hosseini S.S., Taghvaei M., Seidaiy E.S., Gholami Y., Ataev Z.V. Air pollution: A threat to health tourism development in the Islamic Republic of Iran (case study: Ilam city). *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 140-149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-140-149

Received 22 January 2022

Revised 30 March 2022

Accepted 4 April 2022

Abstract

Aim. Considering the high capability of Ilam province in the development of health tourism as indicated in its active border crossings with Iraq and the response to the recent epidemic, it was deemed necessary to identify the risks of air pollution on the health of tourists.

Materials and Methods. During 2008-2018, data on five primary air pollutants during 2008-2018 were identified by literature research and by referring to the relevant monitoring organizations. Data analysis was performed by the Full permutation polygon synthetic indicator model, while Excel and MATLAB software were used to display data.

Results. The findings of the study revealed that despite the application of the Land Use Planning Document, average suspended particulate matter of less than 10 microns ranked second after sulphur dioxide (SO₂), in terms of the contribution to air pollution and instability in Ilam City during the 11 years in question (excluding 2008 and 2009).

Conclusions. The link between air pollution and the development of health tourism on the one hand and the emergence of an epidemic on the other has recently necessitated a new concept of health, tourism and welfare in relation to the environment with the aim of achieving a healthy environment for visiting tourists.

Key Words

Air pollution, health tourism, FPPSI method.

Загрязнение воздуха: Угроза развитию оздоровительного туризма в Исламской Республике Иран (на примере города Илам)

Сомайех С. Хоссейни¹, Масуд Тагвайи¹, Эскандар С. Сейдаи¹, Йонес Голами², Загир В. Атаев^{3,4,5}

¹Исфаханский университет, Исфахан, Иран

²Кашанский университет, Кашан, Иран

³Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия

⁴Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Махачкала, Россия

⁵Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия

Контактное лицо

Сомайех С. Хоссейни, кандидат географических наук (туризм), Постдок (Оздоровительный туризм), Исфаханский университет; 8174673441 Иран, Исфахан, площадь Азади.

Тел. +989138711684

Email sshosseini1361@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9043-697X>

Формат цитирования

Хоссейни С.С., Тагвайи М., Сейдаи Э.С., Голами Й., Атаев З.В. Загрязнение воздуха: Угроза развитию оздоровительного туризма в Исламской Республике Иран (на примере города Илам) // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 140-149. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-140-149

Получена 22 января 2022 г.

Прошла рецензирование 30 марта 2022 г.

Принята 4 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. Высокий потенциал провинции Илам в развитии оздоровительного туризма, ее географическое соседство с Ираком и возникновение недавней эпидемии обусловили возможные риски загрязнения природной среды.

Материалы и методы. Данные по пяти основным загрязнителям воздуха за 2008-2018 гг. были собраны методом библиотечного исследования и путем обращения в соответствующие организации. Анализ данных проводился с помощью модели синтетического индикатора многоугольника перестановки, в то время как для отображения данных использовались программы Excel и MATLAB.

Результаты. Результаты исследования показали, что, несмотря на Документ о планировании землепользования, среднее содержание взвешенных твердых частиц менее 10 микрон занимало второе место после диоксида серы (SO₂), с точки зрения вклада в загрязнение воздуха и нестабильности в городе Илам в течение последних 11 рассматриваемых лет (исключая 2008 и 2009 гг.).

Выводы. Связь между загрязнением воздуха и развитием оздоровительного туризма, с одной стороны, и возникновением эпидемии, с другой, выявила необходимость в новой концепции здравоохранения, туризма и благосостояния региона.

Ключевые слова

Загрязнение воздуха, оздоровительный туризм, метод СИМП.

INTRODUCTION

According to the World Health Organization, a person's overall health status has two dimensions, namely physical health and mental health. The latter refers to "a state of well-being in which any person can cope with the normal stresses of life" [1]. Travel with the primary goal of receiving medical treatment and maintaining the well-being of an individual falls within the category of health tourism, which includes various options such as spas, wellness and medicine [2; 3]. As an emerging global phenomenon in the healthcare domain, health tourism has today become the most prominent competitive industry and a lucrative segment of the potential tourism market [4]. Some countries such as India and Thailand have tried capitalising on linking their medical care to health tourism in order to develop their own economies [5].

Over the past few years, the significant role of tourists' perceptions in health tourism development has attracted more attention from researchers [6]. A tourist's perception itself is reflected in the search for a pleasant place to relieve stress [7]. Environmental quality and sustainability serve as essential factors in the decision-making process of tourists, because of their remarkable impact on the competitiveness of tourist destinations [7; 8] and the spatial relationship between diseases. As a result, a low level of environmental quality harms tourism development by creating negative psychological states in visitors, reducing the beauty of natural places, damaging the tourism experience and consequently reducing the demand for tourism [8].

Air pollution adversely affects the development of tourism [9], especially health tourism. As the IPCC's starkly warns [10], air pollution is harmful to the health of all individuals [11; 12] i.e., both residents and tourists. Attracting increasing attention from researchers, air pollution is known as the most significant environmental cause of disease and premature death in today's world [13]. It is also one of the leading causes of death due to ischemic heart disease, strokes, chronic obstructive pulmonary disease, lung cancer and acute lower respiratory tract infection (LRI) [14].

Put differently, exposure to air pollutants is associated with cardiovascular disease, diabetes, metabolic syndrome, neurobehavioral behaviors and reproductive disorders [15]. By definition, air pollution is a complex combination of several types of toxic pollutants [10]. Five primary air pollutants include sulphur dioxide (SO₂), ozone (O₃), suspended particulates less than 10 microns in size, carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO₂). Sulphur dioxide (SO₂) is a toxic and irritant gas that causes acid rain [16], affecting the mucous membranes and respiratory system [17]. Another toxic gaseous pollutant in the atmosphere is tropospheric ozone that has numerous destructive effects on the environment and human health, including reduced lung capacity, sore throats and throat swelling, coughing and heart disease [18]. The level of suspended particulate matter (SPM) constitutes one of the most important indicators of air pollution and is closely connected with the life expectancy rate [19] and the expansion of the respiratory disease matrix. It also has a significant impact on both the climate and people's living environment [20].

The factors causing environmental degradation, especially air pollution, adversely impact not only the health of residents and tourists but also on the decisions

they make. However, there exists scarce information on the nature or effects of various environmental factors, especially air pollution, on health tourism as a support industry contributing to improving society and achieving sustainable development. It is also vital to study the effect of non-medical factors such as air pollution when formulating appropriate tourism policies and sustainability issues for health policymakers and managers. The creation of this new conceptual approach, in turn, requires cooperation between designers (architects and planners), physicians, epidemiologists and policymakers in promoting actions and policies aimed at change in order to realise a healthy environment for tourists. Health tourism also constitutes an essential area of policymaking not only in encouraging this industry but also in minimizing its challenges despite the recent epidemic. The reason for this is that some viruses are transmitted through the air, using fine airborne particles as carriers to spread in the environment. Simply put, environmental phenomena such as air pollution can accelerate the spread of viruses such as SARS-CoV-2, and negatively impact on the attraction of tourists. These matters require more appropriate epidemiological research.

One of the general policies adopted by the health system in Iran since 2014 is the reduction of risks and pollution threatening the health based upon valid scientific evidence. Pursuant to these policies, one of the strategic challenges enumerated in the Land Use Planning Document regarding Ilam is the growing trend of the dust storm phenomenon and its pervasive effect on the expansion of dust storm emission sources inside the country. In the same document mentioned above, *Dehloran*, *Mehran*, and *Ilam* cities have been cited as health tourism hub zones [21]. In this regard, this study provides a proposal for the management of the tourism industry following the COVID-19 pandemic that includes the creation of a more sustainable health tourism industry through adopting measures appropriate for the identification of the leading indicators of air pollution. Taking the above into account, the present research seeks to answer the following two questions:

1) Which air pollutant has the greatest impact on the air pollution and instability of Ilam city, and thus is preventing the development of health tourism?

2) Can a level of average aerial particulate matter less than 10 microns- as one of the most critical threats facing the environment – be also regarded as the most significant threat facing the domain of health tourism development?

Ilam city is the capital of Ilam province. The population of this city was 194,030 as per the 2016 Census [22]. It is entirely surrounded by mountain forests with a temperate mountain climate and spring-like weather. Located in the northwest of the Ilam Province, Ilam City is situated at between 33 degrees 21 minutes 30 seconds to 33 degrees 51 minutes 48 seconds north latitude and 45 degrees 41 minutes 7 seconds to 46 degrees 51 minutes 19 seconds east longitude. It has an area of 67,212,804 hectares, accounting for 62.10% of the province's total area. It neighbors the towns of Ivan, Sirvan, Chardavol, Darreh Shahr and Mehran and the country of Iraq [23], sharing a 430 km border with Iraq to the north. It extends topographically to the Shenehchir mountain to the north, Shalam mountain to the east, Qala Qiran mountain to the west and to Kabir Kouh mountain to the south [24].



Figure 1. Relative location of Ilam city in Iran geographically

Рисунок 1. Географическое расположение города Илам в Иране

MATERIALS AND METHODS

This research is of applied nature in terms of data consulted. The data were collected through library research and by referring to the relevant monitoring organizations. Data analysis was undertaken according to by the FPPSI model, while Excel and MATLAB software were used to display data. This study examined data

relative to the five primary indicators of air pollution, including the average level of carbon monoxide gas (CO), average level of sulphur dioxide (SO₂), average level nitrogen dioxide (NO₂), average level of ozone gas (O₃) and average level of particulate matter of less than 10 microns during 2008-2018.

Table 1. Air pollution indicators studied over the 2008-2018 period

Таблица 1. Показатели загрязнения воздуха, изученные за период 2008-2018 гг.

Indicator Индикатор	Units Ед	Standardised value Стандартное значение	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CO	Ppm ‰	9	1.5	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6
SO ₂	Ppm ‰	0.03	0.0121	0.0161	0.015	0.0141	0.0176	0.0189	0.0201	0.0198	0.0212	0.0223	0.0219
NO ₂	Ppm ‰	0.053	0.0082	0.0101	0.011	0.093	0.087	0.083	0.094	0.0101	0.0111	0.011	0.0118
O ₃	Ppm ‰	0.08	0.0141	0.0135	0.018	0.0195	0.0191	0.0188	0.0194	0.0228	0.0241	0.0239	0.0225
PM10	Ppm ‰	260	141	177	76	53	126	115	71	58	66	64	70

Source: Environmental Protection Agency of Ilam Province (2018) [25]

Источник: Агентство по охране окружающей среды провинции Илам (2018) [25]

Description of the model used in the research

In this study, the full permutation polygon synthetic indicator (FPPSI) method was used to evaluate stability. As a model newly developed for assessing sustainable development, FPPSI has not been used in Iran so far. Through considering the values of the upper limit, lower limit, and standardised data in FPPSI, it has a very high power in evaluating and analysing the current status of sustainable development. In this method, the theoretical maximum values of each of the n indicators are represented by a polygon of n sides with a radius at each vertex (i.e. distance from the polygon's center). This radius itself is defined by calculating the upper limits of the standardised value for each indicator. Hence, $(n - 1)/2$ n -sided polygons are created in total.

To define the synthetic indicator, the mean of ratios of n -sided polygon's area to the polygon's area is calculated and defined in terms of a normalized value of 1.0 for each indicator.

The process of standardisation can be expressed in the following way:

$$F(X) = a \frac{X + b}{X + c}, \quad a \neq 0, \quad X \geq 0$$

where $F(X)$ satisfies the following conditions:

$$f(x)|_{x=L} = -1$$

$$f(x)|_{x=T} = 0$$

$$f(x)|_{x=U} = 1$$

In the above equation, U , L , and T indicate the upper limit, the lower limit and the threshold for parameter X , respectively. Thus, we have:

$$f(x) = \frac{(U - L)(U - T)}{(U + L - 2T)X + UT + LT - 2LU}$$

Then, the equation can be standardised as follows:

$$S_i = \frac{(U_i - L_i)(X_i - T_i)}{(U_i + L_i - 2T_i)X_i + U_iT_i + L_iT_i - 2U_iL_i}$$

Using n indicators, an outer regular polygon of n -sides can be created in which n vertices and the central point represent $S_i=1$ and $S_i=-1$, respectively. Additionally, the value of the corresponding standardised indicator is defined by the radius from each vertex to the central point.

The threshold values of the indicators meeting $S_i=0$ ($X_i = T$) are represented by an inner polygon that is situated halfway between the outer polygon and the polygon centre. The values of the standardised indicators that are located inside and outside the inner polygon are negative and lower than their thresholds and positive and higher than their threshold values, respectively (Figure 2).

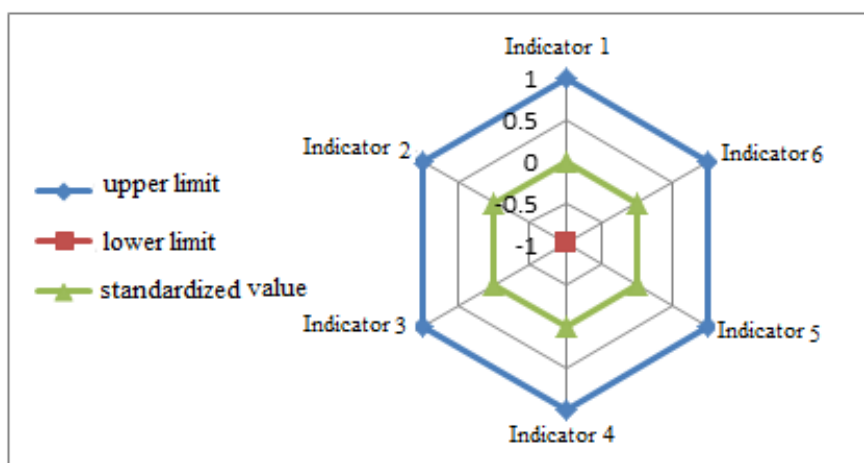


Figure 2. FPPSI Method

Рисунок 2. Метод СИМП

To calculate the number of triangles created by the lines between the central point and the n indicators (vertices), the following equation is used:

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

In the same vein, the polygon's total area is estimated based on the following equation:

$$0.5 \sum_i (S_i + 1)(S_j + 1) \ln \left(\frac{\pi}{n} \right)$$

where S_i and $S_j + 1$ are the indicator i and the distance from the endpoint of indicator i to the central point, respectively. The standardisation interval is equal to $[-1, +1]$.

In this way, $n \times (n - 1)/2 = n!/2$ triangles are produced from the number of indicators $(n - 1)/2$. Their total area is obtained as follows:

$$\left(0.5 \sin \left(\frac{\pi}{n} \right) \sum_{i,j} (S_i + 1)(S_j + 1) \right) * \frac{n!}{2} * \frac{2}{n(n-1)}$$

To estimate the total areas of the $(n - 1)/2$ regular outer polygons (with a side two units in length), the following equation is used:

$$0.5 \times 4 \times n \times \frac{(n-1)!}{2}$$

Finally, the FPPSI value is calculated as follows:

$$S = \frac{\sum_{i,j} (S_i + 1)(S_j + 1)}{2n(n-1)}$$

In this equation, the total of the values of all indicators at a hierarchy's lower level has been represented by S . Indicating the value of synthetic indicator; it can also be standardised to reflect the immediately higher level in the hierarchy [26-28].

RESULTS

In this study, the maximum and minimum limits and standards of air pollution indicators were used. In the FPPSI method, the values higher than the standard level indicate less pollution and vice versa. Put differently, the closer the pollution level to -1, the greater pollution will be, and the

closer the value of pollution to +1, the lower pollution will be.

As is evident in the results of 2008, the fifth indicator (i.e., suspended particulate matter less than 10 microns) with an average value of 0.375151 had a greater effect than other pollution indicators on the health of residents and tourists and air pollution and instability in Ilam City. After that, sulphur dioxide gas (average value = 0.434545), ozone gas (average value = 0.5801060) and carbon monoxide gas (average value=0.757576) were ranked from highest to lowest in terms of their level of their contribution to air pollution in Ilam City, respectively. Compared to other pollutants, nitrogen dioxide (NO₂) with an average of 0.7589750 had the least effect on pollution in Ilam City.

In 2009, from among the pollution indicators in question, average particulate matter of less than 10 microns (i.e., 5th indicator) and sulphur dioxide gas had the greatest impact on the health risks of the residents and visitors and the air pollution of Ilam City with a value of 0.250142 and 0.309629, respectively. The lowest impact levels were of carbon monoxide (CO), ozone (O₃), and nitrogen dioxide (NO₂) with an average of 0.772358, 0.709989, and 0.573276, respectively.

Based on Figure 3, in 2010, sulphur dioxide (i.e., indicator No. 2) with an average of 0.338887 had the highest effect on the air pollution and instability of Ilam City. With an average of 0.6326, suspended particulate matter (i.e., indicator No.5) was found to be the second most significant air pollutant in Ilam City. Ozone gas (i.e., indicator No. 4) with an average of 0.6342 had the same effect as suspended particles. Compared to the five indicators studied, carbon monoxide gas (i.e., indicator No. 1) accounted for the lowest pollution level in the year in question.

In 2011, as far as the effect on the instability and air pollution of Ilam City is concerned, sulphur dioxide (i.e., indicator No.2) with an average of 0.3694, ozone with an average of 0.6576, nitrogen with an average of 0.7303 and suspended particles with an average of 0.7353 ranked from the highest to the lowest. Carbon monoxide gas with an average of 0.7723 had the least effect on air pollution and subsequent instability in Ilam City.

In 2012, sulphur dioxide (i.e., indicator No.2) and suspended particles (i.e., indicator No.5) were ranked first and second in terms of effect on air pollution and instability in Ilam City with an average of 0.2679 and 0.43070, respectively; meanwhile, ozone gas with an average of 0.6506 was more stable than in the years before 2012. Carbon monoxide indicator with an average of 0.7873 and nitrogen dioxide with an average of 0.7458 had the lowest effect on pollution, respectively.

As is evident from Figure 3, in 2013, the sulphur dioxide (i.e., indicator No.2) with an average of 0.23377, suspended particulates (i.e., indicator No.5) with an average of 0.4728 contributed the most to air pollution and instability in Ilam City, respectively. In terms of the effect on the instability of Ilam city, the next higher positions in the ranking belonged to ozone gas with an average of 0.6506, nitrogen dioxide with an average of 0.7563 and carbon monoxide with an average of 0.7873.

In 2014, as in the previous years, sulphur dioxide (i.e., indicator No. 2) with an average of 0.2679 had the top ranking in terms of the effect on instability and air pollution in Ilam. The contribution of suspended particulates (i.e., indicator No. 5) to the air pollution of Ilam city was approximately the same as ozone gas i.e., 0.6544 vs. 0.6558. However, the former indicator (i.e., suspended particulates matter) showed more stability, decreasing its role in the city's air pollution. Nitrogen dioxide and carbon monoxide were ranked the lowest by the effect on air pollution and instability in Ilam City with an average of 0.7277 and 0.78723, respectively.

Likewise, considering Figure 3, in 2015, the order of indicators by the effect on the air pollution and instability in Ilam City from the highest to lowest was as follows: sulphur dioxide (i.e., indicator No. 2) with an average of 0.2111, nitrogen dioxide (NO₂) with an average of 0.7099, suspended particulates with an average of 0.7124, ozone gas with an average of 0.7258 and finally, carbon monoxide with an average of 0.75756.

As per Figure 3, like 2008-2015, in 2016, sulphur dioxide (SO₂) with an average of 0.1773 made the biggest contribution to air instability in Ilam City. Following it, suspended particulates with an average value of 0.6764, sulphur dioxide with an average of 0.6851, sulfur monoxide gas with an average of 0.7429 had the greatest effect on air pollution in Ilam, respectively. Ozone gas with an average of 0.7595 had a more stable situation in the year in question and led to less air pollution in Ilam.

In 2017, sulphur dioxide (i.e., indicator No. 2) with an average of 0.152091 contributed the most to the air pollution and instability in Ilam, followed by suspended particles, nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide and ozone gas with an average of 0.685397, 0.6875667, 0.7258 and 0.728543, respectively.

According to Figure 3, in 2018, sulphur dioxide gas (i.e., indicator No. 2) with an average of 0.16117 played the most prominent part in air pollution and instability of Ilam City. After that, suspended particulates with an average of 0.658807, nitrogen dioxide with an average of 0.668039, ozone gas with an average of 0.71875 and carbon monoxide with an average of 0.742972 were the next factors having the greatest effect on air and instability in Ilam City, respectively.

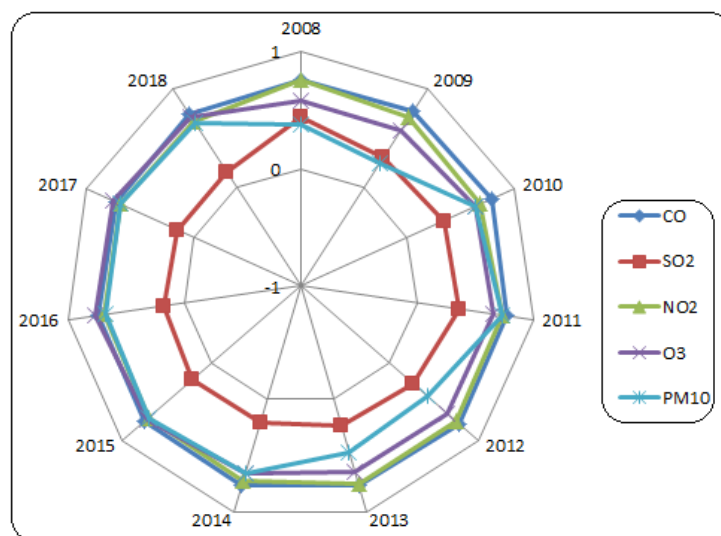


Figure 3. Status of air pollution indicators in Ilam City in 2008-2018

Рисунок 3. Состояние показателей загрязнения воздуха в городе Илам в 2008-2018 годах

As seen in Figure 4 and Table 2, from among five main/leading indicators of air pollution, the average sulphur dioxide content in the air of Ilam City can be considered the most important and primary factor of instability and air pollution in the period under study. As

one of the critical environmental pollutants in Iran in recent years, suspended particulates of less than 10 microns were the second-highest pollutant after sulphur dioxide. After these two factors, average ozone gas content contributed the most to air pollution in Ilam City.

Table 2. FPPSI of air pollution indicators in Ilam City in 2008-2018

Таблица 2. FPPSI показателей загрязнения воздуха в городе Илам в 2008-2018 гг.

Average air pollution Среднее значение загрязнения воздуха	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CO	0.757576	0.772358	0.787321	0.772358	0.787321	0.772358	0.772358	0.75758	0.742972	0.728543	0.742972
SO ₂	0.434545	0.309629	0.338887	0.369402	0.267934	0.23377	0.203735	0.21112	0.177384	0.152091	0.16117
NO ₂	0.758975	0.709989	0.685105	0.730336	0.74586	0.756339	0.72777	0.70999	0.685105	0.6875667	0.668039
O ₃	0.580106	0.573276	0.634221	0.657609	0.650641	0.64557	0.655844	0.72589	0.759511	0.754032	0.71875
PM10	0.375151	0.250142	0.632663	0.735339	0.430702	0.472841	0.654419	0.71244	0.676483	0.685397	0.658807

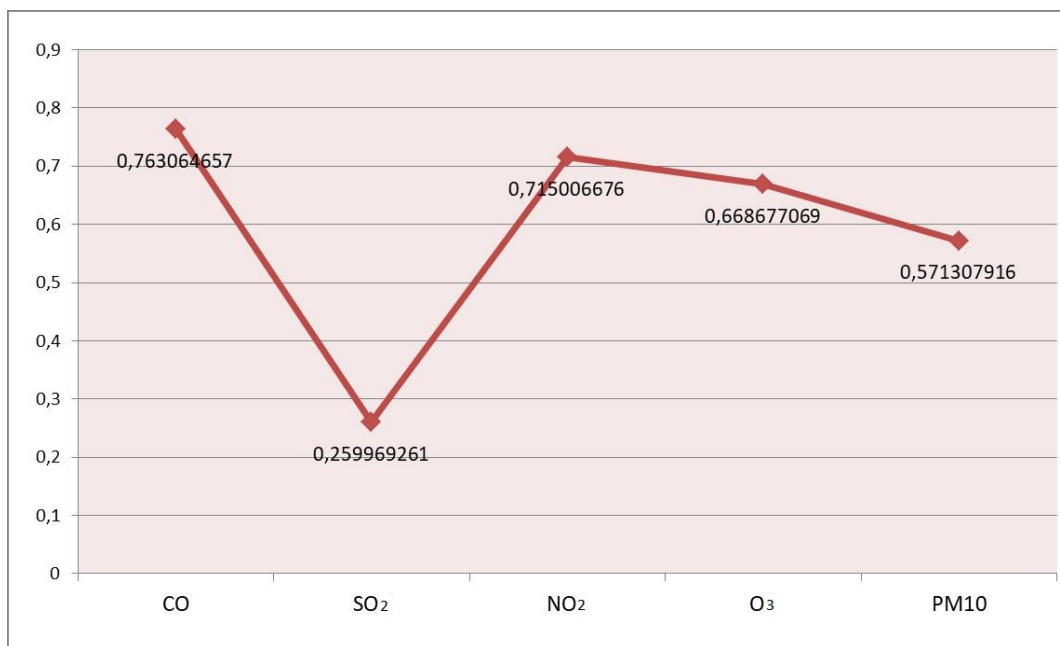


Figure 4. Average FPPSI of air pollution indicators in Ilam City in 2008-2018

Рисунок 4. Средний FPPSI показателей загрязнения воздуха в городе Илам в 2008-2018 гг.

DISCUSSION

Awareness of the natural environment of a given tourist destination, especially air quality as a reference point for

health geography, is a newly debated issue. Hence, threat of air pollution and its direct relationship with the increase or decrease in the presence of tourists has intensified the

importance of giving due attention to environmental issues of both tourist origin and destination countries when the development of tourism and health tourism is in considered. Severe air pollution has driven international tourists out of China [29] on the one hand and forced Chinese tourists to travel abroad on the other [30]. Thereupon, using a gravitational model in Beijing, they found that air quality has negatively influenced China's inbound tourism remarkably [31]. According to some researchers, environmental phenomena like air pollution have also contributed to the accelerated incidence of viruses such as SARS-CoV-2. Hence, exposure to air pollution is associated with a higher incidence of SARS-CoV-2 and of COVID-19-induced mortality [32].

According to the results obtained from the average of FPPSI of air pollutants during the years studied, as is evident from the standard of some indicators, Ilam's environmental conditions have approached instability during the years in question. This contradicts the goals of *Land Use Planning Document 2020* that has introduced Ilam city as the pole of health tourism development in Ilam province [21]. This problem, in turn, necessitates giving due consideration to the environmental issues by the province's policy-makers and authorities in terms of the type of air pollutant and magnitude of effect on health tourism development.

Based on research results, the effect of sulphur dioxide on environmental instability and air quality of Ilam City in terms of attracting health tourism is higher than other pollutants. This finding was in line with those reported by Seydaei *et al* [27] for the Isfahan metropolis and Hosseini *et al* [28] for the Ahwaz metropolis. These studies differ only in that the levels of instability and diversity of pollutants in the metropolises/big cities of Iran (i.e., Tehran, Ahwaz, and Isfahan) are much higher than in the city of Ilam. Just as air pollution can affect the development of health tourism, so can tourism development affect the quality of air in destination cities. [27-28].

Some researchers have examined the effect of tourism development on air quality, showing that the contribution of tourists' behavior to air pollution cannot be ignored [33]. They claim that 8% of the greenhouse gas emissions worldwide can be attributed to the tourism industry. Thus an increase in the number of tourists by 1% could bring in an increase in the PM10 by 0.45% [34]. Tourism also significantly affects CO₂ emissions. Given the rising trends in environmental pollution in the form of CO₂ emissions, it remains to be seen what solutions developing countries such as Malaysia, Thailand, and Singapore (as emerging economies in this field facing a steady increase in the number of tourists), offer in the future to develop medical tourism [35].

During 2008-2009, the average of particulate matter of less than 10 microns (PM10) had a greater effect on instability and air pollution in Ilam City than other pollution indicators (with an average of 0.375151 vs. 0.250142, respectively). Overall, during the years 2018-2010, sulphur dioxide (SO₂) gas with an average of 0.338887, 0.369402, 0.267934, 0.23377, 0.203735, 0.211115, 0.177384, 0.152091, 0.152091, 0.687567, 0.754032, 0.685397 and 0.152091, respectively, has made a greater contribution to air pollution of Ilam city. With a value of 0.16117, sulphur dioxide gas (SO₂) had the greatest effect in 2018, creating more instability. In this study, suspended particulate matter was ranked the second, after

sulphur dioxide, most important pollutant in Ilam city. This finding was contrary to the Land Use Planning Document that has enumerated an average particulate matter of less than 10 microns as the most crucial threat facing Ilam's environmental domain. In view of the foregoing, one possible future direction of research would be to investigate the effect of these two pollutants, and in particular sulphur dioxide, which is recognized as the most significant pollutant during the recent years to threatening the health of tourists and citizens in Ilam City. The interference of air quality on tourism development has recently come into greater focus in some countries and has entailed important implications for the tourism economy given the recent epidemic. Thus, considering Iran's neighbors requiring medical services, it seems necessary to achieve an integrated understanding of air pollution, tourism and the recent epidemic and explore their interrelationships by adopting a complex strategy for the attraction of health tourists based on air quality.

CONCLUSIONS

Air pollution is recognised as one of the significant environmental concerns and threats facing the health of residents and visitors and, subsequently, health tourism development. Where various regions/areas of equal potential differ in environmental quality, the cleanest region will enjoy higher competitiveness. The present study examined the air pollutants as a threat to health tourism in Ilam over an 11-year period. Given the average FPPSI of contaminants during 2008-2018, the environmental conditions of Ilam City have approached instability in terms of some indicators, with sulphur dioxide making the most significant contribution to the environmental/ecological instability of this city. The novelty of this research is that it is the first time that one of the most important environmental factors, i.e. air pollution has been examined in connection with the development of the health tourism industry in Iran and in one of the high-capability border cities (due to having active border crossings with Iraq) in attracting this category of tourists. Furthermore, according to upstream documents, especially Ilam's Land-use Studies & Planning Document [21], the level of suspended particulates of less than 10 microns (PM10) has been identified as the most serious risk/threat facing the environment of this province. According to the results of this study, the most important threat to the city of Ilam in the field of environment and consequently of health tourism is sulphur dioxide followed by particulate matter of less than 10 microns (PM10). Hence, prior to embarking upon the health tourism development initiatives, planners and policy makers are required to pay special attention to identifying the hazards caused by the unawareness of this pollutant (it has not been considered in the upstream documents) and its subsequent negative effects on the health of residents and tourists, taking into accounting the recent epidemic.

REFERENCES

1. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979_eng.pdf. (accessed 26.09.2016)
2. Rodrigues H., Brochado A., Troilo M., Mohsin A. Mirror, mirror on the wall, who's the fairest of them all? A critical content analysis on medical tourism. *Tour Manag Perspect*, 2017, vol. 24, pp. 16-25.

3. Manna R., Cavallone M., Ciasullo M.V., Palumbo R. Beyond the rhetoric of health tourism: shedding light on the reality of health tourism in Italy. *Curr Issues Tourism*, 2019, vol. 23, iss. 14, pp. 1805-1819. DOI: 10.1080/13683500.2019.1650726
4. Heung V.C.S., Kucukusta D., Song H. Medical tourism development in Hong Kong: an assessment of the barriers. *Tourism Manag.*, 2011, vol. 32, pp. 995-1005. DOI: 10.1016/j.tourman.2010.08.012
5. Connell J. Medical tourism: Sea, sun, sand and... surgery. *Tourism management*, 2006, vol. 27(6), pp. 1093-100.
6. De la Hoz-Correa A., Muñoz-Leiva F., Bakucz M. Past themes and future trends in medical tourism research: a co-word analysis. *Tourism Manage*, 2018, vol. 65, pp. 200-211. DOI: 10.1016/j.tourman.2017.10.001
7. Eusébio C., João Carneiro M., Madaleno M., Robaina M., Rodrigues V., Russo M., Relvas H., Gama C., Lopes M., Seixas V., Borrego C., Monteiro A. The impact of air quality on tourism: a systematic literature review. *Journal of Tourism Futures*. 2021, vol. 7, no. 1, pp. 111-130.
8. Becken S., Jin X., Zhang C., Gao J. Urban air pollution in China: destination image and risk perceptions. *J. Sustain. Tour.* 2017, vol. 25, pp. 130-147.
9. Xu X., Dong D., Wang Y., Wang Sh. The Impacts of Different Air Pollutants on Domestic and Inbound Tourism in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, vol. 16 (24), article number: 5127. DOI: 10.3390/ijerph16245127
10. Qaderi F., Ebrahimi Ghadi M., Babanezhad E. Determining effect of meteorological parameters on tourism of metropolises based on presenting integrated spatial-temporal predicting model for air pollutants (case study: Tehran). *Journal of Tourism Planning and Development*, 2019, vol. 8 (29), pp. 57-70. DOI: 10.22080/jtpd.2018.14042.2832
11. Special Report Global Warming of 1.5°C. Available at: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (accessed 13.05.2020)
12. Brunekreef B., Holgate S.T. Air pollution and health. *Lancet*, 2002, vol. 360, pp. 1233-1242. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)11274-8
13. Landrigan P., Fuller R., Acosta N.J.R., Adeyi O., Arnold R., Basu N., Balde A.B., Bertollini R., Boufford J.I., Breyse P.N., et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*, 2017, vol. 391, pp. 462-512. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0
14. Burnett R., et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018, vol. 115(38), pp. 9592-9597. DOI: 10.1073/pnas.1803222111
15. Snow S.J., Henriquez A.R., Costa D.L., Kodavanti U.P. Neuroendocrine Regulation of Air Pollution Health Effects: Emerging Insights. *Toxicol Sci.*, 2018, vol. 164 (1), pp. 9-20. DOI: 10.1093/toxsci/kfy129
16. Xue-Dan Song, Se Wang, Ce Hao, Jie-Shan Qiu. Investigation of SO₂ gas adsorption in metal-organic frameworks by molecular simulation. *Inorganic Chemistry Communications*. 2014, vol. 46, pp. 277-281.
17. Zubietaa C.E., Fortunatob L.F., Belellia P.G., Ferullo R.M. Theoretical study of SO₂ adsorption on goethite surface. *Applied Surface Science*. 2014, vol. 314, pp. 558-563.
18. Lutgens F.K., Tarbuck E.J., Tasa D. The Atmosphere: An Introduction to Meteorology. Prentice Hall Publications. 2000. 484 p.
19. Wang Z., Chen L., Tao J., Zhang Y. and Su L. Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method. *Remote Sensing of Environment*. 2010, vol. 114, pp. 50-63.
20. Nieuwenhuijsen M.J., Basagañ X., Davdand P., Martine D., Cirach M., Beelen R., Jacquemin B. Air pollution and human fertility rates. *Environment International*. 2014, vol. 70, pp. 9-14.
21. Land Use Studies & Planning for Ilam Province. A summation & conclusion of studies on current status. 2020.
22. Statistical Center of Iran, 2016 National Population & Housing Census, Ilam City. 2017.
23. Management and Planning Organization of Ilam Province. The status of Ilam Province in the realization of land use orientations. 2017.
24. Statistical Yearbook of Ilam Province. Management and Planning Organization (MPO) of Ilam Province. 2020. V. 2.
25. *Environmental Protection Agency* of Ilam Province. 2018.
26. Li F., Liu X., Hu D., Wang R., Yang W., Li D., Zhao D. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City. *Landscape and Urban Planning*, 2009, vol. 90, pp. 134-142. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.10.022
27. Seydaei S., Hosseini S., Yazdanbaks B. Evaluation of the Environmental Sustainability of Isfahan with an Emphasis on Air Pollution. *Geography and Environmental Planning*, 2018, vol. 29(1), pp. 113-126 (In Persian). DOI: 10.22108/gep.2018.97857.0
28. Hosseini S., Nader Khani Z., Yazdan Bakhsh B. Evaluation of the environmental sustainability of Ahwaz with an emphasis on air pollution (Using FPPSI method). *Journal of Natural Environment*, 2017, vol. 70 (2), pp. 309-317. DOI: 10.22059/jne.2017.201026.1112
29. Dong D., Xu X., Wong Y.F. Estimating the Impact of Air Pollution on Inbound Tourism in China: An Analysis Based on Regression Discontinuity Design. *Sustainability*, 2019, vol. 11, article number: 1682. DOI: 10.3390/su11061682
30. Wang L., Fang B., Law R. Effect of air quality in the place of origin on outbound tourism demand: Disposable income as a moderator. *Tour. Manag.* 2018, vol. 68, pp. 152-161.
31. Xu B., Dong D. Evaluating the Impact of Air Pollution on China's Inbound Tourism: A Gravity Model Approach. *Sustainability*, 2020, vol. 12, article number: 1456. DOI: 10.3390/su12041456
32. Woodby B., Arnold M.M., Valacchi G. SARS-CoV-2 infection, COVID-19 pathogenesis, and exposure to air pollution: What is the connection? *Ann NY Acad Sci.*, 2021, vol. 1486(1), pp. 15-38. DOI: 10.1111/nyas.14512
33. Sáenz-de-Miera O., Rosselló J. Tropospheric ozone, air pollution and tourism: a case study of Mallorca. *Journal of Sustainable Tourism*, 2013, vol. 21, iss. 8, pp. 1232-1243. DOI: 10.1080/09669582.2013.776061
34. Sáenz-de-Miera Ó., Rosselló J. Modeling tourism impacts on air pollution: the case study of PM10 in Mallorca. *Tourism Management*, 2014, vol. 40, pp. 273-281. DOI: 10.1016/j.tourman.2013.06.012
35. Azam M., Alam M.M., Hafeez M.H. Effect of Tourism on Environmental Pollution: Further Evidence from Malaysia, Singapore and Thailand. *Journal of Cleaner Production*. 2018, vol. 190, pp. 330-338.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Global Recommendations on Physical Activity for Health. URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44399/1/9789241599979_eng.pdf. (дата обращения: 26.09.2016)
2. Rodrigues H., Brochado A., Troilo M., Mohsin A. Mirror, mirror on the wall, who's the fairest of them all? A critical content analysis on medical tourism // *Tour Manag Perspect*. 2017. V. 24. P. 16-25.
3. Manna R., Cavallone M., Ciasullo M.V., Palumbo R. Beyond the rhetoric of health tourism: shedding light on the reality of health tourism in Italy // *Curr Issues Tourism*. 2019. V. 23. Iss. 14. P. 1805-1819. DOI: 10.1080/13683500.2019.1650726
4. Heung V.C.S., Kucukusta D., Song H. Medical tourism development in Hong Kong: an assessment of the barriers // *Tourism Manag*. 2011. V. 32. P. 995-1005. DOI: 10.1016/j.tourman.2010.08.012
5. Connell J. Medical tourism: Sea, sun, sand and... surgery // *Tourism management*. 2006. V. 27(6). P. 1093-100.
6. De la Hoz-Correa A., Muñoz-Leiva F., Bakucz M. Past themes and future trends in medical tourism research: a co-word analysis // *Tourism Manage*. 2018. V. 65. P. 200-211. DOI: 10.1016/j.tourman.2017.10.001
7. Eusébio C., João Carneiro M., Madaleno M., Robaina M., Rodrigues V., Russo M., Relvas H., Gama C., Lopes M., Seixas V., Borrego C., Monteiro A. The impact of air quality on tourism: a systematic literature review // *Journal of Tourism Futures*. 2021. V. 7. N 1. P. 111-130.
8. Becken S., Jin X., Zhang C., Gao J. Urban air pollution in China: destination image and risk perceptions // *J. Sustain. Tour*. 2017. V. 25. P. 130-147.
9. Xu X., Dong D., Wang Y., Wang Sh. The Impacts of Different Air Pollutants on Domestic and Inbound Tourism in China // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. V. 16 (24). Article number: 5127. DOI: 10.3390/ijerph16245127
10. Qaderi F., Ebrahimi Ghadi M., Babanezhad E. Determining effect of meteorological parameters on tourism of metropolises based on presenting integrated spatial-temporal predicting model for air pollutants (case study: Tehran) // *Journal of Tourism Planning and Development*. 2019. V. 8 (29). P. 57-70. DOI: 10.22080/jtpd.2018.14042.2832

11. Special Report Global Warming of 1.5°C. URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (дата обращения: 13.05.2020)
12. Brunekreef B., Holgate S.T. Air pollution and health // *Lancet*. 2002. V. 360. P. 1233-1242. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)11274-8
13. Landrigan P., Fuller R., Acosta N.J.R., Adeyi O., Arnold R., Basu N., Balde A.B., Bertollini R., Boufford J.I., Breyse P.N., et al. The Lancet Commission on pollution and health // *Lancet*. 2017. V. 391. P. 462-512. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32345-0
14. Burnett R., et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018. V. 115(38). P. 9592-9597. DOI: 10.1073/pnas.180322211
15. Snow S.J., Henriquez A.R., Costa D.L., Kodavanti U.P. Neuroendocrine Regulation of Air Pollution Health Effects: Emerging Insights // *Toxicol Sci*. 2018. V. 164 (1). P. 9-20. DOI: 10.1093/toxsci/kfy129
16. Xue-Dan Song, Se Wang, Ce Hao, Jie-Shan Qiu. Investigation of SO₂ gas adsorption in metal-organic frameworks by molecular simulation // *Inorganic Chemistry Communications*. 2014. V. 46. P. 277-281.
17. Zubietaa C.E., Fortunatob L.F., Belellia P.G., Ferullo R.M. Theoretical study of SO₂ adsorption on goethite surface // *Applied Surface Science*. 2014. V. 314. P. 558-563.
18. Lutgens F.K., Tarbuck E.J., Tasa D. The Atmosphere: An Introduction to Meteorology. Prentice Hall Publications. 2000. 484 p.
19. Wang Z., Chen L., Tao J., Zhang Y. and Su L. Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method // *Remote Sensing of Environment*. 2010. V. 114. P. 50-63.
20. Nieuwenhuijsen M.J., Basagañ X., Dadvand P., Martine D., Cirach M., Beelen R., Jacquemin B. Air pollution and human fertility rates // *Environment International*. 2014. V. 70. P. 9-14.
21. Land Use Studies & Planning for Ilam Province. A summation & conclusion of studies on current status. 2020.
22. Statistical Center of Iran, 2016 National Population & Housing Census, Ilam City. 2017.
23. Management and Planning Organization of Ilam Province. The status of Ilam Province in the realization of land use orientations. 2017.
24. Statistical Yearbook of Ilam Province. Management and Planning Organization (MPO) of Ilam Province. 2020. V. 2.
25. *Environmental Protection Agency* of Ilam Province. 2018.
26. Li F., Liu X., Hu D., Wang R., Yang W., Li D., Zhao D. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City // *Landscape and Urban Planning*. 2009. V. 90. P. 134-142. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.10.022
27. Seydaei S., Hosseini S., Yazdanbaks B. Evaluation of the Environmental Sustainability of Isfahan with an Emphasis on Air Pollution // *Geography and Environmental Planning*. 2018. V. 29(1). P. 113-126 (In Persian). DOI: 10.22108/gep.2018.97857.0
28. Hosseini S., Nader Khani Z., Yazdan Bakhsh B. Evaluation of the environmental sustainability of Ahwaz with an emphasis on air pollution (Using FPPSI method) // *Journal of Natural Environment*. 2017. V. 70 (2). P. 309-317. DOI: 10.22059/jne.2017.201026.1112
29. Dong D., Xu X., Wong Y.F. Estimating the Impact of Air Pollution on Inbound Tourism in China: An Analysis Based on Regression Discontinuity Design // *Sustainability*. 2019. V. 11. Article number: 1682. DOI: 10.3390/su11061682
30. Wang L., Fang B., Law R. Effect of air quality in the place of origin on outbound tourism demand: Disposable income as a moderator // *Tour. Manag.* 2018. V. 68. P. 152-161.
31. Xu B., Dong D. Evaluating the Impact of Air Pollution on China's Inbound Tourism: A Gravity Model Approach // *Sustainability*. 2020. V. 12. Article number: 1456. DOI: 10.3390/su12041456
32. Woodby B., Arnold M.M., Valacchi G. SARS-CoV-2 infection, COVID-19 pathogenesis, and exposure to air pollution: What is the connection? // *Ann NY Acad Sci*. 2021. V. 1486(1). P. 15-38. DOI: 10.1111/nyas.14512
33. Sáenz-de-Miera O., Rosselló J. Tropospheric ozone, air pollution and tourism: a case study of Mallorca // *Journal of Sustainable Tourism*. 2013. V. 21. Iss. 8. P. 1232-1243. DOI: 10.1080/09669582.2013.776061
34. Sáenz-de-Miera Ó., Rosselló J. Modeling tourism impacts on air pollution: the case study of PM10 in Mallorca // *Tourism Management*. 2014. V. 40. P. 273-281. DOI: 10.1016/j.tourman.2013.06.012
35. Azam M., Alam M.M., Hafeez M.H. Effect of Tourism on Environmental Pollution: Further Evidence from Malaysia, Singapore and Thailand // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 190. P. 330-338.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Somayeh S. Hosseini defined the idea of the study, built its logic, participated in field research, compiled cartographic material and structured the results of the study. Massoud Taghvaei formulated the problem, defined research methods, participated in field research, structured the text of the article in the logic of research and selected bibliographic sources. Eskandar S. Seidaei participated in field research and structured the text of the article in the logic of research. Yones Gholami structured the text of the article in the logic of research and participated in the production of the graphic material of the article. Zagir V. Ataev performed an analysis of the existing experience and formulated the conclusions of the study. 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.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сомайех С. Хоссейни определил идею исследования, выстроил логику исследования, участвовал в полевых исследованиях, составил картографический материал, структурировал результаты исследования. Масуд Тагвайи сформулировал проблему, определил методы исследования, участвовал в полевых исследованиях, структурировал текст статьи в логике исследования, подбирал библиографические источники. Эскандар С. Сейдаи участвовал в полевых исследованиях, структурировал текст статьи в логике исследования. Йонес Голами структурировал текст статьи в логике исследования, участвовал в изготовлении графического материала статьи. Загир В. Атаев выполнил анализ имеющегося опыта, сформулировал выводы исследования. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Somayeh S. Hosseini / Сомайех С. Хоссейни <https://orcid.org/0000-0002-9043-697X>

Massoud Taghvaei / Масуд Тагвайи <https://orcid.org/0000-0001-5486-5972>

Eskandar S. Seidaei / Эскандар С. Сейдаи <https://orcid.org/0000-0002-5453-4487>

Yones Gholami / Йонес Голами <https://orcid.org/0000-0001-6585-3395>

Zagir V. Ataev / Загир В. Атаев <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

Review article / Обзорная статья

УДК 003.314

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-150-209

The article is published in the author's edition

The Solar Stag of the Chamalals and Tindals and other masonry petroglyphs in the upper Andiiskoe Koisu region of Dagestan and their relationships to similar phenomena in the mountain communities of the Caucasus: Socio-ecological and historical perspectives

Guy Petherbridge, Abubakar M. Ismailov, Alimurad A. Gadzhiev, Murtuzali R. Rabadanov, Abdul-Gamid M. Abdulaev, Marim M. Murtuzalieva, Daitbek M. Saipov, Shamkhaldibir M. Isaev and Madina G. Daudova

Dagestan State University, Makhachkala, 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.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

How to cite this article

Petherbridge G., Ismailov A.M., Gadzhiev A.A., Rabadanov M.R., Abdulaev A.-G.M., Murtuzalieva M.M., Saipov D.M., Isaev Sh.M., Daudova M.G. The Solar Stag of the Chamalals and Tindals and other masonry petroglyphs in the upper Andiiskoe Koisu region of Dagestan and their relationships to similar phenomena in the mountain communities of the Caucasus: Socio-ecological and historical perspectives. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 150-209. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-150-209

Received 30 March 2022

Revised 18 April 2022

Accepted 29 April 2022

Abstract

Aim. Following the discovery of a number of iconographically unique masonry petroglyphs depicting a red deer solar stag (i.e. bearing the sun between its antlers) in settlements of the Chamalal ethno-linguistic group in the upper Andiiskoe Koisu region of the Tsumadinskiy district of Dagestan, the aim of the research has been: (1) to survey the region to ascertain whether other images of this nature existed and to understand the relationship of the corpus to other petroglyphs produced within the Avar-Ando-Dido metacultural zone and of neighbouring ethnic groups in the Caucasus; (2) to study the evolution and meaning to the community of the petroglyphic imagery and (3) to understand the mechanisms by which peoples of the Caucasus shared and adapted polytheistic belief systems arising from the deep past following their conversion to Christianity and Islam.

Materials and Methods. Research activities involved field surveys of traditional buildings within the ethno-linguistic enclaves of the upper Andiiskoe Koisu which might contain masonry petroglyphs and their photographic documentation. A thorough survey of the scientific literature impacting on this field in the Caucasus was undertaken in the libraries and institutions of Dagestan, Moscow and Saint Petersburg. This data added to the documentation of masonry petroglyphs already undertaken in the Gidatli communities of the upper Avarskoe Koisu region.

Results. Field surveys resulted in the discovery of more petroglyphs of the solar stag iconography both within Chamalal territory and that of the neighbouring Tindals as well as other petroglyphs of interest in neighbouring republics of the North Caucasus. A socio-ecological assessment of local habitats which might have sustained both red deer and bezoar goat (the principal game animals since human presence in the region) indicated that the bezoar goat inhabited the territories of both groups but were now rarely found in Chamalal lands. While red deer did inhabit the forests of the Tindals, it appears that they never frequented those of the Chamalals, who must have travelled to hunt them in forests further to the south.

Conclusion. The research confirmed the presence of a unique corpus of petroglyphic imagery attesting to beliefs in a solar stag which may date back to period of man's re-inhabiting the upper Andiiskoe Koisu region in the early Holocene. Indigenous beliefs relating both to the red deer and the bezoar goat initially represented in rock face petroglyphs of the eastern Dagestan piedmonts and rock paintings of the mountainous regions were by the late Bronze Age represented on masonry blocks used in building in the Avar-Ando-Dido metacultural zone. As Christianity spread in Transcaucasia and the Great Caucasus Range, including north-western Dagestan, indigenous images representing the solar stag were conflated with those of the popular Christian cult of the Miracle of Saint Eustace, resulting in the unique petroglyphs of the solar stag common to the Chamalals, Tindals and the communities of the Gidatli area of the Avarskoe Koisu basin.

Key Words

Masonry petroglyphs, Caucasus, Dagestan, Chechnya, minority ethno-linguistic enclaves, ethnoarchaeology, solar stag iconography, syncretistic belief systems, rock art, Saint Eustace.

© 2022 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Солярный олень чамалалов и тиндалов и другие петроглифы на каменных кладках в верховье реки Андийское Койсу Дагестана и их связь с аналогичными явлениями в горных сообществах Кавказа: социально-экологические и исторические перспективы

Гай Петербридж, Абубакар М. Исмаилов, Алимуррад А. Гаджиев, Муртузали Р. Рабаданов, Абдул-Гамид М. Абдулаев, Марим М. Муртузалиева, Даитбек М. Сайпов, Шамхалдибир М. Исаев, Мадина Г. Даудова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, 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 А.М., Гаджиев А.А., Рабаданов М.Р., Абдулаев А.-Г.М., Муртузалиева М.М., Сайпов Д.М., Исаев Ш.М., Даудова М.Г. Солярный олень чамалалов и тиндалов и другие петроглифы на каменных кладках в верховье реки Андийское Койсу Дагестана и их связь с аналогичными явлениями в горных сообществах Кавказа: социально-экологические и исторические перспективы // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 150-209. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-150-209

Получена 30 марта 2022 г.

Прошла рецензирование 18 апреля 2022 г.

Принята 29 апреля 2022 г.

Резюме

Цель. В связи с обнаружением ряда иконографически уникальных петроглифов на каменных кладках с изображением благородного оленя-солнца (т.е. несущего между рогами солнце) в поселениях чамалальской этноязыковой группы верховья реки Андийское Койсу Цумадинского района Дагестана цель исследования заключалась в следующем: (1) провести обследование региона, чтобы выяснить, существовали ли другие изображения такого рода, и понять связь корпуса с другими петроглифами на каменных кладках, созданных в пределах аваро-андо-дидойской метакультурной зоны и соседних этнических групп на Кавказе; (2) изучить эволюцию и значение изображений для сообщества и (3) понять механизмы, с помощью которых народы Кавказа разделяли и адаптировали политеистические системы верований, возникшие из глубокого прошлого после их обращения в христианство и ислам.

Материалы и методы. Исследовательская деятельность включала полевые исследования традиционных построек в пределах этнолингвистических анклавов верховья реки Андийское Койсу, которые могли содержать петроглифы и их фотодокументацию. В библиотеках и учреждениях Дагестана, Москвы и Санкт-Петербурга был проведен тщательный обзор научной литературы, изучающей эту область исследований на Кавказе. Эти материалы дополнили сведения о петроглифах, уже имеющиеся в Гидатлинских общинах верховья реки Аварское Койсу.

Результаты. Полевые исследования привели к открытию большего количества петроглифов на каменных кладках иконографии солярного оленя как на территории Чамалала, так и соседних Тиндалов, а также других представляющих интерес петроглифов в соседних республиках Северного Кавказа. Социально-экологическая оценка местообитаний благородного оленя и безоарового козла (основные промысловые животные региона) показала, что безоаровый козел обитал на территориях обеих групп, но в настоящее время редко встречается на землях Чамалала. В то время как благородный олень обитал только в лесах тиндалов и не посещал леса чамалалов, которые, скорее всего, охотились на них в лесах южнее.

Заключение. Исследования подтвердили наличие уникального корпуса петроглифических изображений, свидетельствующих о представлениях о солярном олене, которые могут относиться к периоду расселения человека в верховьях реки Андийского Койсу в раннем голоцене. Поверья коренных народов о благородном олене и безоаровом козле первоначально представленные в петроглифах скальных поверхностей предгорий Восточного Дагестана и наскальных рисунках горных районов, относятся к позднему бронзовому веку и использовались в виде каменных блоков при строительстве в аварско-андо-дидойской метакультурной зоне. По мере распространения христианства в Закавказье и на Большом Кавказском хребте, включая северо-западный Дагестан, местные изображения солярного оленя были объединены с изображениями популярного христианского Великомученика Евстафия, в результате чего появились уникальные петроглифы оленя, характерные для чамалалы, тиндалы и общины Гидатлинского района бассейна реки Аварское Койсу.

Ключевые слова

Каменные петроглифы, Кавказ, Дагестан, Чечня, этнолингвистические анклавы меньшинств, этноархеология, иконография солярного оленя, синкретические системы верований, наскальное искусство, Святой Юстас.

Here lived very experienced warriors, scholars of customary law, skilled hunters (and by the same token, knowing well the complicated hunting tongue), hereditary masters in the manufacture of high quality fighting bows (which were even sent to the Georgian court of Kakheti) and women who were skilled masters of gold and silver embroidery (cloths, back quivers, hip quivers, etc.) (Chakhkiev, 2009).

INTRODUCTION

This study examines an iconographically unique body of petroglyphs created in the Chamalal and Tindal ethno-linguistic enclaves in highlands of the upper Andiiskoe Koisu (river) region of Dagestan (Tsumadinskiy district) and their relationship to petroglyphs of other communities inhabiting the northern macroslopes of the Great Caucasus Range (Fig. 1).

Dagestan has a rich traditional heritage of inscriptions, ornamentation and images carved or inscribed in stone. By far the greatest number are in Arabic on grave markers in cemeteries and mausolea or on plaques which record the dates of construction and repair of religious buildings or other buildings of community significance (Shikhsaidov, 1984; Markovin, 1972; Goldstein, 1976; Karpov, 1987). Often they are simply short texts in Arabic, invoking Allah or the Prophet Muhammad or excerpts from the Quran placed on walls in various places in a settlement. They are found throughout the republic in a range of forms and styles and have long been the subject of recording and publication by specialists, nowadays primarily by the Institute of Oriental Studies at Dagestan State University and the Institute of Archaeology, History and Ethnography of the Dagestan Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. They are important sources of historical, linguistic, sociological and art historical information.

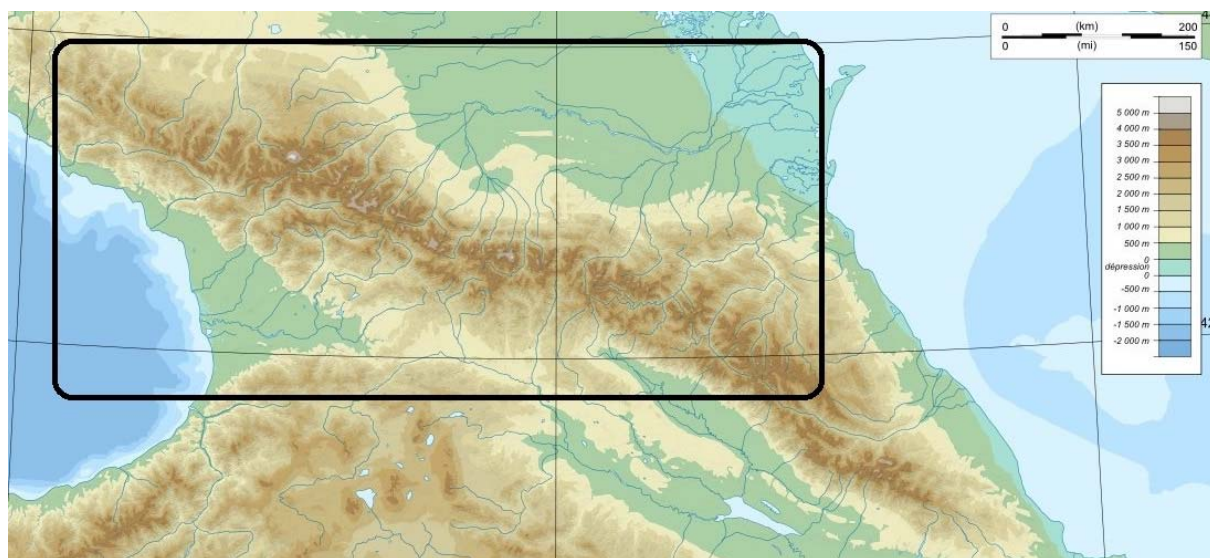


Figure 1. Topographical map of Great Caucasus Range: The black box outlines the general regions in which masonry petroglyphs were a cultural phenomenon from the Late Bronze Age until the pre-modern period

Certain settlements of Dagestan also have living traditions of decorative stone carving applied to domestic, religious and public buildings. These usually frame or emphasise the principal architectural features of buildings (doorways, windows, arches, mosque mihrabs, etc.) (Goldstein, 1972, 1979; Debirrov, 1966). Others are simply rectangular stone panels set into walls with designs probably derived from those of traditional carpet or rugs – or even manuscripts. There also decorative stone bosses set into walls of houses, mosques, minarets and sometimes there are skillfully sculpted stone rings set on mosque facades of beneath the balconies of minaret from which the azan is called.

All these works of stone carving are meaningful in some way to the whole community, even plain, unadorned, but finely executed stone masonry being appreciated as an expression of dedicated and skilled craftsmanship.

Masonry Petroglyphs

An important component of certain stages of the multi-millennial process of socio-ecological development in the Caucasus, particularly amongst those many communities without a written language, was communication and recording by painting or engraving images, signs and symbols on rock surfaces, rock shelters or caves, as was done in many places across the world and in many phases of the human story.

The Avars, the numerically largest ethnic group in Dagestan, did not have their own indigenous writing system and it was not until Islamicisation of their territories that they

adopted Arabic characters with which to write their language, resulting in a diverse and extensive written heritage. However, the indigenous Avar-Ando-Dido (Tsez) minority ethno-linguistic enclaves of the upper Andiiskoe Koisu (Aliev, 1999; Alimova & Magomedov, 1993; Asiyatillov, 1967; Ataev, 1963a & b, 1996; Bulatov, 1990; Gadzhiev, 1988, 1991; Danilina, 1926; Dakhrilgov, 1991; Nikolskaya, 1959; Magomedov, 1975; Dirr, 1909) never expressed their languages in written form, although they did eventually use Arabic language and script not only in religious contexts but also in commercial transactions and for certain legal and administrative needs.

However, there is another important and unique category of communication in worked stone in the mountains of the Caucasus, which served to some degree as a substitute for formal systems of writing. In masonry buildings of rural communities, particularly in the upper reaches of the rivers that drain the northern macroslopes of the Greater Caucasus in Dagestan and Chechnya, there are frequently seen stones built into masonry walls which bear striking petroglyphic images of an abstract, symbolic or narrative nature. The intention behind their creation or placement was clearly to convey some concept or message or mark some event and they clearly emanate from an archaic tradition which, as it were, calls out to be understood. The dilemma of understanding and interpreting them is similar to – or perhaps an extension of – that faced by those trying to interpret the earliest visual records left by man. Fortunately, in the Caucasus, if we are diligent in our quest, we may be gifted with

an inherited tradition, statement or practice relating to a motif or symbol which aids our comprehension of their intention and their role within their communities. Occasionally archaeological or historical research also provides clues to the social motivation behind them or helps in establishing a chronology of their production and evolution.

This study attempts to build a narrative around some of these masonry petroglyph images from a specific area of the Avar-Ando-Dido metacultural zone (Aglarov, 2002; Luguev, 1985, 1987, 1991, 1991; Luguev & Magomedov, 1994, 2000) (Fig. 2) – of the high Caucasus in north-western Dagestan, in the upper reaches of the major river artery called the Andiiskoe Koisu – not as an attempt at direct interpretation

but to try to fit them into the world which created and lived with them through dialogue with members of the communities which have inherited them and the tools and disciplines of historical, genetic, ecological, ethnographic and archaeological research, sometimes by dedicated, passionate scholars who literally gave their very selves to these pursuits. This is thus a human story of both those who created and were the consumers of these images and of those who have endeavoured to understand them and convey their significance and preserve them as a fundamental component of the heritage of the Caucasus, one of the crucibles of human social and spiritual evolution.



Figure 2. Topographical map (1:100 000) of the Avar-Ando-Dido and related Chechnya and Ingushetia metacultural zone in which masonry petroglyphs are encountered. Soviet military map 1:500 000, 1942 (Grozny sector K-38-B)

Here we are not referring to paintings in caves or rock shelters or “galleries” of petroglyphs incised into large exposed rock faces such as were produced by the ancient inhabitants of Val Camonica in Italy or Gobustan in Azerbaijan, although these do provide important comparative data through their imagery or the increasingly dependable means of scientific dating of the time of their execution.

In a phenomenon unique to Georgia, Dagestan, Chechnya and Ingushetia masonry petroglyphs in the form of individual pecked or incised stone blocks or slabs were inserted as components of exterior masonry walls during their construction. They are found on all types of buildings, religious, public and domestic. They were rarely used on internal walls, which are usually plastered, although they occasionally occur inside mosques in association with Arabic inscriptional plaques set into the walls.

These masonry petroglyphs bear broadly consistent categories and renditions of motifs, signs and symbols, usually

individually on a single stone or sometimes grouped in association on a single stone. These stones may be corner stones or inserted among others in the general masonry construction of a wall.

The imagery is limited by the sizes of the individual stones used in masonry which precludes the depiction of the complex visual compositions and palimpsests sometimes found in the painted art of the rock shelters and the rock face petroglyphs of the Caucasus piedmont regions. Visual narratives on a single stone are generally limited to simple hunting scenes, or horsemen with lance and banner. Sometimes individual petroglyphic stones are grouped together linearly to create a decorative impact or reinforce an apotropaic intention (as happens in some tower houses and tower fortifications of Chechnya and Ingushetia, as will be described below) but individual petroglyphic stones are generally not placed in any intentional way in relation to other petroglyph stones to create narrative compositions.

Sometimes walls also appear to function as “galleries” with an array of both Arabic inscriptions and petroglyphic images, as is the case of the facade of the mosque of Kala Koreish of the 11th-12th century in the Dakhadaevskiy district of central Dagestan.

The petroglyph images can be broadly grouped into two categories: non-figurative (aniconic) and figurative. In the Caucasus non-figurative images range from those which have a clear symbolic character (including labyrinths, spirals, swastikas, crosses and those which are essentially circular with centred rayed, whorl and rosette designs) to others which are less easy to classify and are made up of straight lines and curves in geometric configurations. There are also semi-regular “hatched” or “spattered” patterns covering the entire face of individual stones. Figurative images include those which are zoomorphic, anthropomorphic (including accessories, such as sabres, spears, bows and arrows) or vegetal in character.

Introduction to the History of Research into Petroglyphs and Painted Rock Imagery in Russia

Beyond the Caucasus, there is an extensive heritage of rock petroglyphs and rock paintings in the Russian Federation particularly in the north, ranging from Karelia in the north-west, across the Urals and Siberia to the Far East of the country, with particularly notable concentrations of petroglyphs in the valleys and tributaries of the great rivers of the Yenisei, Lena, Angara and Ob (Tom). Some of these, in particular those of Shishkina in the Uralskiy oblast and the Toms region, attracted interest in erudite academic and court circles of Saint Petersburg from the middle of the 18th century onwards. Peter the Great sent an expedition to the River Tom of which an account was published in 1730, followed by research undertaken by the 1733-1743 Northern Expedition of the Russian Academy of Science under the leadership of G.I. Spassky (1783-1864). The Shishkinsky petroglyphs became known as early as the first half of the 18th century due to the efforts of the academic Gerard Friedrich Miller, resulting in exploration there by members of the second Kamchatka expedition of the Academy of Sciences, supported by the artist Iohann Wilhelm Lursenius who received praise for his particularly accurate copies of the petroglyphs they found. The petroglyphs of Karelia were first studied by K.I. Grevingk (1819-1887) in the middle of the 19th century, followed by V.I. Ravdonikas (1894-1876), an archaeologist and historian of prehistoric art and professor at Leningrad University. The many petroglyphs of the Lake Baikal region also drew the attention of N.N. Agapitov and others in the late 19th century.

In the 20th century, a vast amount of documentation and publication of the petroglyphs of the regions of the northern rivers and coasts and Lake Baikal was undertaken, with strong support from the Soviet state, including the sponsoring of research expeditions of the Institute of History, Philology and Philosophy of the Siberian Branch of Academy of Sciences to the Baikal region in 1968 and 1971. Among the many specialists who dedicated themselves to this work in Northern Russian and the country's Far Eastern republics, a few are remembered as particularly productive and influential: A.M. Livensky (1902-1985); A.P. Otkladnikov (1908-1981), one of the founders of the Institute of History, Philology and Philosophy of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences; and A.V. Ardianov (1854-1920) who was a principal collaborator of the Russian Geographical Society and undertook research across much of the vast expanse of Northern Russia. He was arrested and shot as “an active opponent of Soviet authority”, provoking a strong reaction from those who valued his contribution to science and society, which had been acknowledged by the Tsar.

The activity briefly noted here together with a synopsis of the Northern and Far East Russian petroglyphs themselves here have been documented in monographs or

articles by M.A. Devlet, E.G. Devlet, D.K. Dubrovskiy, V.Yu. Grachev and T. Miklashevich (Devlet, 2000, 2005; Dubrovskiy & Grachev, 2010; Miklashevich, 2008). An introduction to the prehistoric art of the USSR was published by A.A. Formosov in 1980 and another publication about the then status of rock art research of rock in the Russian Federation by E.G. Devlet (2008).

Introduction to the History of Research into Petroglyphs and Painted Rock Imagery in Dagestan

Following the annexation by Catherine the Great of the Crimea peninsula and southern Ukraine in the 18th century and the subsequent annexation of the Caucasus in the mid-19th century, there was considerable activity in exploring the antiquities and archaeology of the Caucasus and Transcaucasus by Russian and other devotees. This is documented in detail by R.M. Munchaev and A.A. Formosov (Munchaev, 1959; Formosov, 2006). Interesting supplementary information is provided by I.A. Sorokina who chronicles activities in relation to the study of prehistoric art (Sorokina, 2009). However, although much documentation had already been done on the petroglyphs and rock art of Northern Russia in the 18th and 19th century, it was not until after the consolidation of the USSR in the 1920s and 1930s that scholarly interest and state support began to focus on the petroglyph and rock painting heritage of Dagestan.

The first published documentation was provided by the architect N.B. Baklanov following research in the Avar settlements of Tindi and Kvanada in the upper Andiiskoe Koisu in the Tsumadinskiy district and Koroda in the Gunibskiy district (Baklanov, 1924; Baklanov & Vasiliev, 1927). In 1930, A.S. Bashkurov, who from the mid-1920s worked in Dagestan as the leader of the North Caucasus ethnological-linguistic and artistic-archaeological expedition which focused on documenting the medieval built heritage of the republic, published the first (albeit brief) article entirely devoted to masonry petroglyphs based on research in the Avar communities of Tidib in the Gidatli area of Shamilskiy district) and of Rukhdza and Koroda, both in the Gunibskiy district. This was followed by another publication in 1931 devoted to carving in stone and wood in Dagestan. The first scholars to describe these petroglyphs named them in Russian “петрографы” (petrographs). Here, however, the term “masonry petroglyphs” is introduced as a more accurate generic descriptive term.

Working under Bashkurov was A.A. Miller, who in 1927 published a lengthy illustrated article on the survival of ancient forms of material culture amongst the contemporary population of Dagestan. Aware of the daunting scale of the task of adequately describing the vernacular craft traditions still flourishing at that time in Dagestan, he decided to concentrate exclusively on the detailed analysis of the ornamentation and techniques of a large holding of vernacular carved wooden vessels from the Avar-Ando-Dido cultural area held in the Ethnographic Department of the Russian State Museum. These had been acquired on the museum's behalf in 1904-1912 and included items collected in 1911 from Karata communities, located between the Avarskoe Koisu and the Andiiskoe Koisu, as well as from the Andi, Botlikh and Bagulal ethno-linguistic communities in the administrative Andiiskoe Okrug and from Dido and Kapuchin communities further to the south. Although the museum collection did not include vessels of the Akhvaks, Chamalals and Tindals of the upper Andiiskoe Koisu, items from the Akkvakh and Chamalal (Gakvari) groups are illustrated in P.M. Debirov's 1982 publication on Dagestan wood carving traditions, while another vessel is generically described as being from the Tsumadinskiy district. These help us to understand the traditional imagery of the region as a whole, as well as the particularities of its individual ethnic groups. Further wooden vessels and other artifacts from the

region are in the collection of the *Kunstkamera* in Saint Petersburg and were published by V.O. Bobronikov, V.A. Dmitriev and Yu.Yu. Karpov in 2006.

In this context, in his 2001 account of E.M. Shilling's 1946 expedition to the upper Andiiskoe Koisu, G.Ya. Movchan illustrates wooden vessels from Tindi, which have similarities to examples in Debirov's publication from the Akhvakhskiy and Tsumadinskiy districts (Kvanada, Tlondoda, Khushtada and Gakvari). They are all in the collection of the State History Museum of Georgia.

A.A. Miller was not only a competent ethnographer and archaeologist but a sensitive observer and skilled draftsman, able in his fine 1927 publication to convey the essence and character of the vernacular materials and their decoration and manufacturing techniques, as he also had done in a report on a previous survey undertaken in 1907 on the vernacular architecture, agricultural tools and other utilitarian artifacts of rural Abkhazia for the then Alexander III Russian State Museum (Miller, 1910).

The descriptions of Miller, Debirov and Shilling reveal motifs employed in wood carvings which closely parallel a number of non-figurative masonry petroglyph images recorded in the upper Andiiskoe Koisu. It may have been that some of the more complex and precisely inscribed symbols were created by the region's skilled woodworkers and woodcarvers who knew how to plot geometric designs and patterns and had the required specialist tools such as compasses, chisels and hammers.

In 1959 another important detailed study of masonry petroglyphs was published by P.M. Debirov. The approach he took was to explore aspects of important individual petroglyphs from settlements in the Gidatli area, rather than to produce a survey of the corpus of all that survived there.

In the 1930s individual ethnographers and archaeologists at the State Academy of the History of Material Culture and the Russian Association of Scientific Research Institutes of Social Sciences and the institutions as a whole were subjected to severe repression by the state, accused of not properly understanding and reflecting Marxism in their work. "Palaeoethnology" as a bourgeois discipline was particularly criticized and eventually the school of national paleontology was abolished. Those who had worked in the imperial museum sector were particularly disfavoured. In a 1998 study A.A. Formosov (a leading Russian scholar of prehistoric rock art) published by the Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences, he records that 29 specialists of the State Academy of the History of Material Culture were arrested and shot and 59 others sentenced to 3-5 years in detention or exile. A.A. Miller was arrested and sent to Karaganda concentration camp in Kazakhstan in 1934, where he died in 1935. Those who were fortunate to survive were rehabilitated many years later. Apart from the devastating human costs, there were serious impacts on ethnographic and archaeological research and publication. Repressed scholars in these disciplines were not able to publish. A.S. Bashkirov, for instance, professor at Moscow State University and archaeologist with the Russian Association of Scientific Research Institutes of Social Sciences was particularly targeted and published nothing between 1933 and 1945 – the work he had achieved in Dagestan as leader of the North Caucasus expedition to document and conserve monuments of national heritage was to no avail. Previously published works of these scholars were neglected in specialist institutional libraries. The personal libraries and archives of those who died were sometimes destroyed by their families as a security precaution or were otherwise lost to scholarship. Thus in Dagestan, there are often no holdings in state and university libraries of key studies relating to the republic's heritage by these metropolitan experts although, they are frequently referenced

in scholarly works by Caucasus specialists. Fortunately, they can sometimes be sourced through the Russian State Library, the Russian State Public Historical Library or the Presidential Library in Moscow.

Notwithstanding such obstacles, archaeological and ethnographic work in general continued. In 1937, the State Academy of the History of Material Culture was reconstituted as the Institute of the History of Material Culture within the USSR Academy of Sciences. A milestone in research in these and other areas was the establishment in 1946 in Makhachkala of the Dagestan branch of the USSR Academy of Sciences, which included the Institute of History, Language and Literature (later reconstituted as the Institute of History, Archaeology and Ethnography). Amongst its personnel were the archaeologist M.I. Isakov and V.I. Markovin, an artist and archaeologist. Both were to make major contributions to the study of the petroglyphs and rock art of Dagestan (Isakov, 1966; Markovin, 1953, 1954, 1958, 1961, 1974, 1990, 1992, 2006; Kanivets & Markovin, 1977). Markovin also carried out significant research into the masonry petroglyphs of Chechnya and Ingushetia (see below).

In 1950, the ethnographer E.M. Shilling published a study on the decorative arts of mountain Dagestan, which was based on his extensive personal experience of the societies in the region, including an expedition undertaken in 1946 to the upper Andiiskoe Koisu region with students and colleagues. Assisting him was G.Ya. Movchan, who became the leading authority on the vernacular architecture of the Avars and recorded petroglyphs in Tindi and Kvanada during the expedition, a number of which were published much later in his seminal 2001 publication on the old Avar house.

As most masonry petroglyphs found on buildings in the Avar-Ando-Dido metacultural zone of Dagestan are re-used and not in their original locations, those publications documenting buildings which have petroglyphs in their original positions and configurations are very useful in helping to understand their intention and function. In a 1947 article about the architectural heritage of the Avars, Movchan provided a detailed description of the Gitino house in the Gidatli settlement of Tidib, whose rich exterior decoration included masonry petroglyphs, as well as having abundant intricately carved interior woodwork. Prior to this all we have is the 1924 description by N. Baklanov of a house in Koroda (Gunibsky district) which also has an extensive and orderly disposition of masonry petroglyphs on its façade. It bears an Arabic inscription dated 1673 recording its construction. In his 2001 publication Movchan also published a detailed account of an important structure in the Bagulal settlement of Kvanada which he and Shilling also documented during their 1946 Andiiskoe Koisu expedition. This building, opposite the community's Juma mosque, housed the institution of the traditional male community watch house (Басхиан хъала). Its walls incorporate a number of interesting masonry petroglyphs. A building serving a similar purpose also survives in the Bagulal settlement of Khushtada and is documented in the same publication by Shilling and Movchan.

Debirov's key 1959 article was followed by further observations about masonry petroglyphs in his book on carving in stone in Dagestan published in 1966 and another the same year on architectural carving in Dagestan. Both have become standard references for the study of Dagestan's decorative arts and architecture, as has his abundantly illustrated 1982 publication on wood carving. As in the work of Bashkirov before him, the majority of the masonry petroglyphs addressed by Debirov are from the Gidatli region.

Until 1948, when V.I. Markovin was advised by the entomologist M.I. Ryabov of the existence of petroglyphs incised into rock faces near the settlement of Kapchugai, which is situated on the Shura-Ozen River in the eastern Dagestan

piedmonts, scholarly awareness of petroglyphs in Dagestan had been restricted to masonry petroglyphs. Markovin was already well known in the North Caucasus as an archaeologist and his first published descriptions of these piedmont petroglyphs in 1953 led to many further explorations and investigations of this phenomenon elsewhere in Dagestan, as well of the masonry petroglyphs of Chechnya-Ingushetia later in his life. Markovin was a prolific publisher; a number of his works are cited elsewhere in the present study. In 2006 he published a major book on the petroglyphs of piedmont Dagestan, in which he assembled accounts of the sites he and colleagues had discovered in the previous half century.

In 1965, D.M. Ataev and V.I. Markovin, published the fullest study to date of the masonry petroglyphs of mountain Avaria, which includes drawn copies of all that were known to that date, including those in the communities of the Avarskoe Koisu basin and the upper Andiiskoe Koisu and their tributaries.

There are few rock face petroglyphs in inner mountainous Dagestan (one is recorded near Inkhokvari in the upper Andiiskoe Koisu) but yet another unexpected area of study was opened up when, in 1957, V.I. Isakov first discovered prehistoric painted rock imagery near the high mountain settlement of Chirkata in the Gumbetsky district (Isakov, 1951; Isakov, 1961). This was followed by hasty and often not-precise copying of rock paintings by various individuals which were subsequently identified in other parts of mountain Dagestan. However, from 1967 onwards, archaeologist V.M. Kotovich (of the Institute of History, Language and Literature of the Dagestan Branch of the USSR Academy of Sciences) applied herself to the identification of new sites and the careful recording and analysis of rock art in the mountains. Among a range of foundation publications (Kotovich, 1969, 1971a, 1971b, 1974a, 1974b, 1974c, 1974d, 1975, 1978, 1980, 1984; 1986), in 1976 she published an important monograph on the most ancient rock art of Dagestan in which she describes the sites of Chinna-Khita and Chuval-Khvarab in the Gunibsky district and of Kharitana in the Gumbetskiy district. The former two groups of paintings are attributed to the Mesolithic period and the latter to the Neolithic. Through Kotovich, rock art sites of the Bronze Age have also been identified in Deguak and Irušten in the central north Caucasus and of the mediaeval period in the Balan-Su and Bass River basins in Chechnya.

As described below, the masonry petroglyphs of Chechnya and Ingushetia became the object of study by Markovin and others following the return of Chechens and Ingush to their homelands in 1957, after their deportation to Central Asia and Siberia in 1944. This work continues to this day by L. Ilyasov, including an excellent volume on Chechnyan petroglyphs illustrated in colour and published in 2014 by the Scientific Library of Chechnyan State University. Unfortunately, the study of petroglyphs in Dagestan has not paralleled this level of attention and has been neglected for some time.

Supplementing the detailed accounts of the history of archaeological research in Russia and Dagestan by R.M. Munchaev, A.A. Formosov and S.S. Sorokin, (Munchaev, 1959; Formosov, 2006; Sorokin, 2009), R.M. Kunbuttaev of the Dagestan State University of National Economy, has assembled a useful chronological account of petroglyph and rock art research in Dagestan up to 2008, detailing the scholars and institutions involved and their publications (Kunbuttaev, 2008).

Masonry petroglyphs in the upper Andiiskoe Koisu

Our work is an integral part of a broader socio-ecological sustainability study relating to traditional agro-pastoral practices, ecological conservation, cultural heritage and landscape and the dynamics of climate change of Dagestan's Tsumadinskiy district through which the Andiiskoe Koisu runs, which has been undertaken since 2020 by the Institute of

Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University (Petherbridge *et al.*, 2021a, 2021b, 2021c). This is being undertaken within the framework of the Institute's contribution to the International Partnership of the Satoyama Initiative which supports the goals of the United Nations Convention on Biodiversity, through documentation of the dynamics of traditional sustainable socio-ecological production landscapes.

The Andiiskoe Koisu is the northernmost of Dagestan's major river arteries. To its east are the Avarskoe Koisu and the Kazikumukhskoe Koisu, the three rivers eventually merging to form the Sulak River.

This study examines an iconographically unique body of masonry petroglyphs created in Chamalal and Tindal communities in the highlands of the upper Andiiskoe Koisu region and their relationship to petroglyphs of other communities inhabiting the northern macroslopes of the Great Caucasus Range. This high mountain zone (within – from east to west – the Russian republics of Dagestan, Chechnya, Ingushetia, North Ossetia, Karbardino-Balkaria, and Karachay-Cherkessia) is the watershed for a number of major tributary rivers which merge into the Sulak and Terek Rivers which flow eastwards into the Caspian Sea and the Koban River system which flows westwards into the Sea of Azov. To the north are the vast steppes of southern Russia. The much narrower, steep southern macroslopes of the Great Caucasus Range border the coastal northern periphery of the Black Sea in the Russian Krasnodar region and Abkhazia and constitute the border territory of Transcaucasian Georgia and Azerbaijan to the east (Fig. 2).

As climatic conditions in what are today the upper reaches of the Andiiskoe Koisu gradually ameliorated in the early Holocene following the Last Glacial Period (c. 110,000–11,000 BP), a complex of postglacial high altitude landforms were ultimately to provide the conditions for the rich and diverse range of alpine and subalpine flora and fauna which characterise the region today. Mesolithic man, having survived in the glacial refugia provided by the adjacent lower elevations of Transcaucasia and the northern Black Sea periphery to the south, was to return to hunt and forage in the mountain valleys and highlands and eventually, by the late Neolithic period, to optimize a range of fertile bioniches for permanent habitation on the basis of high-altitude cereal- and orchard-based agriculture and the herding of sheep and cattle (Amirkhanov, 1977; Bader, 1965; Gadzhiev, 1975; Zhilin, 2004, 2006a, 2006b; Kotovich 1961, 1974).

Modern genetic and palaeoethnological research indicates that the mountainous area of the north-east Caucasus with its deep valleys and turbulent rivers, majestic escarpments and fertile flanking tributary basins, has been continually populated for millennia by the descendants of these first farmers and pastoralists, the majority of whom constitute the Avar ethnic group as well as a number of smaller, related Avar-Ando-Dido (or Tsez) subgroups: Andians, Botlikhians, Godoberis, Chamalals, Bagulals, Tindals, Kvarshians and Didos. Those subgroups who made the upper reaches of the Andiiskoe Koisu their home found a uniquely compatible ecosystem, sheltered by geology from outside view and intrusion and blessed by nurturing microclimates and bounteous soils, each ethno-linguistic subgroup occupying one of the Koisu's tributary valleys (or adjacent groups of valleys) (Shilling, 1993) (Figs. 3, 4). Their descendants have retained genetic characteristics distinct from those of neighbouring subgroups, as a result of long practiced customs of patrilocal residence by which they did not intermarry with members outside their subgroup and the fact that they never moved beyond their traditional geographic boundaries (Balanovsky *et al.*, 2011; Bulayeva *et al.*, 1985, 2003, 2006; Caciagli *et al.*, 2009; Karafet *et al.*, 2016; Marchiani *et al.*, 2008; Nasidze *et al.*, 2005; Nazarova *et al.*, 2008).



Figure 3. Settlement of Echeda, upper Andiiskoe Koisu. Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group



Figure 4. Settlements of Nizhnee and Verkhnee Gakvari, Gavarinka River valley, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

Initially, the early agro-pastoralists established a subsistence economy based on cereal and legume cultivation and the herding of sheep, goats and cattle, which were progressively adapted by a combination of natural and human agency to this

particular high mountain eco system and which continue to be raised to the present day. A still-under-emphasised element of the agro-pastoral revolution which greatly transformed the local population's use of and access to this rugged natural

environment was the introduction to the highlands of the Caucasus of the hardy donkey (first domesticated c. 6,000 years ago in north east Africa). Hunting practices which had been developed to a high degree of efficiency during the Palaeolithic and Mesolithic periods were perpetuated as an important element of local subsistence (until the colonial period in some areas). Archaeological, petroglyphic and ethno-historical evidence indicate that the bow and arrow was used up until the late 19th century in Dagestan (Ramazanova, 2019), although spears are also depicted in a number of petroglyphs. Firearms, in the form of flintlock rifles and pistols, were not used generally in the region until the 18th century, although they were introduced into the Caucasus in the 16th century. Dogs were usually used in hunting (usually in pairs), as they could attack, confuse and corral the game being hunted.

While the Avars dominate the basins of the Avarskoe Koisu and Kazikumukhske Koisu to the east, each of the subgroups inhabits separate ethno-linguistic enclaves in the

upper reaches of the Andiiskoe Koisu, speaking their own distinct (unwritten) languages within the Nakh-Dagestan branch of the North Caucasian family of languages. Despite genetic and linguistic distinctions, for many generations these various peoples have shared many characteristics of social customs, belief systems, traditional law, material culture and subsistence practices. Thus the whole area they jointly inhabit has been termed the Avar-Ando-Dido cultural or metacultural zone. A significant body of research accomplished by Soviet-era archaeologists indicates that the first period when its inhabitants shared common cultural features was the Middle Bronze Age (2,300-1,500 BC). It is named the Ginchi period after the signature excavation site in the settlement of Tidib in the Gidatli area. It is notable that the zone as mapped in what is considered to be the definitive publication by R.G. Magomedov (1988) describing the Ginchi culture coincides with the area in which the majority of the masonry petroglyphs of the north-east Caucasus are found (Fig. 5).

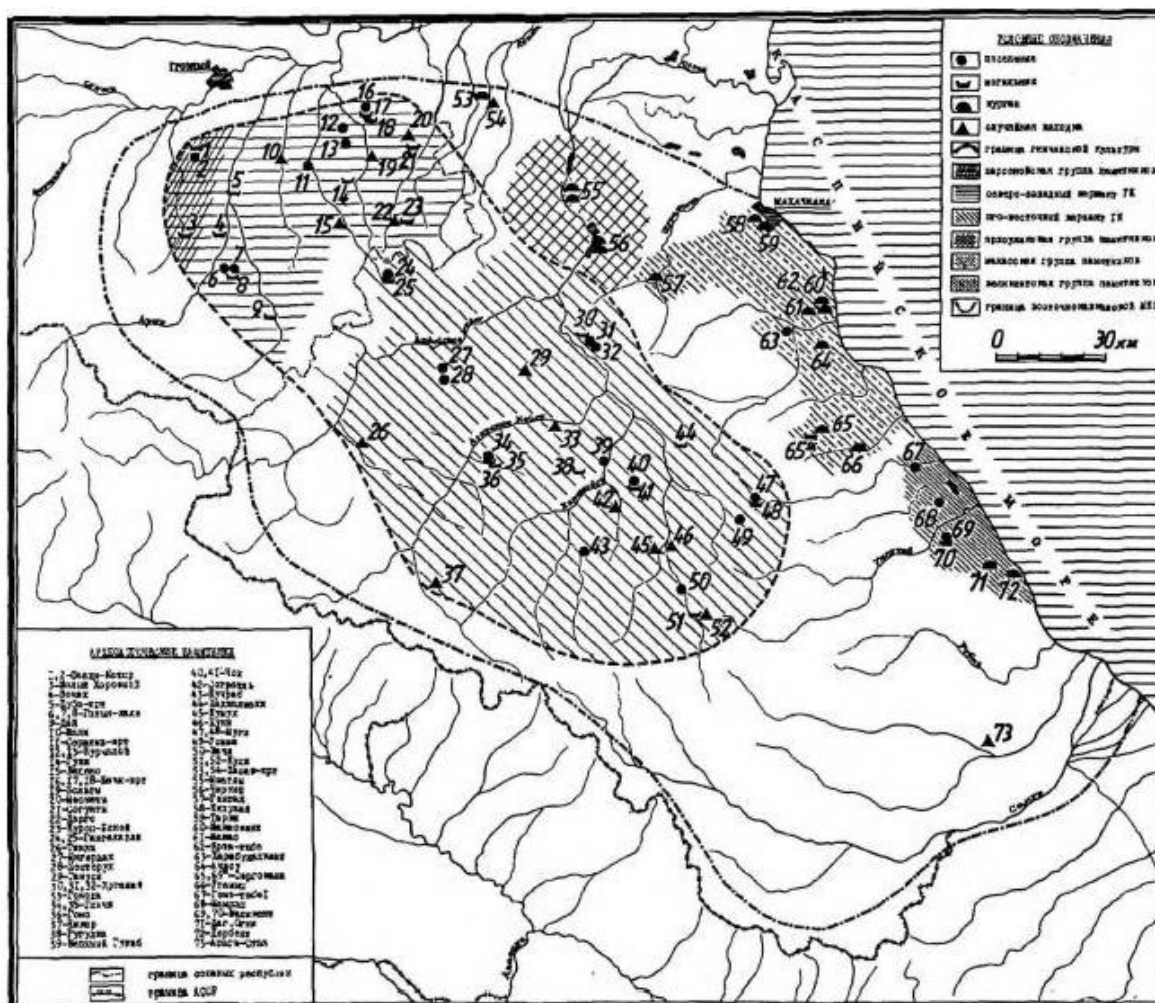


Figure 5. Archaeological map of the Middle Bronze Age Ginchi cultural region in the north-east Caucasus, which approximately coincides with that in which masonry petroglyphs started to be produced in the succeeding Kayakent-Khorochoy period (Magomedov, 1998)

Of further significance is that the Ginchi culture is the first in the Caucasus when its inhabitants began living in rectangular stone masonry buildings with rectangular internal rooms; previously in the Kura-Araxes culture, houses were built of circular form with walls of light vegetal materials and clay. Thus the Ginchi period in theory must be seen as providing as a *terminus post quem* for the appearance of masonry petroglyphs, as the stone masonry blocks typically used for inscribing petroglyphs were surely a by-product of regular masonry construction. Nevertheless, no masonry petroglyphs

are known from any remains of archaeological excavations of Ginchi culture sites, and it is not until the succeeding Kayakent-Karachoy archaeological period that the first petroglyphs on individual stone blocks appear. These were excavated by K.A. Brede and published in 1956. Markovin also described these finds in their chronological context in his 2006 publication on the rock face petroglyphs of the piedmonts of north-east Dagestan. They have images of bezoar goats and of a deer similar to those inscribed in rock faces near where they were found (Fig. 6). It is of further interest that it was in about the

5th century BC during the Kayakent-Khorochoy period that the first iron implements became available (Kotovitch, 1971); pointed iron tools were ideally suited to the making of

petroglyph images as they could cut into rock more deeply than the softer bronze tools.

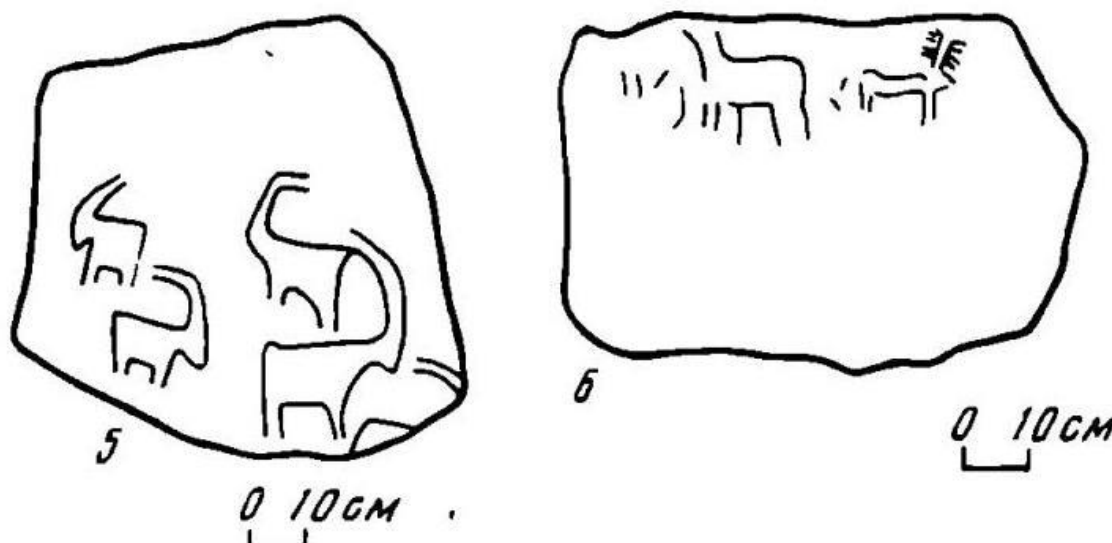


Figure 6. First recorded masonry petroglyphs of the Kayakent-Khorochoy period excavated in the settlement of Sigitma (Buynakskiy district) (Markovin, 1990)

Adding to the information available through the accounts of D.M. Ataev, V.I. Markovin, E.M. Shilling and G.Ya. Movchan, the present survey of historic settlements in the upper reaches of the Andiiskoe Koisu (from Gigatli to Echeda on its left flank and from Kvanada to Tindi on its right flank) has revealed a substantial body of hitherto unpublished petroglyphic masonry within the territories of the Chamalal and Tindal ethno-linguistic subgroups.

The Chamalal's principal settlements today are Gigatli, Gigatli-Uruk, Gadiri, Agvali, Nizhnee and Verkhnee Gakvari, Richaganikh and Tsumada which are situated on the left flank of the valley, while the Tindals occupy territory on both sides of the river further to the south, their principal settlements being Tindi, Echeda, Tissi and Tissi-Akhitli. Like the Chamalals, the Tindals also have a number of smaller villages. Before being banned under Soviet collectivisation, all communities in the upper Andiiskoe Koisu region had small outlying hamlets called *khutor*, which were conveniently adjacent to fields or orchards or water sources for their stock. Some of these have been resettled in recent years, although most have long been abandoned.

As elsewhere in the Avar-Ando-Dido metacultural zone of Dagestan (and in Chechnya and Ingushetia), it is evident that some of the petroglyphic stones or slabs found in the upper Andiiskoe Koisu have been re-used from earlier constructions, being obviously of an earlier date or clearly damaged fragments of the original blocks or inserted up-side down. They usually are employed as external corner stones of buildings or incorporated into their facades. In one instance, in the mosque of the Chamalal community of Richaganikh, a large stone slab covered in non-figurative petroglyphs was inserted into the mosque floor.

The imagery on masonry petroglyphs in this region is both figurative and non-figurative. As is common elsewhere in Dagestan, this region also has a range of Arabic inscriptions on stone panels on mosques, cemetery and street walls. These are not the subject of the present investigation as they lie within the scope of the ongoing epigraphic survey of the Institute of History, Archaeology and Ethnography of the Dagestan Federal Centre of the Russian Academy of Science. Many of these, however, are framed with decorative designs (usually vegetal) which fall within

the repertoire of motifs and techniques of the region's masonry petroglyphs.

This study examines the relationships of these masonry petroglyphs with other petroglyphs already recorded in other areas of the Andiiskoe Koisu and in the Avar lands of the Avarskoe Koisu and its tributary basins and elsewhere in the highlands of central and southern Dagestan as well as with those of the Vainakh peoples of the mountains of Chechnya and Ingushetia and of other Russian Caucasus republics further west.

The petroglyphic phenomena are examined from a specific regional-centric perspective with the goal of better understanding and reconstructing the features and motivations of the unique societal evolution of the ethno-linguistic minorities which have made the upper reaches of the Andiiskoe Koisu their home since they were first settled. As noted above, the low temperatures and changes in fauna and flora when the higher elevations of this part of the Caucasus were glaciated or periglacial led to this region not being inhabited by hominins during the Last Glacial Period. The chronological framework of the study thus reflects the Holocene ingress of humans as deglaciation progressed and Mesolithic hunters and foragers interacted with a changing vegetational and faunal environment (Stutz, 2020). Subsequent permanent high-altitude settlements through the Neolithic, Bronze Age and Iron Age periods employed sustainable practices and patterns of land and natural resource use, many of which have been perpetuated into the modern era.

There are many non-figurative petroglyphs with widely-varying compositions of linear (and some curvilinear) elements which are very difficult to describe but which must have communicated community-comprehensible concepts now lost to us. Some, indeed, resemble writing in a region most of whose ethno-linguistic enclaves possessed discrete non-written languages. In this study no attempt is made to address the original purport of these abstract graphical communications beyond saying that a number of former scholars of Caucasian petroglyphs, particularly in the Soviet period, were able to undertake ethnographic research regarding the vernacular visual imagery characteristic of the domestic artifacts of indigenous communities of Dagestan and other republics, resulting in evidence-based expositions

of the meanings of a number of common signs and symbols found in the petroglyphs of the Caucasus (such as the labyrinth, the swastika, the cross and the human hand). Where their works reflect accurate documentation of vernacular traditions, rather than purely personal theories, they are essential references of import to rock imagery specialists working not only regionally but well beyond the Caucasus.

Masonry petroglyphs of the solar stag or stag that bears the sun in its antlers

In this study particular attention is addressed to aspects of the zoomorphic imagery of petroglyphs found within two ethno-linguistic enclaves of the upper Andiiskoe Koisu which exclusively depict the red deer (*Cervus elaphus*) and the bezoar goat (*Capra aegagrus*). Here it should be noted that although the roe deer (*Capreolus capreolus*) also inhabited the territories described and was indeed hunted, this species does not possess the magnificent antlers of the red deer stag and may not have been considered as worthy for depiction in petroglyphs or rock paintings, although there are compositions in which there are images of deer without antlers. These could be either red deer females or roe deer.

Only two examples of anthropomorphic imagery (except for that of the human hand) have been recorded in the upper Andiiskoe Koisu region. They are the image of a hunter or hunting deity depicted on a stela from Tindi and an extremely rudimentary image of two horseman associated with linear signs on a corner of the traditional men's watch house in the Bagalal settlement of Khushtada.

The deer imagery is of major interest. In Chamalal territory (in the settlement of Verkhnee Gakvari, the abandoned Gakvarian khutor of Tsuidi and the settlement of Gigatli) there are masonry petroglyphs of red deer stags bearing the sun in their antlers (i.e. images of the solar stag). These constitute both the highest concentration and the most explicit visual depiction anywhere amongst world's petroglyphic and rock art of the multi-millennia old belief in the "solar stag". There are also two known examples in Tindal territory (in Tindi and Echeda).

In association with foraging, hunting, i.e. the killing of wild game for both food and other purposes, was the most primeval occupation of *Homo sapiens* and precursor hominins (Meshveliani, 2007). By the Mesolithic period, red deer and mountain goats or ibex of various species – in the Caucasus the bezoar goat – were primary prey species. Deer and mountain goat species were depicted on rock walls and artifacts from the Palaeolithic period onwards in Europe and the parts of Eurasia which were their natural habitat. The physical remains of both the red deer and bezoar goat have been revealed as major prey sources of both *Homo neanderthalensis* and *Homo sapiens* by archaeology in the Caucasus eco-region (Adler & Tushabramishvili, 2015; Adler & Bar-Oz, 2009; Bar-Oz et al., 2002, 2004; Golovanova & Denisenchen, 2019; Meshveliani et al., 2007) and petroglyph images of red deer and bezoar goat in the Gobustan area of coastal Azerbaijan have now been Carbon-14 dated to the Eneolithic (6th-4th millennia BC) and Bronze Ages (4th-3rd millennia BC) (Farajova, 2018).

Pan-Eurasian beliefs in the Solar Stag

In Europe and Eurasia more broadly extensive documentation has accumulated concerning the hunting and exploitation by prehistoric societies of red deer for a wide spectrum of purposes, including nutrition, tool and projectile manufacture and ritual (Andresen et al., 1981; Bell, 2007; Billamboz, 1977; Bonsall et al., 1995; Bevan, 2003; Brown, 2015; Clark, 1954; Conneller, 2003; Chapman, 1975; Choyke, 2013; David, 1999, 2004, 2007; Isaakidou, 2003; Jarman, 1972; Pitts, 1979; Wild & Pfeifer, 2019; Ramseyer, 2005;

Zhilin, 2001, 2014; Zhilin & Losovskii, 2008). As the world of the Mesolithic hunter-forager emerged from the Ice Age into that of the sedentary Neolithic farmer and herder, a revolution occurred in the orientation of material cultures and beliefs which reflected new relationships with and dependencies on soil, sun and climate. Human potential was further enhanced by the development of the ability to make and use metals in the subsequent Bronze and Iron Ages, with evidence attesting to the development of perceptions of the red deer as fundamentally and divinely connected with the both the diurnal and annual cycles of the sun in relation to the sustainability of life on earth. Eventually these beliefs and associated ritual practices were subsumed within a wealth of oral traditions, writings and folklore from the early mediaeval period onwards from Europe to East Asia which is still accessible to us on the theme of the close association between deer, the hunting of deer and the sun reflected in particularly abundant verbal imagery of the divine stag bearing the sun between its antlers, conflating the animal and the astral body in myriad ways (Martynov, 1985; Mykhailova, 2015; Pettit, 2020; Aldhouse-Green, 1991; Green, 1991; Beck, 2003; Gundarsson, 1992; Hmori, 2011; Makkai, 1996; Rogers, 2022).

The stag had become deified as the sun or as a vehicle for the sun deity. Antler tines are perceived as the sun's rays or its antlers, which are regenerated each spring, are conflated symbolically with branches of the tree of life.

As will be further described below, in the Avar-Ando-Dido metacultural zone there are petroglyphic compositions which appear to represent actual hunting activity or individual images of desired prey, intended to evoke supernatural support for success in hunting. Perhaps this imagery should be better interpreted as that of an eternal chase of the deified sun-deer through the underworld of the night to emerge resurrected each morning to spread life-giving warmth and light to the upper world of nature, people, crops and animals.

That being said, hunting indeed clearly continued to be until relatively recent times a significant activity among the mountain peoples of the Caucasus (Zvebilim, 1992). V.I. Markovin viewed hypothetical interpretations of petroglyphic relics of the past with due caution, "It seems to me that it is not worth complicating extremely the spiritual world of local people in antiquity, as is sometimes done, in trying to find influences of cultures of Asia Minor. The inhabitants of the piedmont and mountainous regions of Dagestan, lived in a constrained but definitely not a closed world. Concrete happenings and concrete everyday needs concerned them – the harvest, offspring of livestock, success in hunting, armed skirmishes, personal sorrows and joys. They tried to find their reflection in higher powers – in the sky and on the earth, all the more so as the nature of Dagestan with its cliffs, its gorges, mountain streams and forest maidens, with abrupt zonal (altitudinal) changes, climatic fluctuations and earthquakes, force one to relate to it with something more than respect. It is these earthly realities to which the mind and heart turned and in the context of which one must search for answers in the content of ancient images. The Middle Ages did not release the inhabitants of the mountains from the difficulties of life – and perhaps even magnified them – by adding to them social contradictions and the penetration of the canonical religions, Christianity and Islam, to traditional views were added new and little understood interpretations of the essence of being and new rituals. The study of the internal content of petroglyphs is a complex matter and it must be elaborated on the basis of careful study of local archaeological, ethnographical and folkloric information" (Markovin, 1990).

To date no prehistoric or historic visual imagery has been found which explicitly illustrates the solar stag bearing

the sun between its antlers, although there exists what has been interpreted as evidence of this symbolic connection in petroglyphs ranging from the Tagus valley in the Iberian peninsula to north-east Asia which visually juxtapose images of antlered deer and a circular or rayed symbol of the sun (e.g. Mongolian deer stones of the Late Bronze Age (Sabinov, 1994; Bobrov, 1989; Volkov, 2002; Kovalev et al., 2014; Kovalev & Erdenebaatar, 2007; Otkladnikov, 1954; Novgorodova, 1973; Fitzhugh, 2005, 2009; Allard & Erdenebaatar, 2005), stags with a circular symbol attached with a line to its antlers at Mount Xianglushan in north-eastern China (Zabiyako & Wang Jianlin, 2017) The nearest variants of petroglyphic imagery to that of the solar stag of the Chamalals and Tindals to visually evoke the relationship between antlers and the sun are the petroglyphs of deer from Central Asia which have rayed suns or astral bodies emanating from the tips of their antlers (Shvets, 2005), cited by the Ukrainian scholar N. Mykhailova, of the Institute of Archaeology, National Academy of Sciences of Ukraine, who has contributed significantly to elucidating the cult of the deer as the dominant mytho-ritual complex among the prehistoric societies of Eurasia.

Such is the power of the notion of a divine stag bearing the sun in its antlers in oral and written evocations, that a sole petroglyph from the riverside site of São Simão in the Tagus valley of Portugal has been interpreted by S. Garces as depicting a hunter carrying the body of a stag which originally had an opening between the tips of its antlers which was purposely closed at a later date by pecking the stone to indicate that it bore the circular image of the sun. Garces has specialized in the study of red deer imagery and has interpreted this depiction as evidence of changing human perceptions of the deer from the Paleolithic and Mesolithic periods to the Neolithic (Garces, 2012; Garces, 2019)

It is thus worthy of exploration to try to explain why it was that within the Avar-Ando-Dido metacultural zone of Dagestan and specifically in the upper reaches of both the Avarskoe Koisu (in Tlyakh and Khahib in the Gidatli area) and the Andiiskoe Koisu that iconographically-specific examples

of a male red deer clearly bearing a rayed sun between its antlers seem to have been produced.

In order to do so it is necessary for comparative and analytical purposes to describe the key iconographical features of these solar stag masonry petroglyphs necessary for comparative and analytical purposes. These all belong to a consistent visual canon or ideography, be they the image of a single stag or of a stag in some seeming hunting relationship or in a symbolic relationship with other non-figurative petroglyphic images. It seems clear that the meaning of all these visual elements and their interrelationships were understood by those who created them and who viewed them at that synchronously (although viewer interpretations may subsequently have changed over a greater period).

The visual record indicates three basic ways in which antlers of red deer stags have been depicted by various cultures over time:

Variant 1.

In the iconographic tradition which is identified here for our purposes as the “Avar-Ando-Dido solar stag” or “solar stag” the male red deer is graphically pictured in silhouette with its torso and four legs in profile in a static standing posture but with its antlers turned so as to be seen head-on in a curve embracing a hemispherical or ovoid negative space or virtual “spiritual” sun, as a proxy for the circular sun (Figs. 7, 8). The perception of the sun being embraced by a red deer’s antlers would have been even more obvious to those who had actually seen a slain animal – when seen from above the antlers have a cupped form which could be perceived as supporting a round body – the sun. There are also petroglyphic depictions of stags in which the antlers do not embrace a full circle or ovoid but have the form of an inverted crescentic arc with outwardly radiating tines, which in certain cases may have been intended to represent the antlers of a solar stag (e.g. the multiple stag images on Hunting Stone No. 2 in Kiafar, Karachay-Cherkessia described below).

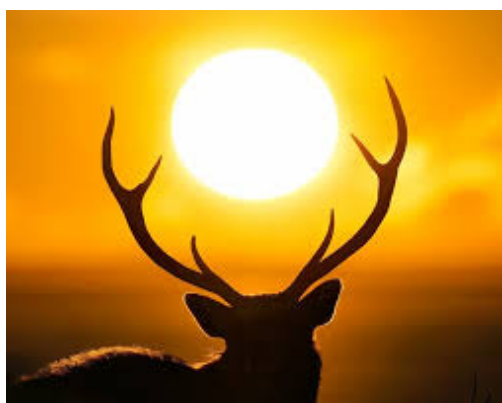


Figure 7. Photograph of posture of red deer stag in relation to the sun idealized in popular belief systems across Eurasia and depicted in masonry petroglyphs of the upper Andiiskoe Koisu and Avarskoe Koisu regions



Figure 8. Small bronze representation of stag head and antler as conceived by peoples of the headwaters territories of the Andiiskoe Koisu found with other small bronze cult objects from Mount Kidilashan, Tzundinskiy district, Dagestan. 5th century BC. Dido ethno-linguistic group (Megrelidze, 1951)

Variant 2.

In this iconographic variant the deer is perceived with its torso in profile and legs either in a static standing posture or tucked beneath its torso with its head in profile (and slightly raised) so as to stress the multiple jagged tines of the antler which appear as though streaming behind. Possibly the latter image arose naturally within those societies with intimate knowledge

and observance of deer which lived in their environs and who had seen male stags “roaring” in such a position to assert dominance when in rut (Fig. 9). This variant is epitomized by the well-known Scythian and Sarmatian renderings of what has become known as the “Golden Deer” (Aruz et al., 2000; Chlenova, 1961) (Fig. 10).

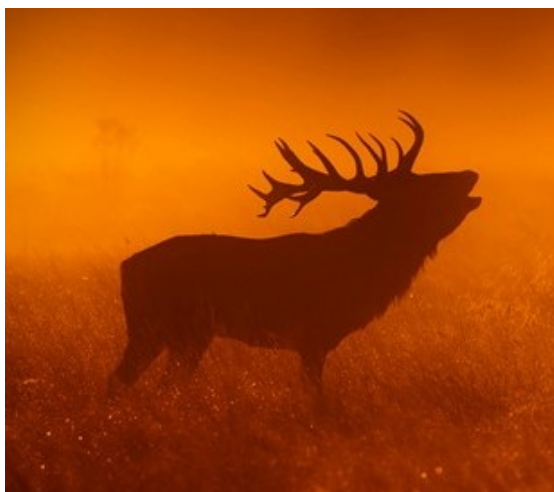


Figure 9. Red deer stag “roaring” during the autumn rut



Figure 10. Characteristic representation of stag from Scythian period. Kurgan 1, Kostramskaya, Kubanskaya district, Russia. 2nd half 7th century BC. State Hermitage, Saint Petersburg

Variant 3.

This variant is graphically much simpler iconographically and is found in many petroglyphs or depictions of deer. It does not attempt to replicate anatomic reality but simply shows pairs of antlers as though they were conifers with straight lines for trunk and branches projecting either vertically from the deer's head or in a “V” shape. That the antlers were given a tree-like form may have been a simple abstraction or may indicate that antlers were identified with the “tree of life”; like the bare tree which produces new leaves each year, they also were regenerated each spring.

Simple versions of most of the above styles have been recorded among the many of petroglyphs of deer on the rock faces of Val Camonica in northern Italy but with one significant difference – there they are all depicted in movement rather than standing in a static position.

Individual descriptions of masonry petroglyph images of solar stags in the Tsumadinskiy and Shamil'skiy districts

No. 1 **Location:** Village of Verkhnee Gakvari, Chamalal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan.

Description: A rectangular stone masonry block set into the midst of a wall with the petroglyph image of a red

deer stag facing right in a static standing posture. Variant 1 antler iconography. Drawn in profile silhouette with a single outline by successive pecks with a pointed tool, probably of iron. The antlers encircle a space in the centre of which is an equilateral cross (with even arms) with four interstitial dots (the surface of the rock of this part of this area has exfoliated). The tines of the antlers project outwards. The stag has a pointed face formed by a triangle. In front of the stag is drawn an elongated diamond form bisected with a line and a protuberance pointing toward the stag's chest, probably intended to represent a drawn bow with arrow (Fig. 11).

No. 2 **Location:** Village of Verkhnee Gakvari, Chamalal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan.

Description: Image of a red deer stag depicted in a manner generally similar to those here described as Nos. 1 and 2. Stag facing right in a static standing posture. Variant 1 antler iconography. Drawn in profile silhouette with a single line by successive pecks with a pointed tool, probably of iron. The antlers encircle a rounded space. The tines of the antlers project outwards. The stag's pointed muzzle is indicated by two lines (Fig. 12).



Figure 11. Masonry petroglyph of image of solar stag No. 1 with an adjacent bow and arrow aimed at it. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group



Figure 12. Masonry petroglyph (corner stone) of image of solar stag No. 2. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

The petroglyph is on the corner stone of a drystone (i.e. un-mortared) wall. The stone is of a particular form commonly observed in masonry walls in this district: a pentagonal block of substantial size made from a rectangular block with one corner trimmed off diagonally. Such blocks add stability to the wall, which in this case is of a type of particularly careful construction which uses massive even sided blocks found naturally occurring in local rock strata. Such constructions appear to have been built in a specific, but as yet-undetermined, pre-modern period and are often associated with petroglyphs. The petroglyph from Tsuidi designated below as No. 6 is from a complex of buildings of this type.

No. 3 – Location: Village of Verkhnee Gakvari, Chamalal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan. The petroglyph is on a rectangular stone, embedded at about human head height, on the street corner of a building in the village.

Description: Image of a red deer stag with features similar to that of No. 2 but facing left. Depicted in static



Figure 13. Masonry petroglyph (corner stone) of image of solar stag No. 3. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

No. 5 – Location: Village of Gigatli, Chamalal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan

Description: A complex composition of a variety of petroglyph images on a large pentagonal masonry corner stone on a street corner in the settlement of Gigatli. All the images are carefully and competently incised (not pecked) with an iron tool which created a continuous flowing “V” shaped groove in the stone. Variant 1 antler iconography. Drawn in profile silhouette with a single outline. Its key feature is of a red deer stag facing right in a static standing posture. Its necked is curved and its antlers enclose an ovoid space with radiating upwardly curving tines. The stag has the stump of a tail and male organ indicated by short lines. Facing the stag and close to its chest is the outline of what is probably a dog. Above the spine of the stag and to its rear are incised two sets of arcaded images with horizontal base lines below. The upper set has five arched elements and the lower. To the right of the stag in the largest field of the stone block are incised four precisely- drawn circular images, disposed in the corner quadrants of the square field and with two categories of internal configuration. The two upper circular – images contain rosettes of multiple petal-like images radiating from their centres (that on the left has 14 “petals”, while that on the right has 15). The two circles below contain four lobed elements radiating from a central point. Centred in the field between

standing posture. Variant 1 iconography. The antlers encircle a rounded space with their tines the projecting outwards. The stag’s pointed face is indicated by two lines (Fig.13).

No. 4 – Location: Village of Verkhnee Gakvari, Chamalal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan.

Description: Petroglyph image on a rectangular stone of a red deer stag opposite a symbol of a labyrinthine spiral with an outwards curling element. Variant 1 antler iconography. Antlers enclose a balloon shaped space with externally radiating tines. The general character of rendering of this petroglyph differs from Nos. 1-3 with a strong contrast between the dark surface of the stone and the lightness of the energetically pecked images. The stag is drawn in profile silhouette with a single outline. It is facing left but its spine is slightly curved downwards and its pairs of legs splayed outwards. A short tail is indicated. The masonry block is embedded in a wall so that the image of the deer is turned on its side at 90° from the horizontal (Fig. 14).



Figure 14. Masonry petroglyph of image of solar stag No. 4 and a labyrinthine spiral with two opposed curling elements. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

these four circular images is an incised swastika with undulating arms curving clockwise (Fig.15).

No. 6 – Location: Tsuidi. An abandoned khutor of the Chamalal settlement of Nizhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan, which is situated on the slope of a ridge flanking the Gakvarinka River south-east of the village.

Description: A complex composition of a variety of petroglyph images on a pentagonal masonry corner stabilisation stone of a drystone wall which incorporates large rectangular monoliths with naturally even sides (as noted for No. 2 in Verkhnee Gakvari). Images have been deeply incised with a metal tool with single outlines. In the lower left corner is depicted the small image of a red deer stag in a static standing posture with a small curved tail and mail organ. Variant 1 iconography. Triangular muzzle pointed downwards. The antlers enclose a bulbous-profiled space with straight externally radiating tines. To the right of the solar stag is a symbol of what appears to be one cross nested within another. This unique nesting cross configuration is found in a more complex variant in Verkhnee Gakvari which has a set of five nesting crosses. To the right of these images within the largest field of the block is a deeply incised image of a human hand on which is incised a swastika with straight right angled arms in a clockwise orientation (Fig. 16).



Figure 15. Masonry petroglyph (corner stone) of solar stag No. 5 with multiple other images as described in text. Gigatli, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group



Figure 16. Masonry petroglyph (corner stone) of solar stag No. 6 and other images as described in text. Abandoned khutor of Tsuidi, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

No. 7 – Location: Settlement of Echeda, Tindal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan.

Description: A sketchy image of a red deer stag roughly pecked with a metal tool into the face of a masonry block embedded near an upper window in the community's Juma mosque. It is associated with other images. Variant 1 iconography. Drawn in profile silhouette with a single line by successive rough pecks with a pointed metal tool. The image

does little to convey the anatomy of the deer, as Nos. 1-6 manage to do (even those which are the most simplistic). The stag is depicted facing left with an elongated rectangular torso (as many of the petroglyphs of bezoar goat on the external walls of Echeda buildings do) and short legs. A short curved tail and male organ are depicted. The antlers project directly from the shoulders of the image (no head is depicted) and embrace an elongated oval with outwardly curving tines (Fig. 17).



Figure 17. Masonry petroglyph of solar stag No. 7 with associated images as described in text. Echeda, Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group

The block has been roughly smeared with whitewash which obscures some of its features when viewed and photographed from street level. Above the solar stag to its left are the roughly delineated features of another animal, which appears to be another stag. To the right and left of the stag are groupings of linear elements to form signs which are difficult to describe.

This appears to be a petroglyph illustrated by D.M. Ataev and V.I. Markovin in their 1965 publication and described as being on the house of Isi Ataev. The illustration, however, is not an accurate copy and does not include the other associated imagery on this block. It may have been moved to its present position from elsewhere.

Nos. 8 & 9 – Location: Settlement of Tindi, Tindal ethno-linguistic group, Tsumadinskiy district, Dagestan. The current location of this stone which appears to be a petroglyphic stele is not known. It was photographed during the ethnographer E.M. Shilling's 1947 expedition to the upper Andiiskoe Koisu. It was published in 2001 by G. Ya. Movchan, Shilling's expedition colleague, in his publication on the old Avar house, mentioned above, in which there is precious information on the built heritage and artifacts of the communities of Tindi and Bagalal Khushtada and Kvanada. Unfortunately, the quality of the reproduction of the photograph is such that certain features are impossible to discern.

Description: This stone bears unique imagery depicting the large figure of a standing hunter (or hunting deity?) holding a large bow in his right arm which has a hand of outsize proportions. There is no arrow in his bow but at his waist is what may be a quiver. He appears to be clothed to below his knees. At the level of his pelvis appears some kind of circular-shaped object, which may be a shield of a type characteristic of this region in pre-modern times (in which case it may be a sword that is depicted at his waist) (Fig. 18, 18a). Above him is a red deer stag facing right with antlers embracing a rounded space in the Avar-Ando-Dido Variant 1 iconography. It is drawn in profile silhouette with a single line in a static standing posture, as are the images of two dogs to the left above it (Fig. 19). Towards the base of the stele and some way below the hunter is the rough image of another horned animal, drawn with single lines and conveying no volume.

Midway up the opposite pillar of the entrance gateway is another stone panel with the petroglyph imagery of a hunting scene of a bezoar goat surrounded by a horseman with a bannered lance and an armed man with two dogs. Below this scene is a worn and rudimentary Arabic inscription which is difficult to decipher.

Below this stone panel is yet another with an Arabic inscription within a rectangular frame formed by a tulip scroll on three sides and a rhomboid lattice pattern below. The

stone has been carefully chiseled so that the inscription and frame imagery stand out as the dark tone of the natural stone



Figure 18. Masonry petroglyph (stela?) of solar stag No. 8. Imagery as described in text. Tindi, Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group. Current location of this object is unknown

No. 10 – Location: Village of Tlyakh, Gidatli area, Shamil'skiy district, Dagestan. Northern entrance gateway to community cemetery

Description: A complex petroglyphic array of an Arabic inscription above within a panel above a row of horsemen with a further scene of figures below centred around the image of a solar stag.

This was the first of the solar stag petroglyph images to attract scholarly comment (Debirov, 1959). Debirov documented it as being on the wall of the house of Aishat Gasanov but it is now embedded in the stuccoed pillar of the northern entrance gateway of Tlyakh's communal cemetery with the date 1966 shaped into the stucco above. This was probably the date of erection of the gateway, which has two other petroglyph slabs of hunting scenes (No. 11 and above). It appears that these petroglyphs were specially gathered from other places in the village for the ornamentation of the cemetery entranceway in 1966. The horns of a tur are hung on the wooden lintel above the entrance doors.

At the centre of the panel and dominating the imagery is a group of three similarly depicted horsemen galloping to the left. They are armed with flintlock rifles and brandish curved sabres in their right hands. The horses have long slender, elongated necks; short lines indicate their saddles and male organs (Fig. 20). All the imagery of this petroglyph panel is incised in profile silhouette with confident single lines by hammering with a metal tool which leaves a gouged incision.

Below the riders along the very base of the panel (which may have been damaged when translocated from the

surface against the light tone of the chiseled background.



Figure 18a. Detail of photograph of Georgian Khevsureti man in traditional chain mail with sword and shield taken by William Osgood Field in 1933. Khevsureti borders Chechnya, Russia and Tusheti, Georgia



Figure 19. Copy of depiction of solar stag No. 8 and associated dogs on masonry petroglyph describe above

Gasanov house) is a linear composition of figures facing left (Fig 21). At the centre of the row is depicted a solar stag with an attenuated neck above which is an ovoid depiction of antlers with straight radiating tines (Iconographic variant No. 1). This antlered unit sits just above the head of the stag but is not attached to it. The stag appears to be in a running position with its pairs of legs slanting slightly forwards. To the left of the stag is another animal of similar proportions but with backwards curving horns, which may have been intended to depict a bezoar goat. From the position of its legs it also appears to be running as does another animal to its left again. This does not have identifying features as does the stag and bezoar goat and may be intended to be a female deer. Approaching the stag on the lower right of the panel are two dogs in front of the figure of a man brandishing what may have been a stick, long dagger or sword.

Note that the scholars who have previously commented on and illustrated this Tlyakh slab have either misinterpreted its iconography or not noticed its significance (Debirov considered it to represent a rustling incident into alien territory and perceived the sun as a separate entity from the deer below it, while D.M. Ataev and V.I. Markovin only mention the three riders and the weapons they bear). A.C. Bashkirov and E.M. Shilling, who both had been to the Gidatli area make no mention of the Tlyakh composition, despite the great interest they showed in the petroglyphs there.

Above this panel is another petroglyphic panel with another grouping of figures around a solar stag (see No. 11 below).



Figure 20. Masonry petroglyph (stone slab) of solar stag No. 10 amongst an Arabic inscription and other imagery as described in text. In 1959, P.M. Debirov described this masonry petroglyph as being on the house of Aishat Gasanov but it has been removed with three other stone slabs (two of which also have hunting imagery) to the entrance gateway of the community cemetery with the date 1966 shaped into plaster on the right pier of the gateway structure. Imagery as described in text. Tlyakh, Gidatli area, Shamil'skiy district, Dagestan



Figure 21. Detail of lower row of imagery of above masonry petroglyph, as described in text

No. 11 – Location: Village of Tlyakh, Gidatli area, Shamil'skiy district, Dagestan.

Description: A complex petroglyphic composition on a stone panel embedded in the upper level of the right hand pillar of the entrance gateway to the community cemetery of Tlyakh, above the panel described above (No. 20). The imagery is executed in a manner similar to that of No. 10, i.e. incised in profile silhouette with confident single lines by hammering with a metal tool leaving a gouged incision. At the lower left is depicted a solar stag with a long slender neck and muzzle and its pairs of legs slanted forward as though running. Iconographic variant 1. Its antlers embrace an ovoid with upwards curving radiating tines. To the upper right of the panel is depicted a horse and rider similar to those on No. 10 but without flintlock and sabre (the horseman may be holding a sword). To the left of rider and horse is the outline of a bulky person facing them with a bow with arrow pointed in their direction. Below this figure is a smaller one of a man pointing a flintlock rifle at the stag. Below the mounted horseman and in front of the stag and facing towards it is a smaller image of a man holding a flintlock rifle at waist level (Fig. 22).

These petroglyphs on this panel may be by the same hand as No. 10.

No. 12 – Location: Abandoned village of Kakhib, Gidatli area, Shamil'skiy district, Dagestan. The masonry petroglyph

described here is situated above the entrance to the historic 16th-17th century former Juma mosque of Kakhib.

Description: This petroglyph depicts two red deer stags facing right which are perhaps running - their legs are slanting forwards. Variant 1 iconography. Drawn in profile silhouette with a single line

Description: Image of red deer stags depicted in a manner generally similar to those here described as Nos. 1 and 2. The stags are facing right in a static standing posture. Iconographic Variant 1 Drawn in profile silhouette with a single line deeply incised with a metal tool, probably of iron. The antlers of each stag embrace a rounded ovoid space (painted in yellow at a recent date). The tines of their antlers are depicted with upwards curving radiating tines. The stags have slender downwards pointing muzzles. Both solar deer are similarly depicted (Fig. 23).

Similarly, the significance of this petroglyph of two solar stags has gone unnoticed, although a photograph was published in 2016 in a brief account of petroglyphs by K.A. Volagurina. Here it should be noted that the primitive rendering of the solar stag from Echeda (No. 7 above) has beside it what may be the rendering of another stag.

The antler configuration of this stag is within the parameters of what we suggest is solar stag iconography.



Figure 22. Masonry petroglyph (stone slab) of solar stag No. 11 amongst other hunting-related imagery as described in text. Positioned on gateway pillar above the masonry petroglyph described above as No. 10. Tlyakh, Gidatli area, Shamilskiy district, Dagestan

No.13 – Location: Machada, Gidatli area, Shamilskiy district. This is a copy of the drawing of a petroglyph first published by D.M. Ataev and V.I. Markovin in 1965, with no indication of provenance [ref.], but later republished by G. Ya. Movchan in 2001 with Machada given as its provenance. In the extensive drawings assembled together on single pages by Ataev and Markovin of petroglyphs from both the Gidatli area and the upper Andiiskoe Koisu, there is another adjacent image of a

stag with similar antler configurations but with also no provenance.

Description. This is clearly a solar stag image (Iconographic Variant 1) (Fig. 24). Next to it on the same page in the 1965 publication of Ataev and Markovin on where petroglyphs from various locations are aggregated is another deer with the solar stag antler imagery.



Figure 23. Masonry petroglyph in wall of 16th-17th century Juma mosque of Khahib on periphery of the Gidatli area depicting two solar stags of same iconography as No. 10 with dogs on either side. Khahib, Gidatli area, Shamilskiy district, Dagestan

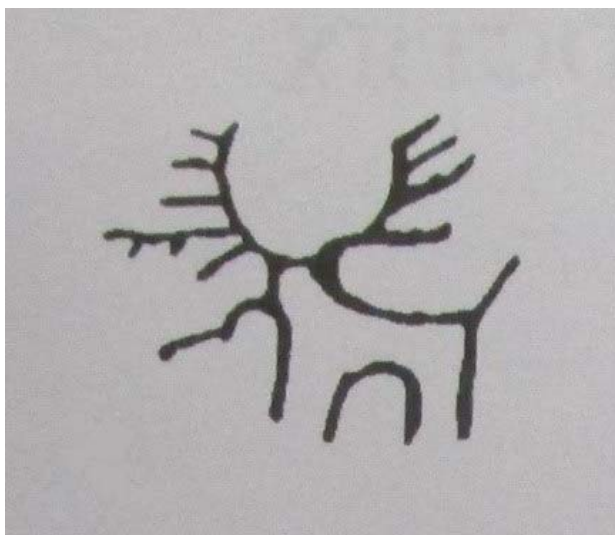


Figure 24. Copy of a masonry petroglyph published by D. Ataev and V.I. Markovin in 1965 but without indication of provenance. G.Ya. Movchan identifies it as in Machada, Gidatli area, Shamil'skiy district

Masonry petroglyphs of imagery of stags associated with adjacent solar images, Gidatli area

Although not employing the explicit solar stag iconography of the examples presented above, there are two related petroglyph compositions from Gidatli which were published first by P.M. Debirov in 1959 and then by D.M. Ataev and V.I. Markovin in 1965:

1) A masonry petroglyph from the settlement of Ratlub, Shamil'skiy district, which depicts a stag with a hunter behind aiming an arrow in his bow towards the deer. The stag is facing right and has antlers in an open ovoid configuration with straight tines radiating outwards and upwards. Two dogs are depicted in front of and behind the stag. A large circular image with quadrants defined by undulating lines (surely the sun) dominates the composition, which also includes an undecipherable sign in one corner. All image components are drawn in profile silhouette with a single line (Fig. 25; 25a).

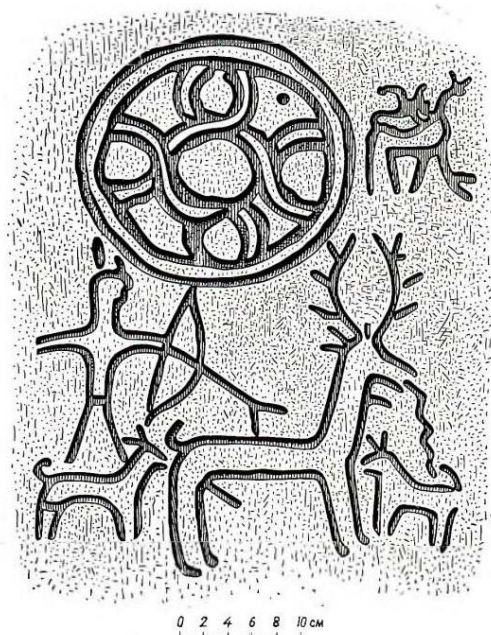


Figure 25. Copy of a masonry petroglyph published with an explanation by P.M. Debirov. An alternate description is provided in this study. Current location unknown but a copy of the image was published by D.M. Ataev and V.I. Markovin in 1965

2) A masonry petroglyph from Tidib, Shamil'skiy district, with a horizontal composition in which a hunter with a quiver at his waist (similar to the hunter from Tindi described above Nos. 8 & 9) is aiming an arrow with his bow at a solar stag. The form of the arrow head is clearly shown. Above the deer is a small circular symbol with an internal equilateral cross with a circular centre and four interstitial dots (also surely the sun). All image components are drawn in profile silhouette with a single line (Fig. 26).

Ataev and Markovin also include in their miscellany of copies of Avar-Ando-Dido metacultural zone petroglyphs, two others which have solar stags in a simplified hunting context but without a circular solar symbol. Another depicts a solar stag facing a large circular solar symbol with scrolling spirals around the inside of its periphery (Fig. 27). Unfortunately, the provenance of none of these is indicated in the publication (Ataev & Markovin, 1965).



Figure 25a. Forked Scythian arrow head

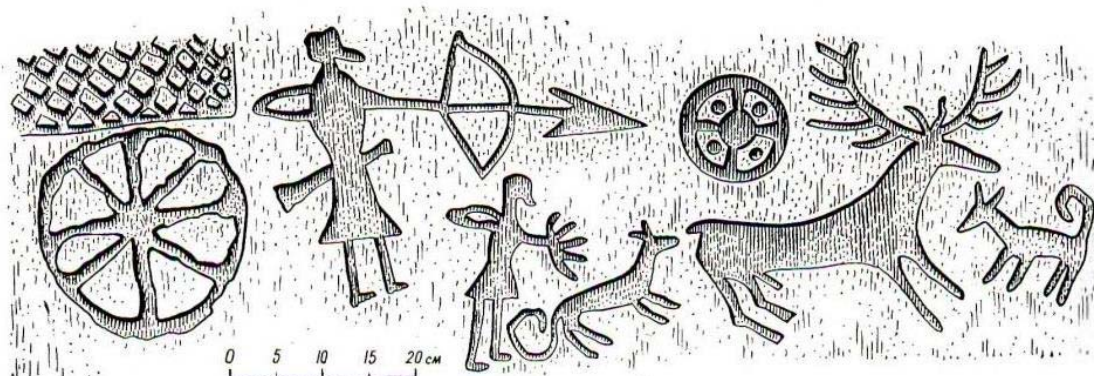


Figure 26. Copy of a masonry petroglyph with an explanation by P.M. Debirov. An alternate description is provided in this study. Current location unknown but a copy of the image was published by D.M. Ataev and V.I. Markovin in 1965

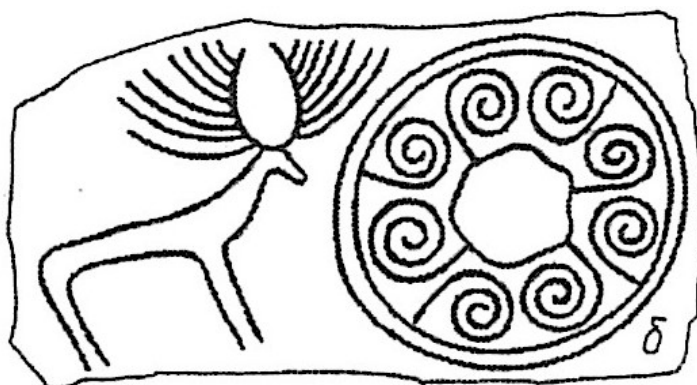


Figure 27. Copy of a masonry petroglyph of a solar stag adjacent to a large circular symbol with internal spirals radiating from its rim and an inner circle (solar symbol?). Machada, Gidatli area, Shamilskiy district, Dagestan (Debirov, 1966)

Clearly, by aggregating the information conveyed in all the above petroglyphs, in the Avar-Ando-Dido metacultural zone there was a commonly shared complex of beliefs, rituals or cult in which the red deer stag was conceived and depicted in a special relationship to the sun and the act of hunting, which was relayed through a canon of numinous and iconographically consistent images. This set of beliefs and practices and rituals related to them could be conveyed to the community and understood by its members through the single image of a solar stag or in conjunction with other image elements.

Analogies and possible antecedents of solar stag antler iconography in the Caucasus, Anatolia and Iran

A search of reports of figurative representations of deer from archaeological researches in the Dagestan highlands has revealed a 1977 discovery of artifacts from what is interpreted as a cult sanctuary near the village of Khosrekh in the Kulinskiy district (in the alpine zone at 2,700 m). These include a small cast bronze statuette of a deer (c. 10 cm long by 12 cm high) close in character to those portrayed in masonry petroglyphs in Chamalal and Gidatli territory but with an inverted arc shaped antler profile defining a semi-circular negative space (Fig. 28). O.M. Davudov, who excavated and published this discovery, attributes these finds to the 9th-11th century BC.

As Davudov observes, this deer statuette has stylistic features analogous to representations from the Caucasus and the Middle East, noting that, "The interpretation of the image of this animal in the metalwork of the Caucasus increased in the late Bronze Age and became most popular from the beginning of the 1st millennium BC. Therefore, it is important for us to emphasise not only the discovery of deer images in general but the stylistic features of our figurine which is close to the deer figurines of the Transcaucasus of the 1st millennium BC".

Although, there were many variants in the ways stags and their antlers were perceived and represented amongst the cultures to the south and south east of the Caucasus which may have impacted on the peoples of the Caucasus from the early Holocene onwards (for instance none of the rock face petroglyphs of Gubustan has this particular stylised antler image form), there is abundant evidence of both the antiquity and longevity of this particular antler image typology in Anatolia (Thierry, 1991), Iran (Kawami, 2005) and the Caucasus.

The important Neolithic site of Çatal Hüyük (c. 7,500-6,400 BC) in Anatolia has wall paintings of deer with inverted arc antler representations associated with hunters (Fig. 29), while excavations at Alaca Hüyük have revealed bronze statuettes with similar antler forms dated to 2,300-2,100 BC (Arik, 1957; Collins, 2003, 2005, 2010; Taracha, 2009) (Fig. 30). Many bronze stag figurines have been unearthed from Iranian sites of Luristan and Amlash of the 1st millennium BC with antlers of even broader inverted arc forms (Fig. 31).

Similar iconography is seen in other bronze figurines of deer from the Koban culture of the Central Caucasus (1,400-400 BC) which had a significant influence on the culture of the north-west of Dagestan, particularly in the form of bronze images used in mountain cult rituals (Fig. 32, 32a).

It is notable that in the historical and present day cultures of the North Caucasus, unlike Anatolia or mountainous Central Asia, there is little evidence for cults of bucrania (bull's horns) – the only such emphasis on cattle or bull horns is seen on traditional lidded carved wooden vessels and containers which were produced in communities of the upper Andiiskoe Koisu region which have prominent horns projecting from their sides (Karpov, 1998) (Fig. 64 below). It is rare to see the horns of tur or wild goat displayed prominently on constructions of community significance, as one still often sees today in the mountains of Uzbekistan and Tajikistan.

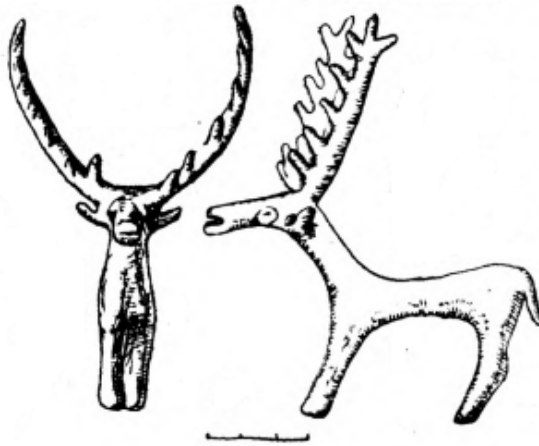


Figure 28. Drawing of a small bronze figurine of solar stag iconography excavated in a cult sanctuary in Khosrek, Kulinskiy district, Dagestan and published by O.M. Davudov in 1983



Figure 29. Wall painting of two red deer stags with antlers of the solar stag configuration and multiple images of hunters. Reconstructed from remains of the early Neolithic community of Çatal Hüyük in Turkey. 7,500-6,400 BC



Figure 30. Bronze figurine (with silver inlay) of a red deer stag. Head of a standard from Alaca Hüyük. Corum province, Turkey. 2,100-2,000 BC. Museum of Anatolian Civilizations, Ankara. Inset – composite standard from the site. On all such standards the stag is hierarchically superior to the animal species on either side.



Figure 31. Bronze figurine of red deer stag of the Amlash culture, Iran. c. 1,000 BC. Private collection



Figure 32. Bronze figurine of red deer stag of the Koban culture, Caucasus region, Dagestan. 7th-6th centuries BC. Private collection.



Figure 32a. Wooden storage structure (ambar) on the upper story of a house in the settlement of Kheletury, Botlikhskiy district, Dagestan. Late 19th century. Tur horns displayed.

A neglected possible early source influencing the perpetuation of this particular imagery of the antlered red stag over such a long period of time, is that of the presence of the giant deer *Megaloceros giganteus* (which became extinct around 7,500-8000 BP) adjacent to human artifacts in the Middle-Upper Palaeolithic in the rock shelter site of Siuren 1 in the Belbek Valley, south-west Crimea, which has provided a Carbon-14 date of 17,100 years BP. It may have survived within the glacial refugia of the northern Black Sea coastal periphery and south-east Europe during the Last Glacial Period (LGP) and into the Holocene (Demidenko & Noiret, 2012; Lister & Stuart, 2019).

Megaloceros giganteus was the largest deer to evolve and had the largest known antlers. Although the limited number of fossil or archaeological finds of its antlers indicate that it was generally a rare species, it must have had an impact on whomever saw or caught it and it is most curious that there

are no contemporary visual representations of this impressive beast (Fig. 33). Perhaps the impression it made on man at the time were subsumed into oral traditions and general beliefs and traditions relating to deer. In 1937, the Austrian scholar, A. Bachofen-Echt, published a study which he attempted to show possible influences of *Megaloceros giganteus* on certain Scythian deer images of the northern Black Sea region (especially from the Maikop region). There certainly are correspondences in the scale and structure of the antlers depicted, which B. Kurten, a specialist on Pleistocene mammals (Kurten, 1968) supported. However, no remains of the giant deer from the Holocene have been discovered in the Black Sea region. Lister and Stuart observe that suggestions that giant deer remains from Ukraine (Pidoplichko, 1951) are Holocene were based on the state of bone preservation and require confirmation (Vereshchagin & Baryshnikov, 1984).



Figure 33. Head and antlers of extinct giant deer, *Megaloceros giganteus*. Grant Museum of Geology, University College, London

The heritage of masonry petroglyphs of Chechnya and Ingushetia and relationships to those of the upper reaches of the Andiiskoe Koisu

As emphasised earlier, in this study the primary focus is on masonry petroglyphs of the Chamalal and Tindal communities of the upper Andiiskoe Koisu valley in Dagestan and their relationships to other masonry petroglyphs in this region and to those in other parts of the northern Caucasus. In the latter context of particular interest are the masonry petroglyphs of neighbouring mountainous south-eastern Chechnya and of Ingushetia further to its west (see topographical map, Fig. 2 above).

The north-western borders of the Republic of Dagestan with the Chechnyan Republic are defined by the mountain topography which naturally separates them. They thus stretch from Russia's border with Georgia in the latter's Tusheti region and follow the crests of the Snegevoy Ridge which make up the western flank of the upper Andiiskoe Koisu to then turn north-west following the crests of the Andiiskiy Range.

This natural border between the two republics is can be traversed via passes in four main locations. One is the Yagodak Pass situated between Kedi in Dagestan and Sharoi in Chechnya across the south of the Snegevoy Ridge with another further north through the range from the Chamalal settlement of Gigatli in Dagestan to the settlement of Kenkhi (Kvankhi) on the Chechnyan flank. The Snegevoy Ridge is separated from the precipitous Andiiskiy Range by the narrow gorge of the Ansatlen River, a short tributary of the Andiiskoe Koisu which cuts eastwards to flow through the settlement of Ansalta in the Botlikhskiy district creating a route across the border accessible from Chechnya and Dagestan.

Further east the Kharati Pass cleaves the Andiiskiy Range near Andi, the important eponymous settlement of one of the most dominant ethnic groups of north-western Dagestan. This pass has historically been the principal gateway from the plains and steppes of southern Russia into the mountains and valleys of central Dagestan and onwards to the coast. It was used by those not travelling towards the Caspian Sea along the steppe skirting the mountain massifs which continue further to the north-east. From the Kharati Pass pass ran the trails which allowed access to the upper Andiiskoe Koisu via the agricultural and market centre of Botlikh.

In the present context of ascertaining historical-cultural relationships between the petroglyphs of the Chamalals and others of the Avar-Ando-Dido metacultural zone, of particular significance is the pass to the west of Gigatli which connects it to Kenkhi in Chechnya just some 15 km away. This route and that of the Yagodak Pass further south were the principle conduits enabling the interaction of the peoples and cultures of north-western Dagestan and mountainous south-eastern Chechnya. This process of population and cultural transference was a fundamental aspect of the history of the mountainous reaches of the main tributaries of Chechnya's Argun River which flows to the north of the Snegovoy Ridge.

Although it seems that Kenkhi, at 2,800 m elevation the most outlying settlement in the Shariskiy district, was originally established in the 5th century AD, in the pre-modern period there was a later phase of settlement from Dagestan across the Snegevoy Ridge from Gigatli. The first reference to this settlement refers to it as being part of the Avar Nutsalstvo in the 15th-16th centuries AD. The founder is recorded as being of the Korabali family from the Chamalal community of Tsumada in the upper Andiiskoe Koisu valley. Kenkhi was subsequently settled by members of eight Botlikh families, as well as others from the Itum-Kalinskiy district of Chechnya and Georgia. There are three other settlements of Avar origin in the Sharoiskiy district: Chadiri, Buti and Khakmadoi. Among other villages in the broader region which were settled by

Avars (and subsequently by Chechens) was Khimoi, which was founded by inhabitants of Chamalals from the Gakvarinka River valley (Nizhne Gakvari and Verkhnee Gakvari). They remained dominant within the community, which was also settled by Chechens. In 1990, Sh. Isaev recorded a local legend according to which part of the population of the village of Sharo was from Chokh, an Avar community in the Gunibskiy district of central Dagestan. According to recent census data, to this day the majority of the members of a number of these communities are of Avar origin and there are inhabitants of Kenkhi who still hold ancestral land in the Gakvarinka valley. Masons from Kenkhi have long had a reputation for excellent stone building and in the past worked on both sides of the Snegovoy Ridge.

Even though geographically Kenkhi, Chadiri and Buti were on the Chechnyan side of the Snegevoy Ridge, because of their ethnic affiliation, the Tsarist administration initially placed them within the Andiiskiy Orkrug which embraced both flanks of the Andiiskoe Koisu.

Kenkhi thus lay within the Inkratl-Chamalal Naibstvo, while Buti was within the Tekhnutsal Naibstvo. Kenkhi, Buti and Chadiri remained part of Dagestan after the October 1917 Revolution, until in 1922 they were incorporated within the USSR as part of the Chechnyan autonomous oblast. In 1934 they were administratively placed within the Chechnyo-Ingush ASSR and in 1944 the inhabitants of Chadiri and Buti together with Chechens and Ingush were exiled to Central Asia and Siberia. In 1957 with the restoration of the Checheno-Ingush ASSR the settlements of Kenkhi, Buti and Chadiri were placed under the jurisdiction of Grozni and have remained part of the Chechnyan Republic ever since.

The inhabitants of Chechnya and Ingushetia are related in both language and culture, collectively calling themselves Vainakhs ("our people"). Two powerful rivers, the Chanty-Argun and Sharo-Argun, flow northwards through mountainous southern and south-eastern Chechnya to merge as the Argun River on the plains, which in turn joins the Sunzha River, a tributary of the great Terek River. In Ingushetia, the two major rivers are the Assa and Fortanga, which also feed into the Terek. Older Vainakh villages are built along the mountain slopes of the gorges and basins of these river systems.

In the 13th and 14th centuries the whole region was subjected to massive, lengthy and merciless onslaughts from the Mongols and then by Amir Timur (Khizriev, 1974, 1979, 1992), which resulted in the population of what was originally Nakh-populated mountain territory stretching from the Argun River in the east to the Koban River in the west resorting to the construction of defensive villages based around tall towers of two basic categories; either as a component of domestic complexes or purely for defense and combat. Towers were also built in the foothills and the plains along the northern and eastern borders of Chechnya (Kalinkin, 1984) (Fig. 34). From the end of the 16th century there was massive migration from the central and eastern parts of Chechnya to the plains (Volkova, 1966, 1971; Gadzhiev *et al.*, 1977; Bagaev, 1966). Fewer towers for strictly martial purposes were built at this later period, although domestic towers were used up to the 20th century.

As access by Russian and other scholars to the Vainakhs opened up following the ending of the Caucasian War in 1864, many publications, notably that on the whole Terskaya oblast by V.F. Miller in 1888, appeared containing information about the life and cultural heritage of the region, including its settlements with their iconic tower buildings at their core, many of which included masonry petroglyphs in their construction. However, by the time Russia had taken control of the North Caucasus, a number of the Chechnyan and Ingushetian towers had been destroyed or heavily damaged by the Tsarist military, including by cannon fire.

In 1929, Bruno Plaetschke a German geographer who had undertaken a number of expeditions to the North Caucasus, published a book on the Chechens in which he recorded the phenomenon of masonry petroglyphs in Chechnya with a

number of line drawings, paralleling similar interests in the 1920s and 30s by Soviet scholars in Dagestan already noted above. Other early scholars in this field in Chechnya-Ingushetia were I.P. Sheblikin, K.P. Semenov and E.I. Krupnov.



Figure 34. Montane landscape in Ingushetia with settlements defended by tall towers. Contrast with the cultural landscape of Tindi in the upper Andiiskoe Koisu, Tsumadinskiy district. Photographed by ethnographer E.M. Shilling in the 1920s. Russian State Historical Museum

In the aftermath of the compulsory resettlement of all Chechens and Ingush in 1944, the Chechen-Ingush ASSR was dismantled and a systematic campaign to destroy all the symbolic, historical and materials signs of Chechen life was undertaken by the NKVD. No further research, publication or even discussion of Chechen culture and history was permitted and the use of the Chechen language by those in exile was forbidden. As had happened with the Crimean Tatars, the knowledge and memory inherent in the written heritage of Chechen and Arabic manuscripts was destroyed, as were hundreds of historical tower buildings and religious structures. In exile, elders who were the guardians of national wisdom of centuries died without being able to effectively pass on their knowledge. A similar degradation of accumulated community experience of master craftspeople and experts in folklore occurred. Thus, in the context of this study, it has been more difficult to research the survivals of pre-Christian and pre-Islamic vernacular beliefs and practices appertaining to nature, wild animals and hunting, than it has been in the other republics of the North Caucasus where rich corpuses of folklore have been documented.

When the Vainakhs were “rehabilitated” and allowed to returned from forced exile, the North Caucasian archaeological expedition, which had operated in the region before the war, was resurrected and formed a special mountain (Argun) detachment, which set about documenting in detail the Vainakhs’ built heritage, including its masonry petroglyphs. V.I. Markovin, who had done so much to explore the petroglyph and rock art heritage of Dagestan, joined the expedition and was able to document a large number of petroglyphs in Chechnya and Ingushetia and bring them to the notice of scholars (Markovin, 1963, 1965a, 1965b, 1968, 1969, 1978, 1994). Inspired by Markovin, a young archaeologist, I.D. Magomadov, also became involved in this research, organizing expeditions and publishing some articles (Magomadov, 1974). However, he did not continue this work and the petroglyphs were largely neglected, except by archaeologists such as M.B. Muzhukhoev, D.Yu. Chakhiev, R.A. Dautova, A.A. Islamov, V.B.

Vinogradov, V. Golun and V.P. Kobichev, who noted any new and unknown petroglyphs they encountered in the course of their expeditions. L.A. Perfilova in 1968 published a study on the way masonry petroglyphs were used in Chechnya. In 2013 M.A. Tangiev published an essay on the problems of studying petroglyphs. F.Yu. Albanovi published a study on the symbolic aspects of the petroglyphs from historico-philosophical and ethno-cultural perspectives in 1998. At this time another specialist, R.D. Arsanukaev, had become deeply engaged in this subject, publishing a large catalogue of Chechnyan petroglyphs in Paris in 2005.

Among the many consequences of the two tragic Chechnyan wars in 1994-1996 and 2000, was that the heritage of Chechnyan petroglyphs was further diminished when dozens more towers were demolished or bombarded in air raids and other attacks (Arsanukaev reported that he was able to save more than 80 masonry petroglyphs from the bombardments in this period).

Nevertheless, in the mountains of Chechnya, in the upper reaches of the Fortanga, Gekhb, Argun, Sharo-Argun and near the Kazenoi and Galanchokh lakes there are still preserved approximately 150 tower villages, with more than 200 towers, as well dozens of cult constructions called “sklepi” (Koknev, 1978). They date mainly from the 11th-17th centuries. Today, these buildings and the petroglyphs which are incorporated in their construction, both in Chechnya and Ingushetia, are acknowledged to be an important part of the Russian national and republic heritages and are protected accordingly. In 2009 UNESCO published an excellent work on the diversity of Chechen culture by L.M. Ilyasov, who in 2014 was also able to publish on behalf of the Scientific Library of the Chechen State University a thorough, new publication in colour on the petroglyphs of Chechnya.

As in the Avar-Ando-Dido metacultural zone of Dagestan, in masonry petroglyphs in Chechnya are found across a wide area. However, despite the shared life-ways of agro-pastoral subsistence in the upper Andiiskoe Koisu region and much of

Chechnya, in particular in the latter's high mountainous zones of rivers and deep gorges, there were fundamental differences in the character of their settlements and landscape which had an impact on the typology of petroglyphs commonly used and perhaps also on their placement on their buildings.

The ethno-linguistic enclaves of the upper reaches of the Andiiskoe Koisu were characterised by an enduring psychological and material stability of settlement (Fig. 35). Their inhabitants did not have the ever-present sense of potentially threat by those beyond their boundaries which history had taught the Vainakhs, even in the most remote mountain gorges, to feel. They were also supported by a more cohesive patrilocal system of residence, than history has shown to be the case for the Vainakhs.

That is to say, Andiiskoe Koisu settlements were not built with substantial defensive features, except that of their chosen as their location. They are usually situated on high natural vantage points with a good prospect of their territory (most were in view of at least one other community) (Fig. 36). Some villages, such as Khustada and Gigatli, had round towers (the former had one at the entrance to the settlement and one at a vantage point on the mountain behind) which served mainly as signal towers (Fig. 37). Some communities, such as Khustada and Kvanada had special men's watch houses designed for defense and where able-bodied males lived and were trained to respond to any attack (Movchan, 2001).

The tall towers of the Vainakhs of Chechnya and Ingushetia were usually very well built and could survive for centuries and often included numbers of petroglyphs in their walls. While the corpus of petroglyphic images which could be drawn on seem to be essentially shared between the Chechens, Ingush and the peoples of the Avar-Ando-Dido metacultural zone

are essentially common to both, the images the Vainakhs chose, when considered as a regional corpus, reflect their concern for defense and protection and the warding off of evil and are predominantly apotropaic or propitiatory in character, much more so than those used by the inhabitants of the upper Andiiskoe Koisu, where the images of petroglyphs employed more frequently reflect desires for abundance and fertility reflecting their less threatened way of life. Through the extensive survey of masonry petroglyphs of Chechnya and Ingushetia provided in the publications of B. Plaetschke and L.M. Ilyasov and the more restricted imagery included in the works of other specialists, this preference is clear. Most notable is that there are very few zoomorphic images among these petroglyphs, all being very rudimentary, although as in the upper Andiiskoe Koisu they are also restricted to the bezoar goat and the male red deer. The surviving assemblages of masonry petroglyphs in situ in Chechnya and Ingushetia are often denser than in Dagestani constructions.

The emphasis on apotropaic and propitiatory masonry petroglyphs on the exterior walls of buildings in south-east Chechnya is enhanced by a unique type of monolithic arched lintel and door and window jamb used for doorways and window openings (large and small) in this region (Figs. 37, 38). This structural solution does not employ the voussoir and keystone type construction of archways commonly employed in the Caucasus and elsewhere. It provides broad surfaces for the incising of petroglyphic images precisely at those points in a building which in popular belief are most vulnerable to the passage of negative forces.

It may be that these unusual structures may have a distant ancestry in certain forms of monolithic dolmen entrance plinths with similar cut out archways (Fig. 39).

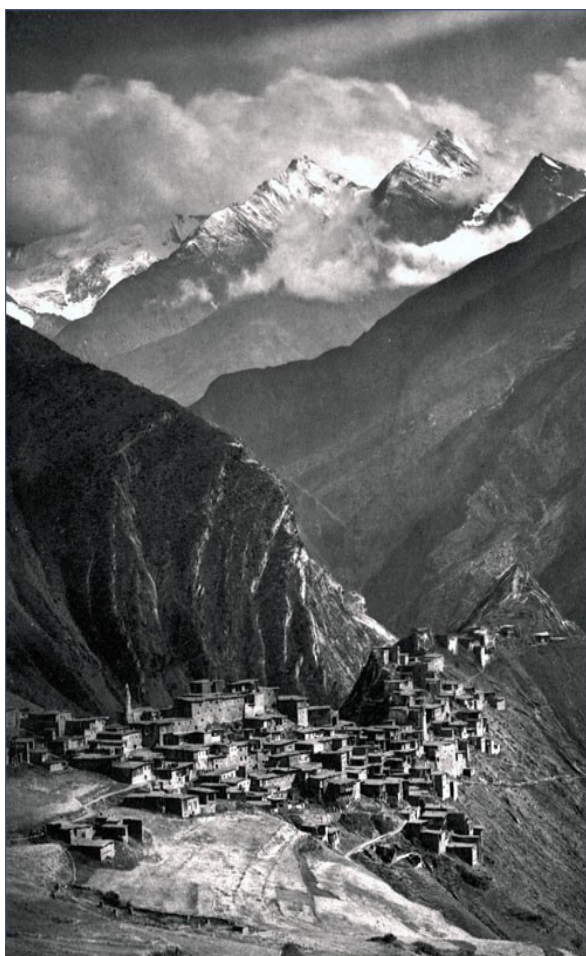


Figure 35. Settlement of Tindi, upper Andiiskoe Koisu, Tsumadinskiy district, Dagestan. Photographer M. de Dechy, late 1890s



Figure 36. Settlement of Khustada, upper Andiiskoe Koisu, Tsumadinskiy district, Dagestan. Bagulal ethno-linguistic group. Late 19th century



Figure 36a. Lookout tower (now in ruins) at entrance to settlement of Khustada, upper Andiiskoe Koisu, Tsumadinskiy district, Dagestan. Bagulal ethno-linguistic group



Figure 37. Minor rural masonry structure with small window opening with monolithic arched lintel



Figure 38. Window opening characteristic of south-eastern Chechnya vernacular architecture with monolithic arched lintel and lower jambs inscribed with apotropaic petroglyphs



Figure 39. Dolmen with entrance formed in a manner similar to the monolithic arched lintels of Chechnyan door and window openings. Stanitsa Bagovskaya, Mostovskiy district, Krasnodarskiy Region, Russia

Observations on the positioning of masonry petroglyphs in Dagestan and Chechnya-Ingushetia

Although it has seemed to many observers that the masonry petroglyphs of the Avar-Ando-Dido metacultural zone are placed at random in the stone walls of which they are part. However, an extremely illuminating study by C. Riley Auge of the University of Montana, *The Archaeology of Magic: Gender and Domestic Protection in Seventeenth-Century New England*, may provide an alternative perspective on the placement of masonry petroglyphs in the Caucasus, particularly in light of what has been reported on above regarding the use of apotropaic images on specific zones of Chechnyan buildings.

Auge observed that in the region and historical period she studied, communities believed that domestic spaces were vulnerable to harm by preternatural forces and were particularly permeable at certain specific points (e.g. doorways and thresholds, windows, walls, wall intersections, corners, foundations, fences, property boundaries). Households were viewed as possessing a heterogeneous unity that must be protected from external disruption by placing apotropaic symbols or imagery at vulnerable real or metaphysical boundaries. Stone masons were in a particular position to embed objects and symbols into the spiritual fabric of buildings. Devices providing apotropaic protection drew from religious and astrological symbolism, many of the most

common apotropaic elements included those common also to Caucasian masonry petroglyphs: rosettes, circles, triangles, spirals and whorls. The circle was considered as representing unity and protection and thus was used as a symbol of supreme divine power which would naturally serve as a motif of protection from evil forces. Apotropaic circles or hexafoils were often left incomplete, like intentionally broken or “killed” objects used in other magical contexts. Graphically complex designs were considered to act as demon traps with the power to capture or overt, confuse or capture malevolent beings.

In 17th century New England, protective strategies did not only employ apotropaic images but also those which had a propitiatory function. Spirits interact with humans in a variety of manners – beneficial, maliciously or mischievously. They can provide protection, success and luck but can also mete out harm and destruction through loss of crops, infertility, illness, death or mishap. However, they can be propitiated by specific practices and devices.

As Auge states, “Such established defensive boundaries allowed people to believe they had some measure of control over the evils that inhabited their worlds. It is this sense of safety – not the actuality of safety – that permitted people to live productively”.

This researcher’s observations about attitudes and practices in the north-east of North America reflect aspects of human psychological universality shared with peoples of the Caucasus

also. The photograph in Fig. 40 identifying the “hotspots” of vulnerability to evil forces in a 17th century New England domestic property (as documented from original archival sources) is taken from C. Riley Auge’s 2011 dissertation. There are clear analogies to the breachable “hotspots” protected in buildings of south-east Chechnya by apotropaic and propitious masonry petroglyphs.

There are repeated observations in the literature regarding the masonry petroglyphs of the Dagestan-Chechnya-Ingushetia regions concerning characteristic features and practices of their placement:

1) The re-use of masonry petroglyphs from earlier constructions. It is often clear that this has occurred because of differences in ageing, texture, colouration, level of processing and finish of the masonry petroglyphs from the rest of the stone masonry.

Regarding Chechnya, I.V. Markovin observed that local populations considered such re-used stones to be sacred and necessarily transferred them to the construction of a new building, while L.M. Ilyasov notes that it was a common custom in Chechnya to use a stone or brick from a previous building when constructing another in its place, to transfer grace and to maintain a material and spiritual connection with the ancestors. The masonry petroglyphs were already imbued with symbolic and social power and thus could not be discarded but should be used respectfully in another construction.

The Chechens have preserved the tradition of the ritual use of elements of the old dwelling in the construction of

a new one to this day. When a Chechen builds a house, dismantling the old one, he always puts at least a stone or brick from the dismantled building into the foundation of a new house in order to transfer grace from there, to maintain a material and spiritual connection with his ancestors. In the Middle Ages, as already mentioned, during the construction of a new tower, stones with petroglyphs from the walls of old buildings were laid into its walls.

Masonry petroglyphs are more often found in Chechnya and Ingushetia in their original structural context than Dagestan, where only a few buildings stand with original petroglyphs (e.g. a house built in Koroda, Gunibskiy district, in 1673, of which a photograph was published by N. Baklanov in 1924), helping us to understand their maker’s or sponsor’s intention in image content and placement.

2) Except for masonry petroglyphs applied to monolithic arched lintels and jambs and as a decorative linear feature of constructions as described above in Chechnya and in certain infrequent original installations Dagestan, masonry petroglyphs embedded in the walls of buildings in the Avar-Ando-Dido metacultural zone have appeared to many observers as being quite random. However, if the observations of C. Riley Auge about the most vulnerable zones of construction to violation of evil forces have some universal application in the north-east Caucasus, then the seemingly illogical or random placement of masonry petroglyphs seem to be explicable, occurring as they do at corners, thresholds, on foundation zones of building and spread amongst masonry facades.



Figure 40. Photograph of a domestic property in Salem, New England, USA, built 1664, with areas (“hotspots”) indicated which the 17th century community considered to be vulnerable to malevolent forces and requiring apotropaic protection (Riley Auge, 2020)

3) Some re-used masonry petroglyphs are placed in walls upside down. In the upper Andiiskoe Koisu region, a survey of all those known to the research team from direct observation or from photographs which clearly show this orientation in a wall indicate that they may be exclusively of bezoar goats, either as a single image (e.g. an example in Khushtada) or as part of a composition with other images (e.g. an example on

the lower part of the minaret of the Juma mosque in Tlyakh) (Fig. 41).

V.I. Markovin reported that on a defensive combat tower in the settlement of Dere in Chechnya there is a masonry petroglyph of a horseman upside down. There is no local information about why this was done in any of the regions which are the subject of the present study. The only thing the above images have in common is that they depict

living beings. May this have been some vernacular concession to Islamic strictures about depicting living beings? It is interesting to note in this context that in southern Scandinavia there are rock face petroglyphs depicting the journey of the sun in a boat through a complete daily cycle in which the boats during the night journey are depicted upside down (Kristiansen, 2010).

An obvious consideration is under what circumstances were buildings demolished, thus providing masonry

petroglyphs for secondary use. In the case of the high mountain settlements of the upper reaches of the rivers of Chechnya and Ingushetia, many buildings were destroyed by attacks from the Mongol and Turkic peoples of the steppes. In the Gidatli area, masonry petroglyphs were said to have been spolia from Christian churches (with Georgian architectural features) (Debirov, 1976, 1977; Isaev et al., 2019) demolished during the process of Islamisation (Fig. 42).



Figure 41. Masonry petroglyphs embedded in the lower wall of the Juma mosque of Gidatli. Both were re-used from another construction and were consciously inserted upside down by the mason for some reason. That on the left has the image of a bezoar goat and non-figurative symbols, while the head of the animal on the right that on the right has been broken off. It is similar in form to two animals at the base of the stone panel to the left of the image of the solar stag No. 10 on the right entrance pillar to the Tlyakh cemetery. It may be a female deer or a bezoar goat



Figure 42. Masonry petroglyph. Corner slab in wall of domestic building in the settlement of Machada, Gidatli area, Shamil'skiy district, Dagestan. The side and base panels have been delicately carved with a pecked background in intertwined Islamic arabesque designs while the Christian crosses in central panel have been coarsely pecked into the smooth surface

However, in the settlements built on the flanks of the upper Andiiskoe Koisu, it is likely that a common local style of construction may have contributed to the disintegration of certain buildings which originally bore masonry petroglyphs.

Although the traditional agricultural landscape of the basin of the upper Andiiskoe Koisu is in a general sense well preserved and maintained and sustainably functional from a

socio-ecological landscape production perspective, this cannot be said about the region's built heritage. The traditional architecture and general built character of each settlement of the Tsumadinskiy district is under severe threat and many buildings are neglected and have fallen into ruin. The walls of buildings in the region were traditionally constructed of stone masonry, with or without mortar. In many parts of its

highlands, the geology is such that there are exposed rock strata which provide flat faced stones, which are ready-made by nature for drystone building construction without the need for mortar or trimming. This has, however, proved to be a weak element in otherwise often meticulous vernacular building construction. As a unit such walls have little structural integrity. They can collapse if their foundations are not stable, from ice penetration and expansion of spaces between stones in winter or when there are uneven stresses from above. The flat roofs of these traditional buildings with their heavy layer of earth and wooden supports are their weak point: if not regularly and properly maintained, the penetration of rain and the weight of snow cause them to collapse. During the later Soviet period, households in traditionally built settlements across the Caucasus found an easy way to solve this problem by simply covering the roof space with asbestos cement sheeting which was then cheaply and commonly available. Later on brightly coloured metal roof sheeting was used. Set at an angle, these sheet roofs easily repel rain and snow. Over time most roofs in rural communities have been covered in

this way. In the process the distinctive “cubist” built landscape and colouration of traditional settlements throughout Dagestan has been completely transformed, and the skills once applied to the construction and maintenance of horizontal roofs lost. Earth tremors may also have contributed to the structural stability of drystone structures, especially those with walls reaching two stories in height.

Deer imagery on masonry petroglyphs of Chechnya and Ingushetia

None of the corpus of masonry petroglyphs published by L.M. Ilyasov and R.D. Arsanukaev repeat the solar stag imagery of the petroglyphs of the Chamalals and the Tindals, although there is a single hunting scene, whose intent may relate to the conception of the solar stag. In this scene a hunter is depicted approaching with bow and arrow a simplified image of a stag whose antlers are depicted as through leaning to one side with an upward curving profile holding a crescent shaped-form (Fig. 43).

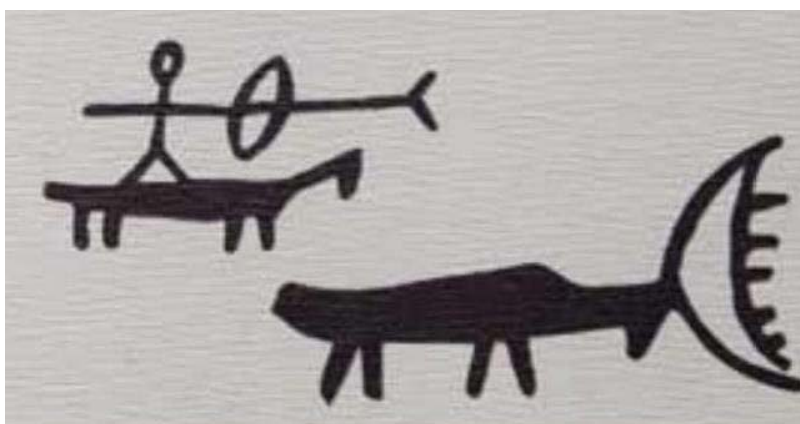


Figure 43. Copy of masonry petroglyph of deer hunting scene from Nizhnee Kei, Chechnya (Arsanukaev, 2005)

Unlike in piedmont Dagestan, rock face petroglyphs were not a significant feature of the Chechnya cultural-historical landscape. The few documented are dissimilar in style from those of Dagestan. One composition among the rock face petroglyphs of Malkhista in the high mountain south west of Chechnya (Itum-Kapinskiy district) in the upper reaches of the Shanti-Argun published by Oshaev in 1930 does depict a scene of hunting deer, but it is solely narrative in character with no particular symbolic iconography in the way its antlers and the other animals generally are depicted. Oshaev also discovered rock paintings in a white pigment in the Nashkh area of the alpine Itum-Kapinskiy district. Here there are representations of deer and hunters with bows and arrows which are remarkably similar in style to the rock face petroglyphs of Malkhista.

Ilyasov also observes that in some rock face petroglyphs in the upper reaches of the Argun River there are images of deer “absolutely analogous to bronze sculptures of the Kobans” (Ilyasov, 2021). As noted above, there are bronze figurines from the period of the Koban culture, which do have the “stag bearing the sun” antler form being explored here and G.R. Smirnova wrote a short but important article in 1979 in which he explored Koban analogies with some petroglyphs of Chechnya and Ingushetia among which he perceived similarities in deer imagery of rock face petroglyphs of Malkhista with that of Koban bronze deer figurines (Smirnova, 1979).

Ilyasov considers that paintings on rock faces or large boulders in Melkhista and the Yalkhoroi area whose imagery depicts deer, bezoar goat, hunting scenes and hands date to the Late Bronze Age or Early Iron Age (1st millennium BC). Local sources of traditional information about those in the Yalkhoroi

area are not available as its indigenous inhabitants were not permitted to return to their home village because after the repatriation of the exiled Chechens in 1957.

The above information may indicate that before the Chechens and Ingush in the Middle Ages began re-constructing their villages of stone towers, there was a cult of the deer long shared between the Chechens and their neighbours in the upper Andiiskoe Koisu as reflected both in rock paintings and rock face petroglyphs. However, in choosing imagery for their masonry petroglyphs they turned to those of a more practical apotropaic and propitiatory value in defense of their villages. The results of this choice continued to be seen on later buildings in Chechnya and Ingushetia as masonry petroglyphs were re-used or even-imitated from earlier constructions. Nevertheless, folk traditions and belief systems relating to the deer may have been perpetuated in oral form and as ritual practices relating to hunting, as is well documented in neighbouring Ossetia and further west along the northern macroslopes of the Caucasus [R].

Avar-Ando-Dido masonry petroglyphs of the solar stag: Linkages with petroglyphs of the Central and West Caucasus – Christianity and the miracle of Saint Eustace

In considering possible linkages in the evolution or transmission of the solar stag iconography of north-west Dagestan with cultures further west from Chechnya-Ingushetia, an important factor was that although from the Middle Bronze to Early Iron Ages south-eastern Chechnya (where most masonry petroglyphs occur) was part of a culture zone which had extended over the natural mountain barriers of the Segovoy Ridge and Andiiskiy Range, in later periods it was more linked with other cultural zones to the west, such as

that of the Koban with which it shared the same zone of the northern macroslopes of the central and western Caucasus. In this region petroglyphs were usually found on open rock faces and shelters (Kuznetsov, 2005); masonry petroglyphs were not generally part of its building traditions (although D.M. Ataev and V.I. Markovin noted that some are found in the Teberdi district of North Ossetia). A.A. Miller in 1923 did a certain amount of field work in North Ossetia documenting images on *sklepi* and *tsirti* (Ossetian carved stone grave markers) which was never published. Here it should be noted also that there are abstract-geometric, zoomorphic and anthropomorphic petroglyph images on some of the megalithic dolmens of the central and western Caucasus of the third millennium BC (Felitsin, 1904; Leshenko, 1931; Lavrov, 1960; Markovin, 1972, 1975, 1978; Trifonov, 2009, 2014).

Clear iconographic-stylistic parallels to the Chamalal and Tindal stags are to be found in the Karachay-Cherkessia Republic as multiple petroglyph images of stags on large natural rock slabs within the ruins of the mediaeval Alan city of Kiafar.

At various points along the ridge on which ruins of the city lie are exposed rock slabs with petroglyphs depicting, amongst other images difficult to define, "Latin" crosses, nested squares (called in Russian "babylons"), stags with antlers of the "solar stag" iconography and a hunting scene. One slab (named "Hunting Cult Stone No. 2") is particularly densely covered with layers of petroglyphs of stags (there are no female deer) and the depiction in one corner of a rider hunt with bow and dog and adjacent "Latin" or "Byzantine" crosses (some of which are contemporaneous with the deer images) (Fig. 44).

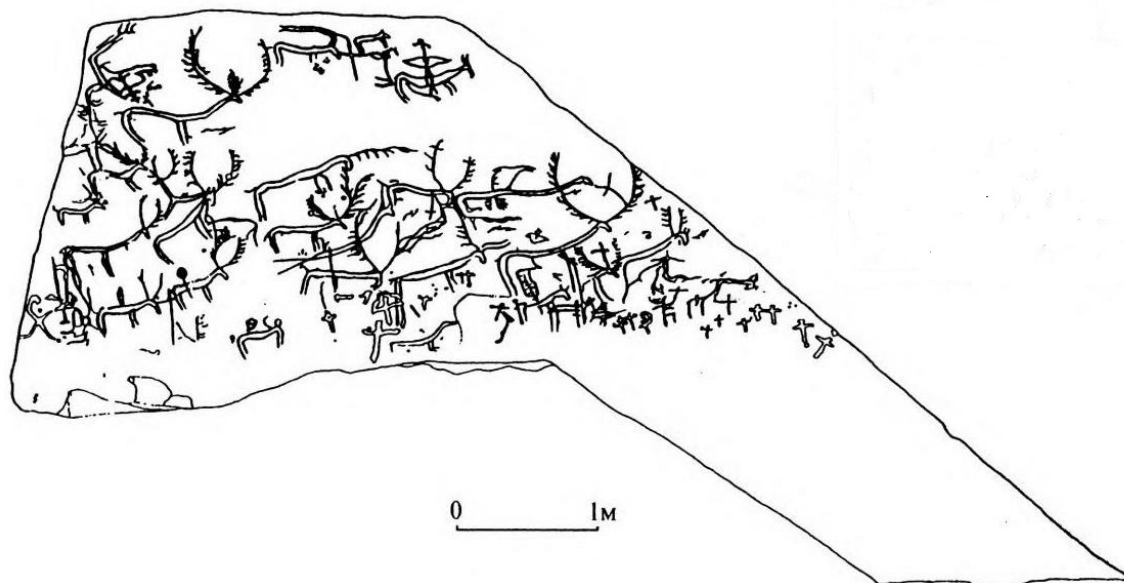


Figure 44. A large exposed boulder face within the ruins of the mediaeval Alan city of Kiafar (10th-11th centuries) which is locally designated as Hunting Stone No. 2. It has multiple overlaid images of stags with the solar stag antler configuration with a horseman and dog in one corner and a group of crosses to one side. One of the stags has a Byzantine cross between its antlers and is interpreted as deriving from the Christian iconography of the miracle of Saint Eustace, as described in text. Kiafar, Karachay-Cherkessia Republic (Ardzhantseva & Albegova, 1999)

While it may seem that the cross between the horns on the Kiafar slab may be insignificant in scale, it is interesting to note that in much of the Christian iconography of the Miracle of Saint Eustace (e.g. Albrecht Durer's famous engraving of the miracle and in eastern icons) the deer is not placed centre stage but at a distance from the saint himself.

A description of this site and its petroglyphs has been published in some detail by I.A. Arzhantseva and Z.Kh. Albegova in 1999, who observe that one figure of a stag amongst the profusion of overlaying images of these animals has a Latin cross between its antlers. They have developed the proposition (accepted subsequently by other authorities) that the iconography of the Kiafar petroglyphs of stags and hunting on "Hunting Cult Stone No. 2" derives from local beliefs relating to deer and the hunting of deer which had evolved from religious representations of the miracle of the Christian Saint Eustace following the adoption of Christianity in the early 10th century by the Alan court under Byzantine imperial influence (Abramova, 1978; Alekseeva, 1949; Vaneev, 1959; Vinogradov, 1979; Kazhdal, 1967; Kulakovskiy, 1898; Kuznetsov, 1970, 1971, 1977). The conversion of the general population to Christianity of Western Alania followed its adoption by the court.

Saint Eustace (Eustathius) was a Roman general who converted to Christianity after he had a vision of a cross

between a stag's horns while aiming at the animal with his bow and arrow. He was subsequently martyred under Emperor Hadrian for refusing to sacrifice to Roman gods. Saint Eustace was venerated in the Byzantine Church from at least the 7th century, as he was in the early Christian states of Armenia and Kartvili (Iberia – eastern Georgia today).

By the time of the adoption of Christianity by the Alans, the cult of Saint Eustace had already long been popular throughout the Byzantine realm and Christian Georgia and was to remain so until the late Middle Ages. The saint had become a revered personage either (depending on the region) as the patron of hunters and hunting or as the protector of the animals hunted, taking over the role of supernatural personages once traditionally associated with these roles. Indeed King Miriani III (284-361), the first ruler of Kartvili (the precursor Christian state to Georgia) to convert to Christianity was moved to do so through a miraculous event that occurred while he was hunting in a forest and overcome with impenetrable darkness from which he was only released by light from the Christian God after acknowledging his divinity.

Thus, following the Christianisation of the Alans, they may have conflated Christian beliefs relating to Saint Eustace with their indigenous existing belief systems relating to the hunting of game, as had already happened in other Christianised regions of the Caucasus and Transcaucasus. This

cultural hybridization was a feature across the Christianised Caucasus as popular perceptions of the religion became intermingled with ancient local belief systems. This process familiar vernacular symbolic imagery (both oral and visual) was employed in humanity's eternal quest for supernatural support in assuring health, fertility and abundance or in warding off misfortune or attack. As N. Goderdzishvili observes, another aspect of local beliefs in various parts of the Caucasus which made the miracle of Saint Eustace particularly potent was that the act of hunting deer itself was considered propitious as it created ideal circumstances for overcoming the boundary between the worldly and the heavenly and for transition into the sacred dimension. A sacral meaning was thus attributed to the act itself of pursuing game, rather than to the eating of the game. In some cases, the deer is perceived as a zoomorphic form of the hunting god (Goderdzishvili, 2018).

Icons, wall paintings and relief sculpture were produced across the Christian regions of the Caucasus depicting the moment of the Miracle of Saint Eustace with the saint on horseback aiming with a bow and arrow at a stag between whose antlers has appeared a cross, Christ on the cross or Christ's face on a roundel, sometimes within a halo of rays of light. From the 11th-17th centuries in Georgia many church facades and interiors had wall paintings of this subject, which also appeared in miniature painting in Georgian religious manuscripts of the 17th and 18th centuries (Goderdzishvili, 2018; Velmans, 1985).

Besides the work of Arzhantseva and Albegova referred to above, the phenomenon of the cult of Saint Eustace in the West Caucasus, Georgia and Anatolia has been quite comprehensively addressed in publications (Abramishvili, 2000; Saltikov, 1996; Didelibudze, 1990; Arzhantseva, 2011-2012; Cargnano, 2019; Goderdzishvili, 2018; Tuite, 2018, 2020; Velmans, 1985).

Eighteen relief sculpture compositions of the miracle of Saint Eustace theme from the early Christian period to the Late Middle Ages in Georgia have been recorded. One of the

earliest surviving representations in this territory is a carving on a 6th-7th century stone pillar from Natlismtsemeli in Georgia (whose stag's antlers are of the solar stag open inverted arc shape) (Machabeli, 2008) (Figs. 45, 46).

Another early depiction of the miracle is carved on a fragment of a panel of a marble chancel screen of the 6th-7th century from a Georgian-built church in Tsebelda, Abkhazia, whilst this region was still nominally under Sassanid dominion, shortly before Persia was invaded by Muslim forces (Saltikov, 1985).

In this relief carving the image of the mounted Saint Eustace (Fig. 47) clearly reflects the influence of Sassanid imperial iconography, notably the relief of the mounted ruler Ardashir (180-242) carved in rock at Tag-e-Bustan, Iran in the depiction of his horse, his costume and his royal headdress with ribbons fluttering behind. The saint is shown taking aim with bow and arrow at a deer with the image of Christ's face between its antlers (of "solar stag" profile). He is accompanied by a dog, the composition also including an eagle and a small circular relief element with a whirling pattern (a symbol of the sun?). Both the Natlismtsemeli pillar and the Tsebelda fragment are held in the Georgian National Museum.

The iconography of the Natlismtsemeli pillar has uncanny similarities with the Tindi stele Nos. 8 & 9 with both hunters below and the stag above with antlers of basically the same form.

The Tsebelda composition has all the basic elements of those vernacular petroglyphs of Avar-Andi-Dido territory which have a deer hunting theme (e.g. Tlyakh composition No. 10), i.e. depicting a stag with a divine image between its antlers, a hunter (in this case a horseman), bow and arrow and a hunting dog.

However, there are other carved relief representations of the Saint Eustace miracle in the Christian Caucasus, such as that on the façade of the 10th-11th century church of Nak'pari in Upper Svaneti, Georgia, in which the image of the saint has entirely faded from the scene (Fig. 48).

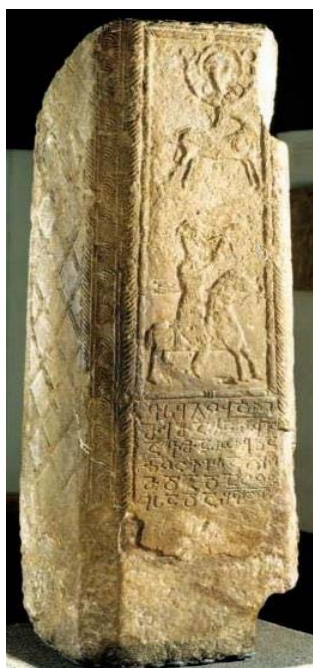


Figure 45. Carved stone pillar of 6th-7th century from Natlismtsemeli, Georgia, depicting the Miracle of Saint Eustace. Georgian National Museum (Machabeli K., 2008)



Figure 46. Detail of upper part of Natlismtsemeli pillar with antlers embracing an image of Christ's face. Note the tips of the antlers have an unusual form, recalling somewhat those of the small bronze antler head from the Tsuntinskiy district, Dagestan (Fig. 8). Georgian National Museum (Machabeli K., 2008)



Figure 47. Portion of marble chancel screen from a 7th century church at Tsebelda, Abkhazia. At the lower left is depicted the Miracle of Saint Eustace. The mounted saint is depicted in imperial Sassanid style as described in text. Collection, National Museum of Georgia, Tbilisi



Figure 48. Miracle of Saint Eustace as represented on façade of Church of Saint George, Nak'pari, Mestia municipality, Samegrelo Zemo Svaneti, Georgia, 1330. Saint George was considered by the Georgians as being the patron saint of hunters. Only the head of the deer and the bust of Christ were considered necessary to convey the Miracle of Saint Eustace

Only that which is really symbolically of the essence is depicted – in a niche of the church façade the antlered head of that stag supports a wall painting of the head of Christ – the deer having become the object of veneration more than the hunter (no hunter, horse or hunting dogs need be shown). Saint Eustace thus had become subsumed into the god-possessed or “sacralised” deer, an imagery which has clear symbolic affinities with the petroglyph of a solar stag with a cross between its horns in the Dagestan village of Verkhnee Gakvari (listed here as No. 1) (Goderdzishvili, 2018).

Following the Alan conversion to Christianity, churches with frescoed interiors were built in Alan territory. That of the 11th century church of Mady Majram in Khozity gaew village in

the Zug gorge of North Ossetia (built in impeccable Georgian masonry and now partly destroyed) contains a wall painting of the miracle of Saint Eustace on its inner southern wall.

Another better preserved wall painting of the miracle is found at Nuzal within a little 12th-14th century church of the distinctly North Caucasian vernacular “sklep” style of construction with a keel-vaulted roof (Kuznetsova, 1970). The village is located in the Alagir gorge of North Ossetia, the domain of the Alanic royal family of Caerazonte, where the last of the family was interred in church in the early 13th century (Fig. 49). In this painting the antlers of the stag bearing the cross repeat the inverted arc variant of the stag petroglyphs of the Avar-Ando-Dido metacultural zone (Fig. 50).



Figure 49. Settlement of Nuzal, North Ossetia. Small 12th-14th century church of traditional Caucasian “sklep” construction within which is a wall painting of the Miracle of Saint Eustace



Figure 50. Wall paintings within church of Nuzal depicted above. The upper left image is of the Miracle of Saint Eustace. The stag bears no image of the cross or Christ but has the inverted arc form of the solar stag iconography

Besides the manner in which both Saint Eustace and his miracle were so thoroughly incorporated into local vernacular belief systems and visual and oral imagery across large

swathes of the Caucasus and Transcaucasus was that the name of the saint became so identified as the high divinity protector of game animals, the hunt and hunters that it is conjectured

that it may have been adopted in local language variants across many ethnic groups to denote the supernatural being associated with these sectors. Thus in Ossetian the name Eustace became *Æfsati*; in Balkarian-Karachai *Apsaty* and in Svanetian *Apstati* or *Avsati*. This phenomenon is discussed in further below in connection with petroglyph images of the bezoar goat.

From the 10th-15th centuries the population of the valleys and highlands of both the Avarskoe Koisu and the Andiiskoe Koisu had converted to Georgian Christianity.

Although the upper Andiiskoe Koisu was situated in a sort of geomorphological “cul-de-sac”, which resulted in its never being fundamentally disrupted by intruders so that its ethno-linguistic enclaves carried on their traditional subsistence lifeways undeterred, it did provide an access route between mountainous central Dagestan and the lowlands of

Transcaucasia via the Kadorsky Pass through the crest of the Great Caucasus for those who knew the highland trails maintained by local communities. From antiquity, traders of goods from the south in much demand trod this route with horses and donkeys, as Imam Shamil’s forces were to do during the Islamic Imamate’s campaign against the Russian Tsar in the 19th century.

Many centuries earlier a vanguard of Christianity entered highland Dagestan this way through the Caucasian Albanians (Aliev, 1994; Davudov, 1996; Trever, 1959). The 7th century Armenian historian, Moise Kagankatvatsi, recorded that an embassy led by the Caucasian Albanian Bishop Israil to Alp-Ilitver, the head of the Huns, in 682 overcame “the peaks of gigantic mountains” and rode along the flanks of the Andiiskoe Koisu to reach Buynaksk, Kafir and Kumukh in the eastern Dagestan lowlands in a period of twenty days (Fig. 51).



Figure 51. Manuscript miniature from the History of Caucasian Albania by Moise Kagankatvatsi. Covering the period from the 4th to the 10th century. Matendaran (Mesrop Mashtots Institute of Ancient Manuscripts), Yerevan

His missionary activities succeeded in converting the Huns to Christianity, who destroyed the tombs of their ancestors and their sacred tree, the “Defender of the Country” and made peace with the Albanians (Smbatyana, 1984). Stone slabs with Albanian inscriptions found in the settlements of Nizhnee Gakvari and Khushhada are clear evidence of the activities of Caucasian Albanian Monophysite missionaries in mountain Dagestan (Zakaryayev, 1978).

Christianity in Avaria spread from the 5th century onwards, first under Albanian and Armenian influence. A church was built in Verkhniy Chiryurt on the lower Sulak River in the 5th-7th centuries, this community becoming the centre of the spread of Christianity in the mountain regions of Dagestan before destruction by Arab forces. The excavated remains of this early church reveal close analogies with religious buildings of Albania and Armenia of the 6th-7th centuries.

From the 8th century onwards Christian influence continued under Kartvillian (Iberian) influence and subsequently under that of its successor state of Georgia (Ataev, 1958, 1959; Gambashidze, 1977, 1983; Gazanov, 1961;

Geioshev, 1984; Magomedov, 1978; Taknaeva, 2004; Krishtopa, 2007; Semenov, 1951; Togoshvili, 1988). Its most flourishing phase was in the 11th century but it gradually declined through the 15th-17th centuries from pressures attendant on the growing adoption of Islam, a process which began among the rulers of the Khunzakh region in the mid-13th century (Khalisov & Shekhmagomedov, 2015, 2017; Shikhsaidov, 1957, 1969, 2001). Churches were built throughout almost all of Avaria, Christianity particularly taking hold in Khunzakh, the traditional centre of Avar authority, and the adjacent Khunzakh plateau, where crosses have been found with Georgian and Georgian-Avar inscriptions dating from the 10th to 15th centuries. However, it is the area of Gidatli which has the largest number of known Christian monuments in central Dagestan. Not far distant is the well-preserved little 10th-11th Georgian Christian church in Datuna on the left flank of the Avarskoe Koisu (Markovin, 1987; Shmerling, 1956). According to the local population, churches were also built between the 11th and 14th centuries in Urada, Tidub, Khotoda and Machada. Many masonry petroglyphs

within the walls of older buildings in Gidatli are said to be re-used spolia from churches destroyed during the period of Islamisation. In the 14th century chronicle "History of Irkhana" the Gidatlans are called "Georgians", confirming that they were Georgian Orthodox Christians.

In the environs of the upper Andiiskoe Koisu, a church was recorded near Botlikh in 1485 and the archaeologist D.M. Ataev found Christian graves of the 8th-14th centuries in Botlikh, Kvanada, Khustada and Tindi. Like the Gidatlans, the Bagulals, Chamalals, Tindals, Khvarshins and the nearby Ando-Dido peoples were formally considered to be Orthodox Christians and in the early Middle Ages were baptised by Georgian missionaries. In the Bagulal community of Tlondoda local inhabitants understand that there had once been a church there and in 1885 the Russian V.A. Roinov communicated that in the vicinity of Khushtada, just across the valley from Tlondoda, the sister Bagalal community preserved traces of an ancient Christian church. Christian objects have also been found in the community cemetery of Chamalal Verkhnee Gakvari. In the Georgian region of Tusheti are the ruins of the 19th century church of Dartlo near the source of the Andiiskoe Koisu just 75 km from Tindi. That Christian influences should have come via the Tusheti region is very logical. Indeed, in prehistory the cultural connections between the peoples of Andiiskoe were such that the language now spoken in the Tusheti region is considered to incorporate elements of the Avar-Ando-Dido group of languages.

The realities of modern political geography should not confuse our understanding of how close the valleys of both the Avarskoe Koisu and the Andiiskoe Koisu are to Transcaucasia and how permeable and undaunting mountain heights are to local highlanders and historically how freely they moved into the lowlands to conduct raids on settlements and capture livestock during the warm months of the year. Avar communities still live today on the Georgian side of the border.

Further evidence of Georgian Christian influence in Chamalal territory is the finely carved stone scroll work outlining of the monolithic arched lintel of the inner doorway of the Juma mosque of the settlement of Gigatli, the first purpose built mosque in the upper Andiiskoe Koisu, constructed in the valley of the upper Andiiskoe Koisu. This monument is a most interesting example of the intersection of cultural practices at this time.

Although it is the first mosque built by the community of Gigatli at a time when it was a principal forepost of Islam, the monolithic arched lintel over its internal doorway is of a style not found elsewhere in the Avar-Ando-Dido metacultural zone but, as noted above, is characteristic of constructions in Chechnya to the west of the Snegevoy Ridge which forms the natural border between Dagestan and Chechnya (Fig. 52). Possibly it may have been the work of a master from nearby Kenkhi who (as noted above) are still renowned for the quality of their masonry. The fine decoration of its inner entrance way may have been made by a Georgian master or one who had trained in Georgia.



Figure 52. Inner doorway to Juma mosque of Chamalal Gigatli with Chechnyan form of monolithic arched lintel and corner jambs at floor level. These are incised with decorative carvings in a style not characteristic of the region and possibly executed by a master carver trained in Georgia. Tsumadinskiy district, Dagestan

It was surely in the above contexts of the Christianised western Caucasus and Georgia, that iconographies and beliefs associated with the Christian miracle of Saint Eustace, already conflated in adjacent Transcaucasia to the south with indigenous beliefs relating to deer, hunters and hunting and their respective supernatural protectors, would have entered the cosmology of the ethno-linguistic enclaves of the upper Andiiskoe Koisu and found a vehicle for the iconographic expression of the solar stag or stag that bears the sun between its antlers, as most explicitly expressed in the Verkhnee Gakvari masonry petroglyph of the solar stag with the cross

superimposed over a sun disc between its antlers (Fig. 11 above).

It is thus not at all unlikely that in the Andiiskoe Koisu the vernacular beliefs and iconography associated with Saint Eustace were well known there and were at some stage conflated there with a previously existing solar stag cult (Mamasakhlisi, 2013), resulting in the execution of the solar stag petroglyphic image of Verkhnee Gakvari which bears a dotted cross overlaid over the sun between the roundel of its antlers.

Presence of red deer in the upper Andiiskoe Koisu in the past and today

In the course of our research, many inhabitants from the Chamalal communities were asked whether red deer currently inhabited or were known to have previously inhabited their lands and whether they were ever hunted. The answer to all these queries was consistently, “no”, there was no community memory of the presence of the animal or of its being hunted by its members.

In 1910 the Russian zoologist N.Y. Dinnik noted that red deer were common throughout Dagestan. A study published in 1973 by V.M. Kotovich, V.I. Markovin and T.L. Khkekhneva on the ancient and modern ranges of wild ungulates in Dagestan indicates that red deer inhabited the headwaters region of the Andiiskoe Koisu in the 1950s and 1960s. However, the situation is now quite different. Since the 1960s and 1970s the numbers of the species have declined substantially due to anthropogenic factors which include uncontrolled hunting following the dissolution of the Soviet Union, as well as habitat destruction and fragmentation (Akhmedov, 2000, 2009, 2010; Babaev *et al.*, 2014, 2017; Gineev *et al.*, 1988; Danilkin, 1999; Dinnik, 1910a, 1910b; Plaksa, 2013; Yarovenko, 1999; Yarovenko *et al.*, 2014; Bragina *et al.*, 2015). Today the population is assessed by ungulate conservation specialists as not exceeding 4,000 individuals in the mountains of the Greater Caucasus as a whole, of which a few thousand are in Russian territory. In Armenia the species is extinct and there are very small numbers in both Azerbaijan and Georgia.

The German scholar linguist and ethnographer, A.M. Dirr (1867-1930), in his 1915 Tbilisi publication on hunting and hunting languages of the peoples of the Caucasus, appealed to his readership to provide any information they may have on the traditional cultures of the Caucasus, because so much was disappearing without any record due to rapid societal change. He wrote, “...it has already been for some time that ethnologists so fear that under the influence of Russian and western culture, one and another characteristics of the ancient life of the Caucasians are rapidly disappearing”. Dirr knew the Caucasus as it was prior to Soviet intrusion, undertaking extensive fieldwork in Georgia on languages and traditional belief systems and undertaking pioneering work in 1903 and 1904 in documenting languages and belief systems in the ethno-linguistic enclaves in the upper Andiiskoe Koisu, as well as throughout the broader Avar-Ando-Dido metacultural zone (Dirr, 1909).

Perhaps indeed there had been red deer in Chamalal territory with no memory of them surviving amongst the elder generations living today. Accordingly, this study undertook an ecological assessment of the suitability of existing forests in the Chamalal areas of the left bank of the Koisu as sustainable red deer habitats now and in the past.

Although red deer are known to be adaptable to a wide range of habitats, the results of this *in situ* survey indicate that, in terms of vegetation and human presence, current environments would be unlikely to support red deer populations and would probably not have done so in the pre-modern period.

Although most Chamalal community territories have an area of forest conveniently adjacent to their settlements as sources of timber for building and manufacturer of artifacts, fuel or food (wild berries, nuts, fruits, etc.), all except that of Verkhnee Gakvari (which has a nearby deciduous broad-leaved forest) are predominantly coniferous (Petherbridge, 2021a). The Chamalal community of Richaganikh on the northern flank of the valley to the south of the Gakvarinka has no forest in its territory, because the underlying geological structure of steeply inclining rock strata does not allow the development of sufficient and suitable soil cover to support forest trees: it probably has not done so throughout the Holocene. None of

the existing community forests near other Chamalal settlements are of sufficient size to provide deer with an adequate sense of shelter or to permit the seasonal sexual segregation characteristic of this species (Conrad *et al.*, 2000; Clutton-Brock *et al.*, 1982).

While there are abundant pasturelands on the upper peripheries of these communities they are regularly used for sheep and cattle grazing and are probably too close to human activity for deer to feel adequate security. It is documented by deer hunters and farmers in Scotland that roe deer dislike the scent left by sheep and cattle on pastures and will try to avoid such areas if possible until they have been vacated for some time (or after rain). Does this apply to red deer and to mountain pastures used by sheep and goats?

If the petroglyph images of deer in the Chamalal territories are evidence that red deer were previously hunted by members of these communities but that their own forests could not sustain them, it is likely that Chamalal hunters travelled by foot or on horse to forests where red deer were to be found but that this knowledge of hunting activity has since been lost. Beliefs and folklore which have been documented among many ethnic groups of the Caucasus (Bulatov & Luguev, 1990; Baranichenko, 1988; Virsaladze, 1978; Gagloeva, 1987; Gadzhiev, 1993; Karaketov, 2014; Lavrov, 1959; Marr, 1912; Dalgat, 1893; Zukhba, 2007a, 2007b) imply that forests where game was hunted were well outside the realm of the home village itself and below the purity of the highest snow and ice-covered peaks where the supernatural protectors of wild animals dwelt. Indeed, so unknown were the depths of the forest to the hunters that they risked getting lost if they were not guided on the right road by the deity or personages responsible for the forest and its animals. Returning from this distant zone a hunter was obliged to share his kill with whomever he met along the road, but was not obliged to do within the zone of human settlement.

Upstream from the latitudes of the Chamalal settlements, the gorge of the Andiiskoe Koisu narrows. Its flanks become more precipitous and increasingly support areas of mixed coniferous and deciduous broad-leaved forests beneath the snowy peaks of the Bogossky and Snegovoy Ridges. These forests lie within the zone identified as providing suitable red deer habitats by ecologists monitoring present red deer populations and are also within an accessible horse riding or walking distance from Chamalal territory. In this context a member of the Chamalal Verkhnee Gakvari community recalls that his father and others of his generation rode to such a steep forest location opposite the settlement of Echeda (only some 15 km away) to cut timber for building which they would then slide down the raw scree slopes to the river and raft them to where the Gakvarinka River flows into the Andiiskoe Koisu. From there they would haul the limber by two-wheeled, low-slung mountain carts (*arba*) drawn by steers up to the village which is situated at an elevation of around 1,800 metres.

That both deer and bezoar goat were a significant feature of life and beliefs in Echeda itself is abundantly indicated by the number of petroglyph images of bezoar goats built into the walls of houses and the slab (described above as No.7) built into the eastern wall of the Juma mosque with a petroglyphic composition of a solar stag and another deer together with non-figurative graphical elements). Of related interest are chance finds near Echeda noted in the 1993 Archaeological Map of Dagestan compiled by A.I. Abakarov and O.M. Davudov of a copper plaque with the image of a deer and a bezoar goat and a bronze pin crowned with the figure of a bezoar goat.

From the information gleaned above it is therefore possible that the lively Tlyakh composition of three galloping riders with flintlock rifles and curved sabres with a solar stag, other deer, and hunter with a drawn sabre and a dog represent just such a habitual deer hunting foray into a

forested area beyond Tlyakh community territory. Indeed, a Gidatli informant confirms that elders of this village had told him that deer were once hunted in forests in the headwaters region of the Avarskoe Koisu some distance way.

Masonry petroglyphs depicting the bezoar goat: The dilemma of the invisible tur

The higher levels of the upper Andiiskoe Koisu basin beyond the settlements supported once significant populations of the bezoar goat, which, like the red deer, was a favoured game animal. It was to a certain degree tolerant of human settlements and would descend to lower altitudes when snow was deep in the upper mountain slopes and could be brought down by bow and arrow. As they inhabit forested steep slopes, bezoar goats are difficult to survey by methods of direct counting traditional for mountain ungulates. Data for the Dagestan part of the species' range are the most precise and indicate that the bulk of the bezoar goat population in the Greater Caucasus Range inhabits Dagestan, where human impact is growing and bezoar goat numbers are decreasing; in 2017 the population was assessed at about 1,500 individuals (Magomedov, 2001).



Figure 53. Masonry petroglyph of bezoar goat. Echeda, Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group



Figure 54. Masonry petroglyph (corner stone) depicting two bezoar goats facing each other. Abandoned khutor of Tsuidi of the Chamalal community of the Gakvarinka River valley, Tsumadinskiy district, Dagestan



Figure 55. Masonry petroglyph. Re-used stone with broken edges. Depiction of a single bezoar goat facing right with zig-zag elements framing and occupying much of the field. Echeda, Tsumadinskiy district. Tindal community



Figure 56. Masonry petroglyph (corner slab) inserted into left pillar of entrance gateway to community cemetery of Tlyakh, Gidatli area. A bezoar goat is confronted by two dogs and a standing figure holding a staff or some type of weapon. Above is an image of a horseman holding a pointed lance with two triangular pennants. Below is a rudimentary Arabic inscription

The question of petroglyph traditions relating to hunting brings us up against another seeming general dilemma in Dagestan. Apart from red deer, for many millennia, the main game animals hunted in the Caucasus eco-region were the bezoar goat and tur (of which two subspecies inhabit the Great Caucasus Range – *Capra caucasica* [West Caucasian tur] and *Capra cylindricornis* [East

Caucasian tur]), and wild boar with roe deer and chamois also being hunted.

While it is understandable that petroglyphs of wild boar were not sanctioned following the introduction of Islam why is the tur, the most majestic herbivore of the Caucasus, so rarely represented amongst rock face and masonry petroglyphs and rock paintings? In

some of V.I. Markovin's reports on rock face petroglyphs of the north east piedmonts of Dagestan, he does interpret some of the zoomorphic images as being of the tur, but this interpretation may not always be valid as the details of the animals described are not sufficient to designate a specific species to them. Images of tur are rarely identifiable, if at all, in masonry petroglyphs.

Certainly throughout their range, the dominant physical characteristics of the red deer stag with its majestic antlers and of the bezoar goat and other species of mountain goat / ibex with their beautiful profiles of backwards, curving sweeping horns have presented an inspiration for rock imagery wherever these species occur. However, as majestic as the spiraling horns of the tur may be, they do not lend themselves to such profile depictions, although the popularity of this animal is made clear by the many three-dimensional bronze figurines, pendants, finials, etc., representing spiral-horned tur heads (and ram's heads which present a similar representational challenge) in the Koban and other cultures of the Caucasus.

The answer to the noticeable absence of tur as single images on masonry blocks or in petroglyph or painted compositions on rock faces promoting success in hunting would seem to lie in the supreme respect and authority accorded these particular animals, as recorded in pre-Christian and pre-Islamic belief systems, oral traditions and practices and their survivals shared among many peoples of the mountains of the Caucasus.

Publications devoted specifically to popular beliefs and rituals concerning hunting in the Caucasus include: Dzarakhova, 2011; Dolgag, 1960; Zolotov, 1961; Karpov, 1996; Malkonuev, 1986, 1990, 1996; Plaeva, 2007, Sferbekov, 1997; Simchenko, 1976; Molodin & Efremova, 1997; Ortabaeva, 1983; Mykhailova, 2019; Khadzhiimba, 2016; Khalidova, 1982.

It is clear from the work of historians, linguists, folklorists and ethnographers who have achieved much in documenting these phenomena, that, prior to the spread of the exclusive canonical monotheism of Christianity and Islam, which permit no assumption of any equal or competitive supernatural power, that amongst the many peoples across the Caucasus there was shared

a fundamental and flexible interconnectivity of beliefs which recognized an integrated structure of the cosmos and the natural environment and how this was ordered by supernatural forces and personages. In essence this amounted to a shared syncretistic vernacular religion, which accepted considerable variation and elaboration within the fundamental structure of its world view. This flexible interconnectivity acted as a sort of perpetual spiritual relay of concepts and practices from ethnic group to neighbouring ethnic group, both influenced by and influencing cultures of Eurasia and Europe which had similar systems of subsistence and lifeways.

As A.M. Dirr, who became well acquainted with the spectrum of these vernacular beliefs, expressed it, "Facts show that the same mythological representations existed at some time amongst many peoples of the Caucasus. We have been able to confirm the existence of specific protectors of wild animals among the Abkhazians, Svanetians, Cherkessians, Ossetians, Mingrelians, Tsakhurs, Chechens and also among the Saribash Lesgins. I do not doubt that a more detailed acquaintanceship with the folklore of the Caucasus will reveal to us the existence of similar mythological beings amongst other Caucasians as well. In general, in the study of the ancient mythological representations and beliefs of the Caucasians one must not reject от мысли, that at some time in the Caucasus there existed a single religion which consequently was eclipsed and partly supplanted by the historical religions: but it is still preserved among many Caucasian peoples in the form of survivals, superstitions and folklore. It is a curious fact that the face of the ancient mythology by no means made an enemy of the new divinity, but rather became its obedient servants, which is clearly expressed among the Ossetians, for example, and the Tsakhurs and Tushins. The Ossetian Avsati was instructed by God to pasture wild animals, exactly as angels do among the Tushins and in the consciousness of the Tsakhurs Abdal is the submissive servant of Allah. And yet, we see among other peoples that the divine face of an ancient religion turns under the influence of new evil spirits, to become hostile to the new gods and the people who believe in them" (Fig. 57).



Figure 57. Popular depiction of festivities with which the Adigeans of the Western Caucasus celebrated their spring festival of Вак1уэиэхъж "Return of the Ploughmen" including skilled riders shooting arrows at various small figures of domestic and game animals suspended from a tall target – tabak – which was continually swayed to make it more difficult to hit. Painting by Adigean artist Abdulakh Makhmudovich Bersipov.

Dirr's interpretation is reinforced by the abundance of beliefs, practices and lore documented by a number of

later scholars, notably R.I. Seferbekov. His publications specifically relating to Dagestan including the following:

Seferbekov, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006a, 2006b, 2006c, 2006d, 2007, 2009, 2012. Those published with collaborators include: Seferbekov & Aligadzhieva, 2007; Seferbekov & Makhmudova, 2005; Seferbekov & Musaev, 1994; Seferbekov & Tatueva, 2009; Seferbekov & Shekhamgomedov, 2015, 2016. Other significant studies on Dagestan vernacular beliefs and folklore include: Bulatov & Luguev, 2004; Gadzhiev 1977-1985, 1991a, 1991b; Gadzhikhanov & Seferbekov, 2010; Chaudri, 1956; Abdurakhmanov, 1988; Aglarov, 1988, 2022; Aligadzhieva & Seferbekov, 2004; Aligadzhieva, 2012; Aliev & Seferbekov, 2007; Arsanukaev, 2002; Baranichenko, 1988; Bardavelidze, 1957; Batchaev, 1986; Bulatov, 1990; Kotovich, 1977; Khalidova, 1984; Trufimova, 1965; Makhmudova & Seferbekov, 2005; Abaev, 1949; Afanaseva, 1996; Akaba, 1979, 2007.

Through their work, we are informed that amongst many ethnic groups of the Caucasus the tur (sometimes represented as a white tur) is lauded as a sacred manifestation or responsibility of the supreme divinity and protector of wild animals. Sometimes the deity is represented as a wild animal but more often as the owner of game who he or she herds and protects. Tur could only be hunted in extreme need and in measure, and only after following strict protocols of personal purity and respect and the solicitation of permission by the protector of wild animals to be allocated an animal in the hunt. Transgressions would result not only in lack of success in hunting but in physical retribution on the precipices which were the tur's natural home.

Thus in these conceptions the tur was not perceived as one of the habitually sanctioned game animals

as a source of food and other products, such as the red deer or bezoar goat, but could only to be hunted in exceptional circumstances. Thus it was not an appropriate subject or target for a hunting ritual expressed through visual representations in petroglyphs or rock painting.

It is interesting that the leopard was also highly revered by the mountain peoples of the Caucasus. It was never seen as a threat to man but rather as a friend and helper in the forest, to the degree that is one was found dead, it was buried as if it were a person. It also was very rarely depicted – never in masonry petroglyphs but on rock faces of piedmont north-eastern Dagestan.

There is clear documentation that deer were both revered and highly prized game animals amongst the ethnic groups of the central Caucasus. In North Ossetia still in the 19th century, sanctuaries dedicated to Saint George (Wastyrdji) as patron of hunters were still frequented by local inhabitants. In his 1888 account of the Terskaya oblast, V.F. Miller, illustrates one such log-walled structure with red deer antlers displayed on an external wall in Rekom near Shea in North Ossetia (Fig. 58).

This structure was burnt down in 1995 and replaced with a replica of the same construction. Rekom was an ancient Ossetian deity who could bring rich harvests and success in hunting. The sanctuary is still revered by local nature worshippers who consider it to be a most sacred place (Folz, 2019; Shtirkov, 2015) (Fig. 59). In the past warriors left a broken arrow inside before going off to fight as a guarantee of safe return. Today young conscripts leave a personal item with the same plea.

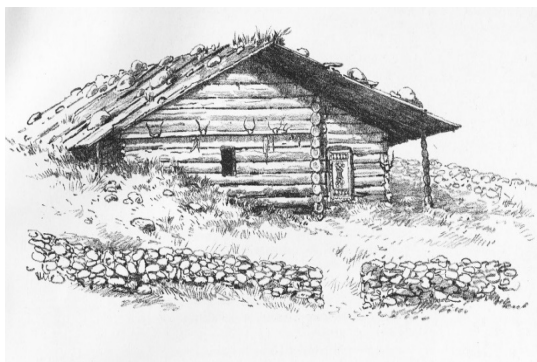


Figure 58. Wooden folk sanctuary of Rekom, North Ossetia as published by V.F. Miller in 1888. Deer heads and antlers are displayed on outer wall



Figure 59. Later rebuilding of Rekom sanctuary, North Ossetia. The practice continues of displaying antlers and the horned skulls of other game on the outer wall

Communalities of belief systems among the peoples of the Caucasus

With respect to our understanding of societal attitudes to hunters, hunting and game animals, there were a number of commonalities of fundamental belief across the Caucasus about divine personages and the structure of the world inhabited by humans. The latter was perceived as an interconnected world under the authority of a range of divine personages, in some cases with parallel authority but who were, however, considered compatible.

The being considered to be the supreme divinity and most important patron of hunting lived in the purest realm, that of the ice and snows of summits of the Caucasus mountain ranges (in some belief systems having a mosque at this level). From this higher natural world, which also included personages responsible for climatic and meteorological phenomena such as rain and thunder) they ruled over their individual realm of forests below where the game was theirs, which they herded and protected, and

were sometimes assisted by other beings (male or female of both).

Beyond the forest were the settlements of humans whose lives and subsistence activities were also under the authority of higher beings (e.g. the divinity responsible for agriculture). Purity and personal responsibility were particularly demanded of hunters. These higher beings were sometimes male and sometimes female. In much of mountain Dagestan and neighbouring Svanetia on the southern heights of the Caucasus in Georgia, the patron of hunting and wild animals was the female Dal, or manifested as a group of Islamicised deities, the Budulaals (Aglarov, 1984) who the Gidatli Avars, for example, believed are the masters of wild animals, mainly deer, bezoar goats and tur. They were known to all the ethno-linguistic groups of the upper Andiiskoe Koisu region and must have played a part in the popular conception of the red deer and bezoar goat as represented in the masonry petroglyph images found there.

In the Botlikh communities they were known as Budulaals and amongst the Chamalals as Budual or Budulal (Gadzhiev, 1988), while the Bagulals called them Adali, Budali or Mundunal (Gadzhiev, 1991). According to the Akhvaks, they were known as Budulaals and were said to live on Tarkho mountain near the Bogossky Ridge. As patrons of wildlife, it was believed that they did not like people hunting and would take revenge if hunters kill too much game. The Budulaals patronised both wild and domestic animals. Seferbekov reports that apart from the belief in the Budulaals as masters of mountains and wildlife, the Akkhvakhs also worshipped the “Masters of the Forests”,

Tlatlaxba, who were imagined as assuming the shapes of wild animals – bear, wolf deer, wild board, etc. When walking in the forests, one should take care not to disturb them or they might scare people to death, drive them mad, or lead them into get lost in the depths of the forest (Seferbekov, 2008, 2012)

In the Chamalal riverside community of Gigatli-Uruk on the upper Andiiskoe Koisu a chance find of bronze figurines from what may be a cult sanctuary of the Scythian period includes that of a woman which has been interpreted as a representation of the supreme female deity (Fig. 60) (Davudov, 1991).

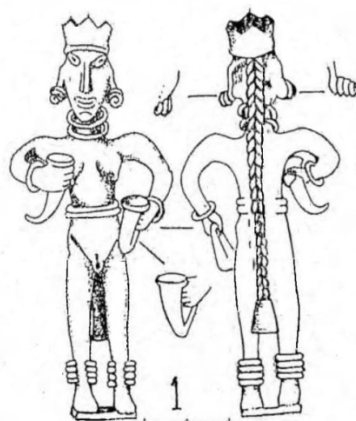


Figure 60. Drawing of bronze statuette of supreme female deity? found with other bronze statuettes and artifacts near Gigatli-Uruk situated on the left bank of the upper Andiiskoe Koisu, Tsumadinsky district, Dagestan. Scythian period

Non-figurative masonry petroglyph images in the Chamalal and Tindal communities of the upper Andiiskoe Koisu region and their relationships to other petroglyphs in the North Caucasus

Besides the zoomorphic images of red deer and bezoar goat, the masonry petroglyphs of the the Chamalal and Tindal communities of the upper Andiiskoe Koisu include a limited range of non-figurative images. Most common among these is a particular type of spiral incorporating curvilinear elements with either two or four diagonally opposed curling finials which

serve as entries into the centre of a simple spiral labyrinth rotating clock-wise (i.e. to the right).

Occasionally these symbols may be quite large (Fig. 61). The variant with two curving finials may be repeated so that the spirals flow into one another to form a horizontal frieze-like panel. Sometimes single examples can be quite large in scale, as on a wall at today's main entrance to the settlement of Tindi. Such a spiral form may be associated with others of the same type side by side as twin symbols (Fig. 62) or in a row of three.



Figure 61. Masonry petroglyph on wall of main entrance to the settlement of Tindi in the upper Andiiskoe Koisu valley. Labyrinthine spiral with four diametrically opposing curvilinear extensions. Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group



Figure 62. Masonry petroglyph (corner stone). Twin adjacent spirals, each with a single curvilinear extension but not graphically linked. Building is next to community water source. Kvanada, Tsumadinskiy district, Dagestan. Bagulal ethno-linguistic group

A simplified variant of the latter can be seen in the carving of a horned wooden vessel from Tindi, documented by G.Ya. Movchan in 2001 (Figs. 63, 64). None of the researchers of Dagestan or Chechnyan-Ingushetian

petroglyphs has provided an explanation supported by clear ethnographic evidence for the significance of this type of spiral symbol but the lead researcher of the present study has noticed that it can be seen in a close relationship

with old community village water fountains in Kvanada and Tlondoda (but without any other related supporting evidence).

Circular symbols of varying internal complexity are found in all the regions investigated. The equal-armed cross with four interstitial dots in the Verkhnee Gakvari masonry petroglyph of a solar stag No. 1 is of a form

favoured both in pre-Christian times and by Georgian Christians (Fig. 9 above). A clearly-related image of a such a dotted cross within a circle is found in a number of petroglyphs in Chechnya (Figs. 65, 66). V.I. Markovin observed that the mountain Vainakhs consider this particular symbol to be the "khoroshego kresta" (the "good cross") (Markovin, 1969).



Figure 63. Masonry petroglyph (corner stone) of a row of three spirals with four diametrically opposing curvilinear extensions and each in an individual compartment separated by a vertical line. Echeda, Tsumadinskiy district, Dagestan. Tindal ethno-linguistic group



Figure 64. Carved wooden container from Tindi, upper Andiiskoe Koisu. It has a triple spiral scroll on its long side and inwardly curving horn forms on the short sides at the top, a not infrequent feature of vessels from Tindi and other settlements of this region. Collected in 1946 during E.M. Shilling's expedition and published in 2001 by G.Ya. Movchan. Tsumadinskiy district, Dagestan



Figure 65. Masonry petroglyph with images of equilateral crosses with four interstitial dots within circles – a cross form found embraced by the antlers of the solar stag No. 1 in Verkhnee Gakvari. Settlement of Khoi, Vedenskiy district, Chechnya (Ilyasov 2014)



Figure 66. Masonry petroglyph with images of equilateral crosses with four interstitial dots within circles. Settlement of Tsa-Kale, Itum-Kalinskiy district, Chechnya (Ilyasov 2014)

Unique within the plethora of cross forms on masonry petroglyphs of Dagestan, Chechnya and Ingushetia is that of nested equal-armed crosses of which a double variant is found on a corner stone (associated with the image of a solar stag No. 6) in the Chamalal khutor of Tsuidi in the lower Gakvarinka River valley and a quintuple variant on a wall in Verkhnee Gakvari. The multiplication of these crosses may have been intended to strengthen their power (Figs. 16 above, 67).

While many masonry petroglyphs are obviously produced by unpracticed hands, spirals and circular symbols with internal features are often executed with a high degree of technical refinement and are likely to have been produced by wood carvers and woodworkers who already were accustomed to the design repertoire and possessed the tools and the mastery to accurately plot and inscribe intricate and complex abstract and geometrical designs.

A single petroglyph of a hand is also found among the images which form a composition on the Tsuidi corner stone mentioned above (Fig. 16 above). The hand image is also found on the left hand entrance wall to the historical Juma mosque of Khushtada (Fig. 68).

In Verkhnee Gakvari there survives an old custom of women impressing hand clay prints on newly plastered walls to dispel evil. E.M. Shilling in 1950 noted that traditional Bagulal women's silver earrings bore little pendants in the form of hands, a style also common to females of Tindi communities. Many bronze figurines of humans standing with exaggerated hands in a position of adoration have been found in mountain cult areas (dated by various experts to the 1st millennium BC or 100-200 CE) in the Dido region (Fig. 69).

It was particularly frequently used in the masonry petroglyphs of Chechnya-Ingushetia. So favoured was it as a protective symbol in that region that it was inscribed not only on the exterior of buildings but included as a prominent feature of their dense and richly carved wooden interior decoration, as illustrated by B. Plaetschke in his 1929 publication (Fig. 70). L.M. Melikset-bek published a study of hand reliefs on monuments of Georgian material culture in 1957.

Other specific symbols or configurations of geometric shapes which are difficult to describe are found in various locations in the territories of both the Chamalals and Tindals. Of particular

note for its variety of such masonry petroglyph images are the west wall of the Juma mosque of Gigatli and the south and

east walls of the fire-ravaged Juma mosque of Khushhada.



Figure 67. Masonry petroglyph of 5 nested crosses. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan



Figure 68. South entrance doorway to lower floor of fire-ravaged Juma mosque of Khushhada (built 1588 – registered as a national monument), Tsumadinskiy district, Dagestan. Bagulal ethno-linguistic group. One masonry petroglyph on the left side of the doorway has the image of a hand in association with a spiral with two curving linear extensions. Above is another petroglyph of a rayed solar image within which is an equilateral cross with four interstitial dots

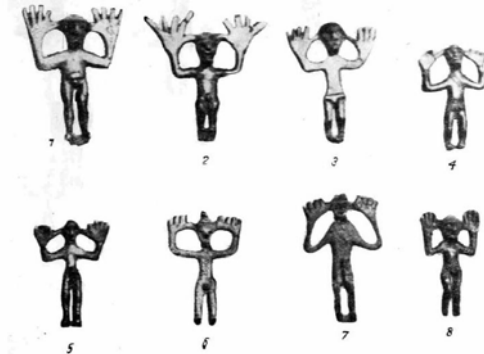


Figure 68a. Small bronze figurines in posture of adoration or deflecting evil excavated at cult objects from Mount Kidilashan, Tzuntinskiy district, Dagestan. c. 5th century BC. Dido ethno-linguistic group (Megrelidze 1951)



Figure 69. Coarsely pecked masonry petroglyph of hand. Corner stone. Verkhnee Gakvari, Tsumadinskiy district, Dagestan. Chamalal ethno-linguistic group

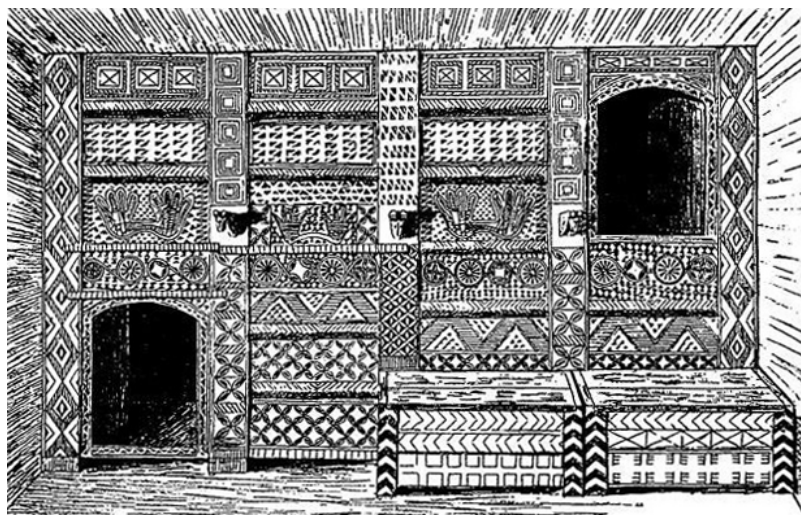


Figure 70. Line illustration of interior woodwork of a Chechnyan house in 1929 publication by German researcher, Bruno Plaetschke. Note the multiple panels with twin hand depictions and circular (solar?) symbols

Masonry Petroglyphs: Approaches to Chronology

Questions clearly arise as to the derivation, chronological span of usage and meaning of the depictions in Dagestan masonry petroglyphs of the stag that bears the sun.

As the many petroglyphs of the Caucasus present important evidence about past human society in the region, there has been much interest among those specializing in the subject to attribute chronologies to them. In Azerbaijan, M. Farajova and colleagues have made a valuable contribution in assigning date ranges for various categories of petroglyph images found on the rock faces of Gobustan (Farajova, 2018), ranging from the Late Palaeolithic-Early Mesolithic (12th-10th millennium BP) to the Mediaeval period (15th century). From the Eneolithic period (6th-4th millennium BP), the Bronze Age (4th-3rd millennium BP) and the early Iron Age (2nd-1st millennium BP) among the images are those of deer, goats. From the Eneolithic period there are images of figures in hunting and ritual compositions as well as of domesticated animals.

Following the identification of petroglyphs on rock faces of the piedmonts of north-east Dagestan (at Kumtorkala, Kapchugai, Buynaksk, etc). V.I. Markovin for some time assigned them a Bronze Age date. However, the rationale supporting the earlier dating of the rock face petroglyphs of Gobustan by Azerbaijani researchers (Aslanov & Gadzhiev, 1955; Aslanov, 1971; Vereshagan et al., 1948; Dzhaferade, 1958, 1971, 1973; Rustamov, 1971; Formosov, 1963; Bakshailev, 2003) led him to modify his opinion about the chronology of some of the Dagestan material, particularly after the discovery of rock face petroglyphs at Ekibulak (Buynaksk district) which he considered to have close affinities with some of the Gobustan petroglyph. This led him to suggest the Neolithic period for the production of the Ekibulak rock face petroglyphs. (Markovin, 1990) Also of influence was V.M. Kotovich's dating to the Neolithic period of certain rock paintings in the mountainous territory of Dagestan (on the basis of activities depicted in them which clearly relate to agricultural and pastoral matters) (Kotovich, 1976).

Markovin also revised upwards his assessment of the dating of many of the piedmont rock face petroglyphs from the Middle Bronze Age to that of the Kayakent-Khorochoy culture (Late Bronze Age – 12th-13th century BC) based on typical Kayakent-Khorochoy period ceramics found adjacent to them. There is also a site which has rock face petroglyphs in a clear Scythian style (900-200 BC). Other petroglyphs he dated to the Middle Ages because they included words and religious invocations in Arabic script.

While much of the repertoire of imagery found on masonry petroglyphs derives from that found on rock face petroglyphs and rock paintings in Dagestan, they themselves are

more recent in origin. As noted above, the masonry petroglyphs are pecked or incised into a flat face of blocks or slabs of stone which are integral components of rectangular, masonry walled structures with vertical walls – as corner or facing stones of buildings, door and window jambs or, in the case of stone slabs, as decorative inset panels on the walls of such buildings. The theoretical chronological terminus post quem for such an innovation is the period when rectangular masonry constructions are first recorded in the region we are investigating. This change in constructional form occurred in the late third millennium BC when in mountainous Dagestan multi-chamber rectangular buildings with flat roofs of the Ginchi culture replaced the circular light clay-coated wicker dwellings structures of the Kura-Araxes culture – “a radical change in building tradition”, as R.G. Magomedov (who produced a major exposition of research into this culture in 1999) describes it (Gadzhiev, 1974; Kozenkova, 1996).

The Ginchi archaeological metacultural zone encompassed what we have come to know as Avaria as well as south eastern Chechnya, where the architecture also appears to have evolved from circular constructions to rectangular ones. The Ginchi culture was one of farming and herding with permanent agricultural settlements and seasonal cattle-breeder's camps. This was the time when the cultural landscape began to resemble that which characterised mountainous Dagestan until the mid-20th century. Magomedov's description of Ginchi culture settlements could indeed apply to that of the middle and upper reaches of the Avarscoe Koisu and Andiiskoe Koisu today, “rock settlements situated on steep mountain slopes, cliff ridges or mountain spurs – those almost inaccessible places that turned settlements into natural fortresses and valley settlements situated on river terraces”.

One should also consider in connection with possible Avar influence that although from the ... Middle Bronze to the Early Iron Ages south-eastern Chechnya (where most of the petroglyphs occur) was part of a culture zone which extended over the natural mountain barriers of the Segovoy Ridge and Andiiskiy Range, in later periods it was more linked with other cultural zones to the west, such as that of the Koban with it which shared the same zone of the northern macroslopes of the central and western Caucasus (Alekseeva, 1949; Kozenkova, 1950; Vonigradov, 1975, 1989; Lavrov & Kozenkova, 1978; Krupnov, 1946, 1957, 1969; Chechenov, 1974), where petroglyphs were cut into open rock faces and shelters rather than on masonry building blocks as in Dagestan and its area of influence in Chechnya and Ingushetia.

The first known masonry petroglyphs were revealed in excavations of the settlement of Sigitma in the eastern lowlands

of Dagestan by K.A. Brede in 1956 and announced that year by V.I. Kanivets at a conference in Erevan, Armenia. Two stone blocks with petroglyphic images were found. One with an image area of 70 cm x 45 cm was part of a masonry wall of a possible cult sanctuary depicts two animals, one of which is a deer. The other block was found in the wall of a domestic complex and depicts five animals which V.I. Markovin interprets as tur date of publication, but may be bezoar goats, with an image area of 33 cm x 35 cm. These were attributed by Markovin to the Kayakent-Karachoy period on the basis of adjacent ceramic finds. They were published by him in a major work on the Bronze Age in the Caucasus and Central Asia produced by the Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences in 1994 (Markovin, 1994).

Following the changes in Late Bronze Age building construction through which the first masonry petroglyphs appeared, the next development which aids in determining the early chronology of masonry petroglyphs is the transition from the Bronze Age to the Iron Age and the appearance of pointed iron tools which could be used to incise stone to a greater depth and more easily than those made of bronze. This technological advance indeed appears to have been associated with increase production of masonry petroglyphs and evidence from the Caucasus suggests that such tools would have been available from the 5th century BC onwards.

Masonry petroglyphs themselves are rarely conducive to the range of rock art dating methods now increasingly available which analyse changes in the chemistry and character of weathered surfaces or accretions upon them, so that attempts at assigning chronologies must be through via proxies or associated materials, such as the dendrochronology of structural building material. Purely stylistic changes or correspondences are rarely useful indicators as, on the one hand, many images are repeated again and again over considerable periods of time, while, on the other hand, there is a great variety of competencies manifested in the drawing of the images. The situation is rendered more complex by the fact that clearly masonry petroglyphs are often re-used in later constructions. Thus even if a date can be assigned to a building on which a re-used petroglyph is found, this does not inform us about the date, placement or purpose of its manufacture. These impediments to the dating of masonry petroglyphs in the Avar-Ando-Dido metacultural zone were acknowledged by P.M. Debirov (1959) and later by D.M. Ataev and V.I. Markovin (1965). Debirov suggested a rudimentary chronological classification by the principal symbolism characteristic of the successive belief systems of (1) indigenous polytheism, (2) Christianity and (3) Islam, while Ataev and Markovin suggested assigning datings based on those of artifacts from known archaeological or historical periods with similar imagery. Debirov in his 1966 publication on stone carving in Dagestan assigns the masonry petroglyphs of the Gidatli area to the 16th-17th centuries. However, given that much of the imagery on masonry petroglyphs has antecedents of an antiquity much deeper in time than their appearance in the archaeological or historical record, commentaries derived from comparison with individual analogous images, although interesting, are of little real assistance.

As noted above, regards the dating of rock painting in the mountains of Dagestan, V.M. Kotovich published a number of foundation publications between 1969 and 1974 which contained her views on this chronology, followed by an important monograph in 1976 on the most ancient rock art of Dagestan in which she assigns the sites of Chinna-Khita and Chuval-Khvarab to the Mesolithic period and Kharitana to the Neolithic.

As regards the dating of masonry petroglyphs in Chechnya and Ingushetia, V.P. Kobichev considered the earliest date of the production of masonry petroglyphs to be the Bronze or early Iron Age, an assessment supported by V.B. Vinogradov,

while L.I. Lavrov considered that they did not appear earlier than the end of the second millennium BC, based on his knowledge of Caucasian tamga appearing as ownership marks. Based on analogies of local petroglyphs with imagery of the Koban period and the evidence of the use of pointed iron tools, G.R. Smirnova proposed a date for the rock face petroglyphs of the first half of the first millennium BC in a 1979 publication.

An important subsequent chronological reference point is provided by the period of commencement of widespread construction in the 13th century of fortified houses and towers, built from the ruins of settlements destroyed by Mongol invaders, and which often incorporated masonry petroglyphs. Most authorities are in agreement that masonry petroglyphs were not generally produced in Chechnya-Ingushetia after the 16th-18th centuries after much of the mountain population had re-settled in the plains.

V.I. Markovin dates the masonry petroglyphs of the Vainakhs to the 12th-17th centuries. He derived the 12th century date is derived from that of the church of Txaba-Erdi in the settlement of Targim in Ingushetia and the latter date on the basis of a range of gravestones and buildings

Many of the images found inscribed in masonry petroglyphs of the 12th-17th centuries in Chechnya and Ingushetia have antecedents in ceramic and metal artifacts made of other materials of the Middle Bronze Age (2nd millennium BC) in the North Caucasus, and subsequently in the Late Bronze and Early Iron Age (e.g. of the Koban culture).

L.M. Ilyasov has approached the question of the chronology of the Chechen masonry petroglyphs in his own methodical way. He considers as a primary basis for assessing a date the identification of the type of metal used in pecking or incising the petroglyph images, noting that bronze is softer and makes a shallower indentation in the rocks most commonly used (shale or limestone) than iron does.

Thus a *terminus ante quem* of the Late Bronze Age (1st millennium – 5th century BC) is indicated for petroglyphs showing evidence of the use of a pointed bronze tool (such as in the settlement of Makazhoi), while the Early Iron Age (post 5th century BC) becomes a *terminus post quem* for petroglyphs executed with an iron tool (such as in the settlement of Baserkol). He also notes that flint tools could also be used on these types of stone but does not elaborate further. Ilyasov observes that there are signs of iron tools on petroglyphs employed in mediaeval buildings which are often likely to have been used in previous constructions, thus complicating the attribution of a chronology. In judging the possible re-use of earlier masonry petroglyphs, he advises an examination of the characteristics of the stone blocks themselves to assess whether they are the same as used elsewhere in the building's masonry. This procedure, of course, cannot apply to petroglyphs applied to the monolithic lintels used in many buildings, which because of their large proportions are usually of different stone than used in the main masonry fabric. In some cases, the petroglyph images can be approximately dated because they clearly reflect that they reflect the major religion prevailing in their region at the time they were made. Thus petroglyphs with Christian symbols were employed during the period of adoption of Christianity in the 8th-14th centuries. However, in the 15th and 16th centuries the Vainakhs started to revert to their earlier beliefs resulting in some eclectic mixtures of signs and symbols on masonry petroglyphs.

Many of the images found inscribed in masonry petroglyphs of the 12th-17th centuries in Chechnya and Ingushetia have antecedents in ceramic and metal artifacts made of other materials of the Middle Bronze Age (2nd millennium BC) in the North Caucasus, and subsequently in the Late Bronze and Early Iron Age (e.g. of the Koban culture).

Ilyasov has been fortunate in being able to have Carbon-14 analysis applied to the dating of wooden elements of combat towers in mountain Chechnya and of wooden vessels found in

the traditional keel-vaulted “sklepi” in Maiste and Melkhiste, leading him to consider that most Chechnyan tower constructions date to the 12th-17th centuries. Similar results were obtained from Carbon-14 dating of wooden elements of mediaeval buildings in Ingushetia (Gadzhiev & Matskovskiy, 2018; Zaitseva et al., 2005).

When towers were built in these regions they carefully incorporated petroglyphs from earlier constructions. Sometimes individual petroglyphs and even compositions are found from more ancient structures, leading Ilyasov to date the appearance of masonry petroglyphs in mountain Chechnya to Late Bronze Age to Early Iron Age (1,000 to 400 BC). He observes that they were considered so socially significant that in a number of cases even later tower constructions had imitations of these petroglyphs specially incised into stone blocks for the new buildings. Some petroglyphs symbols, such as the apotropaic human hand, were still used in domestic constructions throughout the 19th century.

In attempting to assign a chronology to individual masonry petroglyphs in Dagestan-Chechnya-Ingushetia the best that can usually be done is to assign a date range based on the best associated or proxy evidence available. Often exact or approximate dates are known for the construction of religious buildings. For instance, it is known that the historical Juma mosque of Khushtada was built in 1588. Therefore, the numerous masonry petroglyphs in the walls of that building must date either to the time of its construction or to an unknown prior date. A similar approach can be taken to dating the many petroglyphs in the north wall of the Juma mosque of Gigatli built in 1606-1607 or the mosques of Tlondoda (17th-18th century), Kvanada (16th century) and Tindi (17th century) for which there are approximate dates of construction. In the Gidatli area of the Avarskoe Koisu region, there is a community understanding that Christian churches demolished before the documented period of conversion to Islam in the late 15th century were reused in other buildings in the area's settlements. If this is so, then we have a terminus ante quem for such masonry petroglyphs of a clearly Christian nature.

Very occasionally there is the association of an Arabic inscription with a petroglyphic image, such as occurs in the stone slab with a composition including a solar stag (and flintlock rifles) on a pillar of the cemetery entrance gateway in Tlyakh. Although, unfortunately, we cannot date the inscription, it still provides clear evidence that such imagery was used on masonry petroglyphs after conversion to Islam. The depiction of flintlock firearms indicates a date not earlier than the 16th century when they began to be used in the region.

It seems likely, because of the syncretistic tendencies of local belief systems in the Dagestan highlands of the Avar-Ando-Dido metacultural zone, that the production and placement in stone walls of masonry petroglyphs may have continued for some time after the conversion to Islam of the inhabitants of the region, particularly as purely apotropaic measures. However, as the intensity of the faith and conformity to Islamic strictures grew among the juma'at which became the core of rural community mores, the perceived efficacy of the imagery on masonry petroglyphs would have eventually diminished to a point where they had no meaning or function except as mere curiosities, which is generally the case today.

CONCLUSION

Faith in the Sustaining Power of the Natural World

Like other communities in the Avar-Ando-Dido cultural zone, the inhabitants of the ethno-linguistic enclaves of the tributary valleys and highlands of the upper Andiiskoe Koisu region at some as-yet-undermined time in the past, possibly the early Middle Ages, adopted the practice of creating and incorporating into the walls of houses and mosques masonry petroglyphs displaying imagery whose symbolic content and message were

inherited from within a belief system rooted in the far distant past when beliefs expressed verbally or were transformed into permanent visual manifestations in or on stone. These visual expressions evolved into a fundamentally consistent repertoire or pictorial canon comprised of both figurative and non-figurative imagery which was understood across a whole geographical area of shared spiritual and material culture.

Mental and verbal images were transformed into forms which could be shared with others. As numinous objects valued for their ability to reflect and transmit to higher powers desires for assistance, protection, safety, fertility, abundance and survival and as a link with ancestors who installed them, they were treasured objects which must not be disposed of if their original construction was demolished but were incorporated into later buildings. In societies with no system of writing their own indigenous languages, these masonry petroglyph images were a valued form of vernacular visual communication. We are fortunate that in the North Caucasus some of their meaning and purpose has been retrieved by ethnographers, linguists, historians and folklorists by reference to continued beliefs and practices directly related to them.

The communities of the tributary valleys of the upper Andiiskoe Koisu and Avarskoe Koisu in the northwest of the Dagestan Caucasus employed this practice of embedding masonry petroglyphs in the walls of buildings in their settlements. In five of the Andiiskoe Koisu settlements – those of the Chamalal ethnic group (Gigatli, Tsuidi and Verkhnee Gakvari) and of the Tindal ethnic group (Tindi and Echeda) and in two of the Avarskoe Koisu settlements of the Avars (Tlyakh and Khahib), masonry petroglyphs depicting red deer stags with antlers embracing an astral body (the sun) have been found, one with a cross between its embracing antlers. Since the Palaeolithic period, the red deer became a prominent food source and prey of hunters and a revered animal to societies worshipping a natural world to which they assigned a cosmic structure in which it fulfilled an important role.

These masonry petroglyphs represent a unique visual depiction of the stag and deer hunting practices springing from beliefs about the identification between the stag and the sun common in their essence to many cultures across Eurasia from the Mesolithic period onwards to the pre-modern period. This study has investigated how it came about that this particular area of Eurasia became the sole venue for the explicit iconography of the solar stag, or stag that bears the sun between its antlers and the possible relationships between both the iconography and underlying belief and practices with neighbouring regions of the North Caucasus.

While the interpretation of masonry petroglyphs is as daunting as assigning an approximate chronology to them, it is clear that this imagery as well as the non-figurative in the upper Andiiskoe Koisu has antecedents in a much earlier prehistoric period to possibly the period of the reestablishment of the human presence in the region's main valley and tributary flanking valleys following the last glaciation. During the transition from mobile hunting and foraging reliant on natural resources to a sedentary agrarian way of life red deer would have retreated to secure forest habitats and away from areas cleared for producing the necessities of existence through agriculture and pasturing. Most scholars addressing the subject are of the view that the use of the symbol of the stag that bears the sun goes back to the period of the appearance of the first human sedentary communities in the red deer's range.

The image of the stag that bears the sun has been found in the petroglyphs of the Portuguese section of the Tagus River in central Iberia, Central Asia and northern Russia, although they are never as clearly depicted as in the Dagestan Caucasus. Taken together they provide indubitable physical expression of shared popular spiritual and belief conceptions across a vast area of Europe and Eurasia.

It appears that in the Avar-Ando-Dido metacultural zone the multi-millennial vernacular development of an indigenous solar deer cult and imagery became conflated with the dominant Christian cult of the miracle of Saint Eustace, which had become entrenched in beliefs relating to hunting in Transcaucasia and the western Caucasus. In essence the Tlyakh imagery of the hunting or chase of the solar stag essentially mirrors that of the St Eustace Tsebelda iconography although in a simpler graphic form. The Verkhnee Gakvari masonry petroglyph of the solar stag with a cross between its embracing antlers is an analog of the image of the deer with the bust of Christ between its antlers on the facade of the mediaeval Church of Nak'pari in Georgia: two deeply-rooted streams of cultural tradition became coalesced into a single remarkable visual image.

The real miracle, perhaps, was that the peoples of these small high mountain agrarian communities, whose lifeways had changed little for many millennia, were able to conceive, articulate and sustain this complex vision in which man was both a responsible steward and observant servant of a majestic and integrated natural world of deep and infinite spiritual dimensions.

REFERENCES

1. Abramishvili G. Deer symbolics on the relief of Ateni Sioni Tympan. Essays VI. Tbilisi. 2000.
2. Adler D.S., Bar-Oz G. Seasonal patterns of prey acquisition and intergroup organization during the middle and upper Palaeolithic of the Southern Caucasus. In: J.J. Hublin & M.P. Richard (eds). *The Evolution of Hominin Diets, Vertebrate Palaeobiology and Palaeoanthropology*, Springer, Dordrecht, 2009, pp. 123-140.
3. Adler D.S., Tushabramishvili N. Middle Palaeolithic patterns of settlement and subsistence in the southern Caucasus. In: Conrad N. (ed) *Middle Palaeolithic settlement dynamics. Publications in Prehistory*, Kerns Verlag, Tübingen, 2015, pp. 91-132.
4. Aladashvili N. The interrelation of medieval Georgian monumental and small sculptures, fine and decorative-applied art, compilation of scientific works. Tsa, Tbilisi, 1998.
5. Aldhouse-Green M.J. *The Sun Gods of Ancient Europe*. B.T. Batsford, London, 1991.
6. Allard F., Erdenebaatar D. Khirigsuurs, ritual and mobility in the Bronze Age of Mongolia. *Antiquity*, 2005, vol. 79 (305), pp. 547-563. DOI: 10.1017/S0003598X00114498
7. Andresen J., Byrd B., Elson M. The deer hunters: Star Carr reconsidered. *World Archaeology*, 1981, vol. 13, pp. 31-46.
8. Arik R.O. Les Fouilles d'Alaca Huyuk Rapport Preliminaire sur les Travaux en 1935. Turkish Historical Foundation. Ankara, 1957.
9. Aruz J., Farkas F., Alekseeva A., Korofka E. *The Golden Deer of Eurasia, Scythian and Sarmatian Treasures from the Russian Steppes*. The Metropolitan Museum of Modern Art. New York, 2000.
10. Arzhantseva I. The cult of Saint Eustace in the North Caucasus. *Nāme-ye Irān-e Bāstān* 11/2, 2012, pp. 1-12.
11. Auge C.R. *Silent Sentinels: Archaeology, Magic, and the Gendered Control of Domestic Boundaries in New England, 1620-1725*. University of Montana Graduate Student Theses. Dissertations, & Professional Papers. 2013. Available at: <https://scholarworks.umt.edu/etd/884> (accessed 15.03.2022)
12. Auge R.C. *The Archaeology of Magic: Gender and Domestic Protection in Seventeenth-Century New England*. University of Florida Press co-publication with the Society for Historical Archaeology Series. 2020.
13. Bachofen-Echt A. Bildliche Darstellung des Riesenhirsches aus vorgeschichtlicher und geschichtlicher Zeit. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 1937, Bd. 12, pp. 81-88.
14. Backwell L., Bradfield J., Carlson K.J., Jashashvili T., Wadley L., d'Errico F. The antiquity of bow and arrow technology: Evidence from Middle Stone Age layers at Sibuder Cave. *Antiquity*, 2018, vol. 92, pp. 289-303. DOI: 10.1518/agv.2018.11
15. Bakshaliev V. *Gemikaya petroglyphs*. Elm, Baku, 2003.
16. Balanovsky O., Dibirova K., Dybo A., Mindrak O., Frolova S., Pocheshnikova 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
17. Bando T. Spiral pattern as an attractor of human visual attention. *Perception-23rd European Conference on Visual Perception*, 2000, 29 (Suppl.), 113 p.
18. Bar-Oz G., Adler D.S., Meshveliani J., Tushabramishvili N., Belfer-Cohen A., Bar-Yosef O. Middle and Upper Palaeolithic foragers of the southwest Caucasus: new faunal evidence from Western Georgia. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2002, vol. 4 (12), pp. 45-52.
19. Bar-Oz G., Adler D.S., Vekua A., Meshveliani T., Tushabramishvili N., Belfer-Cohen A., Bar-Yosef O. Faunal exploitation patterns along the southern slopes of the Caucasus during the late Middle and Early Upper Palaeolithic. In: *Colonisation, Migration and Marginal Areas: A Zooarchaeological Approach*, Oxbow Books, Oxford, 2004, pp.46-54.
20. Baugh D., Brizzi V., Baker T. Otzi's bow. *Bulletin of Primitive Technology*, 2006, vol. 31, pp. 46-49.
21. Beck A. Where the White Stag Runs: Boundary and Transformation in Deer Myth. *Legend and Song. Realms of Fantasy*, 2003, no. 53.
22. Bell M. Bone and antler tools. In: *Prehistoric Coastal Communities: The Mesolithic in western Britain*. Council for British Archaeology, (CBA Research Report 149), York, 2007, pp. 131-138.
23. Bergman C.F. The development of the bow in Western Europe: A technological and functional perspective. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association*, vol. 4, Special Issue. *Hunting and Animal Exploitation in the Later Palaeolithic and Mesolithic of Eurasia*, G.L. Peterkin et al. (eds), 1993, pp. 95-105. DOI: 10.1525/ap3a.1993.4.1.95
24. Bevan L. Stag Nights and Horny Men: antler symbolism and interaction with the animal world during the Mesolithic. In: *Peopling the Mesolithic in a Northern Environment*. L. Bevan & J. Moore (eds) (Bar International 1157). Archaeopress, Oxford, 2003, pp. 35-44.
25. Billamboz A. L'industrie du bois de cerf en Franche-comté au Néolithique et au début de l'âge du Bronze. *Galla Préhistoire*. 1977, vol. 20, pp. 91-176.
26. Bonsall C., Tolan-Smith C., Saville A. Direct dating of Mesolithic antler and bone artifacts from Great Britain: new results for beveled tools and red deer antler mattocks. *Mesolithic Miscellany*. 1995, vol. 16, pp. 2-10.
27. Bragina E.V., Ives A.R., Pidgeon A.M., Kuemmole T., Baskin L.M., Guber Y.P., Piquer-Rodriguez, Keiler N.S., Petrosyan V.G., Radloff V.C. Rapid declines of large mammal populations after the collapse of the Soviet Union. *Conservation Biology*, 2015, vol. 29, iss. 3, pp. 844-853. DOI: 10.1111/cobi.12450
28. Bridault A., David E., Boboeuf M. Matter and material: Red deer antler exploitation during the Mesolithic at Clos de Ponjol (Aveyron, France). XVth UISPP Congress, Session C61, Lisbon, 4-9 September 2006, Lisbon, pp.135-154.
29. Brown A. Where the wild things are: Wild animal exploitation during the Neolithic of the central Balkans. Master of Arts dissertation, Department of Anthropology, University of Manitoba, Winnipeg. 2015.
30. 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
31. Bulayeva K.B., Dubinin N.P., Shamov I.A., Isaichev S.A., Pavlova T.A. Population genetics of Dagestan highlanders. *Russian Journal of Genetics*, 1985, iss. 21, pp. 1749-1758.
32. 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: 10.1002/ajhb.20531
33. 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
34. 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

35. Ceryneian Hind. In Wikipedia. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Ceryneian_Hind (accessed 03.03.2022)
36. Chapman D. Antlers-bones of contention. *Mammal Review*, 1975, vol. 5, pp. 121-172.
37. Chaudhri A. The Caucasian hunting divinity, male and female: traces of the hunting-goddess in Ossetic folklore. In: *The Concept of the Goddess*, S. Billington and M. Green (eds). Routledge, London, 1986.
38. Choyke A.M. Hidden agendas: ancient raw material choice for worked osseous objects in Central Europe and beyond. In: A.M. Choyke & S. O'Connor (eds). *From These Bare Bones- Raw Materials and the Study of Worked Osseous Objects*, Oxbow Books, Oxford, 2013, pp. 1-12.
39. Clare T. Before the first woodland clearings. *British Archaeology* 8, 1995. Available at: <http://www.britarch.ac.uk/ba/ba8/BA8FEAT.HTML#wood> (accessed 13.03.2022)
40. Clark J.G.D. Excavations at Star Carr: An Early Mesolithic Site at Seamer Near Scarborough. Yorkshire, Cambridge Univ. Press Arch., Cambridge, 1954.
41. Clutton-Brock T., Guinness F., Albon S. *Red Deer: Behaviour and Ecology of Two Sexes*. Edinburgh, Edinburgh University Press, 1982.
42. Collins B.J. A Statue for the Deity: Cult Images in Hittite Anatolia, dans *Cult Image and Divine Representation in the Ancient Near East*, sous la dir. de N.H. Walls, Boston, American Schools of Oriental Research, 2005, pp. 13-42.
43. Collins B.J. Hero, Field Master, King: Animal Mastery in Hittite Texts and Iconography. In: *The Master of Animals in Old World Iconography*, sous la dir. de D.B. Counts et A. Bettina, Archaeolingua, Budapest, 2010, pp. 59-74.
44. Collins B.J. On the Trail of the Deer: Hittite kurala, dans *Hittite Studies in Honor of Harry A. Hoffner, Jr: On the Occasion of His 65th Birthday*, sous la dir. de H. A. Hoffner, G. Beckman, R. Beal et G. McMahon, Eisenbrauns, Winona Lake, 2003, pp. 73-82.
45. Conneller C. Becoming deer. Corporeal transformations at Star Carr. *Archaeological Dialogues* 11 (1), Cambridge University Press, 2004, pp. 37-56. DOI: 10.1017/S1380203804001357
46. Conrad L., Clutton-Brock T.H., Guinness F. Sex differences in weather sensitivity can cause habitat segregation: red deer as an example. *Animal Behaviour*, 2000, vol. 59 (5), pp. 1049-1060. DOI: 10.1049/anbe.2000.1409
47. Crepon P. Le thème du cerf dans l'iconographie anatolienne des origines à l'époque hittite. *Hethitica* IV, 1981, pp. 117-155.
48. Cross-cultural perceptions of farmers as hunters and the value of meat? In: Kent (ed.), *Farmers as Hunters: The Implications of Sedentism*, Cambridge University Press, Cambridge, 1989, pp. 1-17.
49. Dadiani T., Kvachadze E., Khundadze T. *Medieval Georgian Sculpture*. George Chubinashvili National Research Centre for Georgian Art History and Heritage Preservation. Tbilisi, 2017.
50. Danilkin A.A. *Cervidae. Mammals of Russia and the Adjacent Countries*. Moscow, Geos, 1999.
51. David E. Fiche transformation des matières dures d'origine animale dans le Mésolithique ancien d'Europe du Nord. In : *Fiches typologiques de l'industrie osseuse préhistorique. Cahier XI – Matières et Techniques*, D. Ramseyer (ed.). Société Préhistorique Française, Paris, 2004, pp. 113-149.
52. David E. L'industrie en matières dures animaux du Mésolithique ancien et moyen en Europe du Nord. Contribution de l'analyse technologique à la définition du Maglémosien, Doctoral, Université Nanterre-Paris X, Paris, 1999.
53. David E. Technology of bone and antler industries: a relevant methodology for characterizing early post-glacial societies (9th-8th millennium BC). In: *Bones As Tools: Current Methods and Interpretations in Worked Bone Studies*, (BAR International Series 1622). British Archaeological Reports, Oxford, 2007, vol. 410, pp. 35-50.
54. Davidson J., Noble W. The archaeology of depiction and language. *Current Anthropology*, 1989, vol. 30 (2), pp. 125-156.
55. Demidenko Y.E., Otte M., Noiret P. Siuren 1 rock-shelter. From Late Middle Palaeolithic and Early Upper Palaeolithic to Epi-Palaeolithic in Crimea. *Etudes et Recherches Archeologiques de Université de Liège*. Liège, 2012, vol. 129, pp. 49-53.
56. Descola P. Constructing natures: symbolic ecology and social practice. In: *Nature and Society: Anthropological Perspectives*, P. Descola & G. Palsson (eds). Routledge, London, 1994, pp. 82-102.
57. Descola P., Palsson G. (eds) *Nature and Society: Anthropological Perspectives*. Routledge, New York/London, 1996.
58. Devlet E. Rock art studies in Northern Russia and the Far East, 2000-2004. In: *Rock Art Studies. News of the World III*, Bahn P., Franklin N. & Stecker M. (eds). Oxbow Books, Oxford, 2008, pp. 120-137.
59. Didebulidze M. The Vision of St. Eustace. In: *Medieval Georgian Art, Literatura da Khelovneba*, 1990, no. 2.
60. Dirr A.M. Der kaukasische Wild- und Jagdgott. *Anthropos*, 1925, vol. XX, pp. 139-147.
61. Djobadze W. Observations on the architectural sculpture of Tao-klarjet'i churches around one thousand A.D., *Studien zur Spätantiken und byzantinischen kunst. Römisch-Germanisches Zentralmuseum Forschungsinstitut für vor- und frühgeschichte*. 1986.
62. Dolan J.M. A deer of many lands: A guide to the subspecies of Red Deer (*Cervus elaphus* L.). *Zoonoos*, 1988, vol. 62 (10), pp. 4-34.
63. Donnell R.W. *The Palaeolithic Settlement of Asia*. Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
64. Edinborough K.S.A. *Evolution of Bow-Arrow Technology, Evolution of Bow-Arrow Technology*, PhD Dissertation, University of London, 2005.
65. Eerkens J.W., Bottinger R.L. Cultural transmission and the analysis of stylistic and functional variation. In: *Cultural Transmission and Archaeology: Issues and Case Studies*, O'Brien M.I. (ed.). The SAA Press, Washington DC, 2008, pp. 21-38.
66. Farajova M. Reconstruction of the archaeological landscape of the western shore of the Caspian Sea at the end of the Upper Pleistocene and Holocene. *Art of the Orient*, 2018, vol. 7, pp. 63-82. DOI: 10.11588/ao.2018.0.10618
67. Fiore D. Rock art on the rocks; rock art off the rocks: Iron Age petroglyphic images and agricultural societies in Xinjiang and Bactria. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, Novosibirsk, 2002, vol. 4 (12), pp. 61-73.
68. Fischer A. Hunting with flint-tipped arrowheads: results and experiences from practical experiments. *The Mesolithic in Europe: Papers Presented at the Third International Symposium*. Edinburgh, 1985, C. Bonsall (ed.), John Donald Publishers, Edinburgh, 1989, pp. 29-39.
69. Fitzhugh W. The Deer Stone Project: Exploring Northern Mongolia and its Arctic Connections. *The Deer Stone Project, Anthropological Studies in Mongolia 2002-2004*, Ulaanbatar. 2005.
70. Fitzhugh W.W. Pre-Scythian ceremonialism, deer stone art, and cultural intensification in northern Mongolia. In: Hanks B. K. & Linduff K. M. (eds). *Social Complexity in Prehistoric Eurasia: Monument, Metals and Mobility*, Cambridge University Press, Cambridge, 2009, pp. 378-412. DOI: 10.1017/CBO9780511605376.021
71. Folz R. Scythian neo-paganism in the Caucasus: The Ossetian Uatsdiin as a 'Nature Religion'. *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*, 2019, vol. 13, no. 3, pp. 314-332.
72. Formosov A.A. The petroglyphs of Kobystan and their chronology. *Rivista di scienze preistoriche*, Firenze, 1963, vol. XVIII, no. 1-4, pp. 91.
73. Garces S. *Cervideos: Simboles e Sociedade nos Primórdios da Agricultura no Vale do Tejo/Deer: Symbols and Society at the Dawn of Agriculture in the Tagus Valley*, Associacao dos Arqueologos Portugueses, Lisbon, 2019.
74. Garces S. The deer figure in Tagus rock art. In: *The Intellectual and Spiritual Expression of Non-literate Societies*, E. Anati, L. Oosterbek & F. Mailland (eds). XV Congress UISPP, Proceedings of session 17 – Bar International series 2360, 2012, pp. 71-84.
75. Gebert C., Verheyden-Tixier H. Variations of diet composition of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Europe. *Mammal Review*, 2001, vol. 31, pp. 189-201.
76. Geist V. *Deer of the World: Their Evolution, Behaviour and Ecology*. Stackpole, Mechanicsburg, USA, 1998.
77. Gibson J.J. *The Ecological Approach to Visual Perception*, Houghton Mifflin, Boston, 1979.

78. Godardzishvili N. Iconographic variations of St Eustace hunting composition in the medieval Georgian sculpture. *Studia Orientalia*, 2018, no. 2 (14), pp. 148-181.
79. Golovanova L.V., Dosonichev V.B. *Environment, Culture and Subsistence of Humans in the Caucasus between 40,000 and 10,000 years ago*. Cambridge, Cambridge Scholars Publishing, 2019.
80. Grant A. Economic or symbolic? Animals and ritual behaviour. In: *Sacred and Profane: Proceedings of a Conference on Archaeology, Ritual, and Religion*. Oxford Univ. Comm. Archaeol. Monogr., P. Garwood (ed.), Oxford, 1991, pp. 109-114.
81. Green M. *The Sun Gods of Ancient Europe*. B.T. Batsford, 1991, pp. 54-55.
82. Gundarsson K.H. The Folklore of the Wild Hunt and the Furious Host. Lecture to the Cambridge Folklore Society. Available at: www.theapricity.com/forum/archive/index.php/t-10148.html (accessed 23.02.2022)
83. Hausler F. Südrussische und nordkavkasischer petroglyphen. WZ der Martin-Luther Universität, Halle, Wittenburg XII, 1963.
84. Heptner V.G., Zalkin V.I. Deer of the USSR (Systematics, Zoogeography, Transactions of Study of Fauna and Flora of the USSR. Moscow Society of Naturalists, vol. 10 (25), pp. 1-176.
85. Hmori F. The Legend of the Wonderous Hind. Available at: www.whitestag.org/program_spirit/legend/ethnic_stories_of_the_white_stag.html (accessed 05.02.2022)
86. Hodgson D. The origin, significance and development of the earliest geometric patterns in the archaeological record. *Journal of Archaeological Science Reports*, 2019, vol. 24, pp. 588-592. DOI: 10.1016/j.jasrep.2019.02.025
87. Ilyasov L.M. *The Diversity of the Chechen Culture from Historical Roots to the Present*. UNESCO Moscow Office, Moscow, 2009.
88. Ingold T. (ed.) *Humanity and animality*. In *Companion Encyclopedia of Anthropology: Humanity, Culture and Social Life*. T. Ingold (ed.), Routledge, London, 1994, pp. 14-32.
89. Ingold T. *The Appropriation of Nature: Essays on Human Ecology and Social Relations*. Manchester, Manchester University Press, 1986.
90. Isaakidou V. Worked and utilised bone and antler: practical and cultural rationales for the selection of raw materials. *British School at Athens Studies*, 2003, vol. 9, pp. 233-238.
91. Jacobsen E. Siberian roots of the Scythian stag image. *Journal of Asian History*, 1983, vol. 17, Harrassowitz Verlag, pp. 68-100.
92. Jacobsen E. The deer goddess of ancient Siberia: A study in the ecology of belief. *Studies in the History of Religions*, vol. 15, E.J. Brill, Leiden, 1993, pp. 194-195.
93. Jarman M. European deer economies and the advent of the Neolithic. In: *Papers in Economic Prehistory: Studies by Members and Associates of the British Academy Major Research Project in the Early History of Agriculture*, E. Higgs (ed.), Cambridge, Cambridge University Press, 1972, pp. 125-147.
94. Jones-Bley K. An archaeological reconsideration of solar mythology. *Word*, 1993, vol. 44(3), pp. 431-443. DOI: 10.1080/00437956.1993.11435911
95. Jones-Bley K. The sun in image and thought. 23rd Proceedings of the Chacmool Conference. A. Sean Goldsmith *et al* (eds), University of Calgary, 1992, pp. 83-90.
96. Junkmanns J., Klugl J., Schoch W., Di Pietro G., Hafner A. Neolithic and Bronze Age archery equipment from alpine ice patches: A review on components, construction techniques and functionality. *Journal of Neolithic Archaeology*, 2019, pp. 283-314. DOI: 10.12766/jna.2017,10
97. 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
98. Kawami T.S. Deer in art, life and death in northwestern Iran. *Iranica Antiqua*, 2005, vol. XL, pp. 107-131.
99. Keller O. *Aux origines de la géométrie: le Paléolithique au le Monde des chasseurs-cueilleurs*. Vuibert, Paris, 2004.
100. Kern H. *Through the Labyrinth: Designs and Meanings over 5,000 years*. Prestel Verlag, 2000.
101. Kosintsev P. Mammal assemblages during the Early Holocene (Preboreal – Boreal – PB – BO. 2008.
102. Kovalev A.A., Erdenebaatar D., Rukavishnikova I.V. A ritual complex with deer stones at Uushigiim Uvuv, Mongolia: Composition and construction stages (based on the 2013 excavations). *Archeology, ethnography and anthropology of Eurasia*, 2016, vol. 44/1, pp. 82-92.
103. Kristiansen K. Rock art and religion: The sun journey in Indo-European mythology and Bronze Age rock art. In A.C. Fredell, K. Kristiansen & F. Criado (eds), *Representations and Communications: Creating an Archaeological Matrix of Late Prehistoric Rock Art*, Oxford, 2010, pp. 93-115.
104. Kubarev V.D. Myths and rituals impressed in petroglyphs of the Altai. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, Novosibirsk, 2006, vol. 27 (3), pp. 41-54.
105. Kurten B. *Pleistocene Mammals of Europe*. Weidenfeld & Nicholson, London, 1968.
106. Lars R.A. The Rock Carvings of Taru Thang-The Mountain Goat: a religious and social symbol of the Dardic speaking people of the TransHimalayas. VDM Verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG, Sarrebruck, 2009.
107. Larsson L. Animals and animal depictions in the early Holocene of Northern Europe. Based on an antler adze with deer depictions. In: V. Brieske, A. Dickers & M.M. Rind (eds), *Tiere und Tierdarstellungen in der Archäologie. Beiträge zum Kolloquium in Gedenken an Torsten Capelle, 30–31 Oktober 2015 in Herne*. Veröffentlichungen der Altertumskommission für Westfalen Landschaftsverband Westfalen-Lippe Band 22, Aschendorff Verlag, Münster, 2017, pp. 63-73.
108. Larsson L., Moiln F. Symbols in the late Mesolithic. Ornaments on bone and antler from Strandvagen, Motala, in Central Sweden. In: *From Hunter-Gatherers to Farmers – Human Adaptations at the End of the Pleistocene and the First Part of the Holocene*, M. Margarit & E.A. Boroneant (eds), Editura Citatea de Scaun, Targoviste, 2017, pp. 395-408.
109. Le culte du cerf anatolien : Symbolism, evolution et constance III^e-II^e millénaire, Actes du Colloque « Le sacré dans tous ses états », organisé par l'AEPOI le 21-22 avril 2016 f l'UQAM, pp. 46-59.
110. Leduc C. Ungulates exploitation for subsistence and raw material during the Maglemose in Denmark: the example of Mullerup site (Sarauw's Island) in Sjaelland. *Danish Journal of Archaeology*, vol. 1, no. 1, pp. 62.
111. Leeming E. The unknown factors: Evidence from the cave monasteries and the significance of Georgian vernacular religion as a relic of earlier ritual practices. In: *Architecture and Asceticism: Cultural Interaction between Syria and Georgia in late antiquity*, Brill, Leiden, 2018.
112. Lewis Williams D., Pearce D. *Inside the Neolithic Mind: Consciousness, Cosmos and the Realm of the Gods*. Thames and Hudson, New York, 2005.
113. Lewis-Williams D. Constructing a cosmos: architecture, power and domestication at Catalhöyük. *J. Soc. Archaeol.*, 2004, vol. 4(1), pp. 28-59.
114. Lewis-Williams D. *The Mind in the Cave: Consciousness and the Origins of Art*. Thames and Hudson, London, 2002.
115. Lister A.M., Stuart A.J. The extinction of the giant deer *Megaloceros giganteus* (Blumenback): New radiocarbon evidence. *Quaternary International*, 2019, vol. 500, pp. 185-203.
116. Lymer K. The deer petroglyphs of Arpavi, South Kazakhstan. In: Rozwadowski & Kosko M.M. (eds). *Spirits and Stones: Shamanism and Rock Art in Central Asia and Siberia*, Instytut, Wschodni, Adam Mickiewicz University, Pozan, 2002, pp. 80-98.
117. Machabeli K. Early Mediaeval Georgian Stone Crosses. G. Chubinashvili National Research Centre History of Georgian Art and Monument Protection, Tbilisi, 2008.
118. Machabeli K. Early medieval stelae in Georgia in the context of early Christian art. In: *Ancient Christianity in the Caucasus*. Mgaloblishvili T. (ed.), Curzon, Richmond, 1998, pp. 83-96.

119. Mackenzie D.A. The Migration of Symbols and their Relations to Beliefs and Customs. Keagan Paul, French, Trubner, London, 1926.
120. Magail J. Les stèles ornées de Mongolie dites «pierres à cerfs», de la fin de l'âge du Bronze. In Rodriguez G. & Marchesi H. (eds). Statues-menhirs et pierres levées du Néolithique à aujourd'hui: actes du 3e colloque international sur la statuaire mégalithique, Saint Pons-de-Thomières, du 12 au 16 septembre 2012, Direction régionale des affaires culturelles Languedoc-Roussillon, Montpellier, Groupe Archéologique du Saint-Ponais, Saint-Pons-de-Thomières, 2015, pp. 89-101.
121. Mailland F. Ritual ibex hunting in the rock art of the Near East. XXVI Valcamonica Symposium 2015, Prospects for the Prehistoric Art Research: 50 Years Since the Founding of Centro Camonico, 2015, pp. 159-162.
122. Maisadlov L.S., Paramina G.N., Grogoriev A.A. Integrated approach to the study of megalithic heritage. Bulletin of Tomsk State University History, 2013, vol. 22, pp. 72-75.
123. Makkai A. (ed.) In Quest of the Miracle Stag: An Anthology of Hungarian Poetry. University of Illinois Press, 1996, pp. 21-23.
124. Mamasakhlisi L. The cult of the deer in the culture of Caucasian peoples. Caucasological Papers N5, Institute of Caucasology, Tbilisi, 2013.
125. 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. DOI: 10.1186/1471-2156-9-47
126. Martynov A.I. The Solar Cult and the Tree of Life. Arctic Anthropology, 1985, vol. 25, no. 2, pp. 21-23.
127. Mayle B., Pearce A., Gill R. How many deer? A field guide to estimating deer population size. The Forestry Commission, Edinburgh, 1999.
128. Mellet E., Colage I., Bender A., Henshilwood C.S. What processes sparked off symbolic representations? A reply to Hodgson and an alternative perspective. J. Archaeol. Sci., Rep. 2019, vol. 28.
129. Meshveliani T., Bar-Oz G., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A., Boaretto E., Jakeli N., Koridze I., Matskevich Z. Mesolithic Hunters at Kotias Klde, Western Georgia: Preliminary Results. Paléorient, 2007, vol. 33, no. 2, pp. 47-58. DOI: 10.3406/paleo.2007.5220
130. Meskell L. A "curious and sometimes a trifle macabre artist": some aspects of symbolism in Neolithic Turkey. Curr. Anthropol., 2011, vol. 52(2), pp. 235-262.
131. Migliano A., Vinicius L. The origins of human cumulative culture: from the foraging niche to collective intelligence. Phil. Trans. R. Soc. 2021, B 377, 20200319 DOI: 10.1098/rstb.2020.0319
132. Miklashevich T. Rock art research in Siberia and Central Asia, 2000-2004. In: Rock Art Studies. News of the World III, Bahn P., Franklin N. & Stecker M. (eds). Oxbow Books, Oxford, 2008, pp. 138-178.
133. Mithen S., Milner N. Hunter-Gatherers of the Mesolithic. In: The Archaeology of Britain, Routledge. 2nd Ed. 2009.
134. Mokcevai K. (Conversion of Georgia) Monuments of Old Georgian Hagiographic Literature, I (V-X centuries), Tbilisi, 1963.
135. Movses Dasuranc'I. The History of the Caucasian Albanians (translated by C. F. J. Dowsett). London, London Oriental Series, 1961, vol. 8.
136. Mykhailova N. 'Celestial deer': The flight from the Stone Age to the Middle Ages. Expression, 2018, no. 10.
137. 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, 2011, vol. 9, iss. 4, pp. 267-272. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5200615
138. 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
139. Nazarova A.E., Alkhutov S.M. Anthropology and genetics of the Caucasus peoples and the problem of the origin of the Caucasoids. Anthropol. Am., 2008/66/1, pp. 51-66.
140. Oosterbeek L. Stones, carvings, foragers and farmers in the Southwest of Europe: A view from the inland. Prehistoria, 2000, pp. 150-168.
141. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Saipov D.M., Abdulaev A.-G.M. The socio-ecological production landscapes of three ethnolinguistic enclaves in the Dagestan high Caucasus. Sustaining a multi-millennial agro-pastoral continuum – the example of Verkhnee Gakvari. 2021. Available at: https://satoyama-initiative.org/case_studies/the-socio-ecological-production-landscapes-of-three-ethnolinguistic-enclaves-in-the-dagestan-high-caucasus-sustaining-a-multi-millennial-agro-pastoral-continuum-the-example-of-verkhnee-gakvari/ (accessed 06.04.2022)
142. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.-G.M., Verkhnee Garvari" 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: 10.18470/1992-1998-2021-3-142-179
143. Petherbridge G., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Saipov D.M., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., "University of the People" – the third mission of Dagestan State University: an innovative approach to sustainability policy. *South of Russia: Ecology, Development*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 182-199. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-182-199
144. Pettit E. The Waning Sword: Conversion Imagery and Celestial Myth in 'Beowulf', Open Book Publishers, Cambridge, 2020. DOI: 10.11647/OBP.0190.10
145. Pidoplichko I.G. About the Glacial Period. Kiev, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1951.
146. Pitts M. Hides and antlers: A new look at the gatherer-hunter site at Star Carr. North Yorkshire, England, World Archaeology, 1979, vol. 11, pp. 32-42.
147. Plaetschke B., Die Tschetschenen. Forschungen zur Völkerkunde des nordöstlichen Kaukasus auf Grund von Reisen in den Jahren 1918-20 und 1927/28. Veröffentlichungen des Geographischen Instituts der Universität Königsberg Pr., Heft XI, Friederischen, de Gruyter & Co., Hamburg, 1929.
148. Polezhaev F.F. Spirals, their types and peculiarities. In: Spirals and Volutes, Tsiyi K. & Miller S.C. (eds). Springer Nature Switzerland, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-05789-5_4
149. Ponomarev D., Puzachenko A., Bachura O., Kosintsev P., van der Plicht J. Mammal fauna during the Late Pleistocene and Holocene in the far northeast of Europe. *Boreas*, 2013, vol. 42, pp. 779-797. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2012.00309.x
150. Pope S.T. A Study of Bows and Arrows, University of California Publications in Archeology and Ethnology. 1923, vol. 13, pp. 329-414.
151. Pope S.T. Bows and Arrows. Berkeley & Los Angeles, University of California Press, 1962.
152. Ramseyer D. Le cerf au Néolithique, Réflexions d'un préhistorien. *Revue de Paléobiologie*, Genève, 2005, Volume spécial, vol. 10, pp. 185-194.
153. Rappengluck M.F. Astronomische ikonografie im Jungeren Palaeolithikum (35,000-9,000 BP). *Acta Praehistorica et Archaeologica*, 2008, vol. 40, pp. 199-203.
154. Rappenglucke M.A. Stone Age people controlling time and space. Evidence for measuring instruments and methods in early prehistory and the roots of mathematics, astronomy and metrology. Proceedings of 5th International Conference of the European Society for the History of Science, "Scientific Cosmopolitanism and Local Cultures, Religions, Ideologies, Societies", Athens, 1-3 November 2012, pp. 473-481.
155. Ratcliffe P., Staines B. Red deer in woodlands: research findings, In: Roe and Red Deer in British Forests. The British Deer Society, Southampton, 1982, pp. 42-53.
156. Ridet C. Les cercles et les spirales graves du complexe d'art rupestre de la vallée du Tage (Portugal): catalogue, étude et approche expérimentale [Dissertação de Mestrado], Instituto Politécnico de Toma, Universidade de Trás-es-Montes et Alto Douro, 2009.

157. Riede F. The loss and re-introduction of bow and arrow technology: A case study from the Northern European Late Palaeolithic. *Lithic. Technol.*, 2009, vol. 34, pp. 27-45. DOI: 10.1080/01977261.2009.11721072
158. Rogers L. The Wild Hunt, at White Dragon. Available at: <http://whitedragon.org.uk/articles/hunt>. (accessed 20.04.2022)
159. Romano V., Lozano S., Fernández-López de Pablo J. Reconstructing social networks of Late Glacial and Holocene hunter-gatherers to understand cultural evolution. *Phil. Trans. R. Soc. B* 377: 20200318. 2021. DOI: 10.1098/rstb.2020.0318
160. Rowley-Conway P. Faunal Remains and Antler Artefacts. In: *Star Carr in context: new archaeological and palaeoecological investigations at the Early Mesolithic site of Star Carr*. North Yorkshire, McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, 1998, pp. 99-107.
161. Rozoy J.-G. Le propulseur à l'arc. Chez les chasseurs préhistoriques. *Techniques et démographie comparées, Paleo*, 1992, vol. 4, pp. 175-192.
162. Rozoy J.-G. Les dernières chasses, l'Épipaléolithique en France et en Belgique. *Essai de synthèse. Bulletin de la Société Archéologique Champenoise*, no. special. 1978.
163. Rozoy J.-G. The revolution of the bowmen in Europe. In: *The Mesolithic in Europe: papers presented at the third international symposium*. Edinburgh, 1985, C. Bonsall (ed.), J. Donald, Edinburgh, 1989, pp. 13-28.
164. Rzayeva S. The symbol of the deer in the ancient and mediaeval cultures of Azerbaijan. *International Society for the Study of Pilgrimage Art*, 3, 2, pp. 178-209.
165. Saltykov A.A. La vision de saint Eustache sur la stèle de Tsebelda. *Cahiers Archéologiques*, Picard, 1985, pp. 5-18.
166. Sano K., Arrighi S., Stani C., Auereli D., Boschin F., Fiore I., Spagnolo V., Ricci S., Crezzini J., Boscato P., Gaia M., Tagliacozzo A., Birarda G., Vaccari C., Ronchitelli A., Moroni F., Benazzi S. The earliest evidence for mechanically delivered projectile weapons in Europe. *Nat. Ecol. Evol.*, 2019, vol. 3/10, pp. 1409-1414. DOI: 10.1038/s41557-019-0990-3
167. Seferbekov R.I. Patron deities of the hunt and wild animals in Dagestan, Iran and the Caucasus. *Leiden-Boston*, 2012, vol. 16, pp. 301-307.
168. Seferbekov R.I., Shehmagomedov M.G. From the Mythology, the Folklore and the Ritual Practice of Gidatli Avars: the Syncretism of Traditional Beliefs and Islam. *Islamovedenie*, 2017, vol. 8, no. 3, pp. 113-132.
169. Shea J.J. The origins of lithic projectile point technology: evidence from Africa, the Levant and Europe. *Journal of Archaeological Science*, 2006, vol. 33, pp. 823-846.
170. Shea J.J., Sisk M.L. Projectile technology and *Homo sapiens* dispersal from Africa to Western Europe. *Palaeoanthropology*, 2010, vol. 2010, pp. 100-122.
171. Sher J.A. Petroglyphy-drevneyshy izobrazitelnyy folklor. *Naskalnoye iskusstvo Azii (Kemerovo)*. 1997, vol. 2, pp. 28-35.
172. Shishlina I.N. The bow and arrow of the Eurasian steppe nomads. *Journal of European Archaeology*, 1977, vol. 5, pp. 53-56.
173. Skog A., Zachos F.E., Rueness E.K., Feulner P.G.D., Myrsetrud F.A., Langvatn R., Lorenzini R., Hmwe S.S., Lechoczky I., Hartl B., Stenseth N.C., Jakobsen K.S. Phylogeography of red deer (*Cervus elaphus*) in Europe. *Journal of Biogeography*, 2009, vol. 36, pp. 66-77.
174. Sokolov I.I. Hoofed animals (Orders Perissodactyla and Artiodactyla). *Fauna of the USSR. Mammals*, Moscow- Leningrad, 1959, vol. 1 (3).
175. Sommer R.S., Zachos F.E., Street M., Jöris O., Skog A., Benecke N. Late Quaternary distribution dynamics and phylogeography of the red deer (*Cervus elaphus*) in Europe. *Quaternary Science Reviews*, 2008, vol. 27 (7-8), pp. 714-733.
176. Spassov N., Iliev N., Karastoyanova N., Chohadzhiev S. The remains of wild and domestic animals from the Late Chalcolithic tell settlement of Hotnitsa (Northern Bulgaria). *Archaeologia Bulgarica*, 2015, vol. 19 (2), pp. 1-21.
177. Stankovic A., Doan K., Mackiewicz D., Ridush B., Baca M., Gromadka R., Socha P., Weglenski P., Nadachowski A., Stefaniak K. First ancient DNA sequences of the Late Pleistocene red deer (*Cervus elaphus*) from the Crimea, Ukraine. *Quaternary International*, 2011, vol. 245 (2), pp. 262-267.
178. Stutz J.A. A niche of their own: population dynamics, niche diversification, and biopolitics in the recent biocultural evolution of hunter-gatherers. *J. Anthropol. Archaeol.*, 2020, vol. 57 (101120), pp. 1-18. DOI: 10.1016/j.jaa.2019.101120
179. Surguladze I. *Mythos, Cult, Ritual in Georgia*. Tbilisi, 2003.
180. Surguladze I. *Symbolics of Georgian folk ornaments*. Tbilisi, Science, 1986.
181. Svitlana M., Erdogan A. *Transcripts from the Soviet Archives, Secret Reviews*, vol. XII, 1921, pp. 334-354.
182. Tanabe K. *Iconography of the Royal Hunt: Bas-reliefs at Taq-i-Bustan*. *Bulletin of the Okayama Orient Museum*, 1983, vol. XIX.
183. Taracha P. *Religions of Second Millennium Anatolia*, Wiesbaden: O. Harrassowitz. *The Sculptures of Alaca Hoyuk : A Key to Religious Symbolism in Hittite Representational Art*, 2009, NEA 75, to. 2, pp. 108-115.
184. Tchlenova N.L. Le cerf scythe. *Artibus Asiae*, 1963, vol. 26 (1), pp. 27-70.
185. *The Life of Kartli (according to all the basic manuscripts written by S. Kaukhchishvili)*, T.I. Tbilisi. 1955. *Ancient Metaphrastic Collection, Readings from September, Martyrdom of Saints Eustace and Theophiste and of Their Children [224v]*, Metsniereba, 1986.
186. Thieme H. Lower Palaeolithic hunting spears from Germany. *Nature*, 1997, vol. 385, pp. 807-120.
187. Thierry N. Le culte du cerf en Anatolie et la vision de Saint-Eustathe. *Monuments et mémoires de la Fondation Eugène Piot*, 1991, vol. 72, pp. 33-100.
188. Thomas D.H. Arrowheads and atlatl darts; how the stones got the shaft. *American Antiquity*, 1978, vol. 43, pp. 461-472.
189. 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
190. Tuite K. Image-mediated diffusion and body shift in the cult of St Eustace in the western Caucasus, Le corps et le lieu, Université de Montréal, Montréal, 2018, pp. 141-151.
191. Tuite K. The meaning of Dael. Symbolic and spatial associations of the South Caucasian goddess of game animals, Language. Culture and the Individual. A Tribute to Paul Friedrich. C. O'Neil, M. Scoggin & K. Tuite (eds). 2006, pp. 165-188.
192. Tyler K., Fusaroli R., Rojo S., Heimann K., Fay N., Johanssen N.N., Riede F., Lombard M. The evolution of early symbolic behavior in *Homo sapiens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, vol. 117 (9), pp. 4578-4584. DOI: 10.1073/pnas-1919880117
193. Vankina L. The collection of Stone Age bone and antler artifacts from Lake Lubana. *N.I.M.S. Riga*, 1999.
194. Velmans T. L'église de Zenobani et le thème de la Vision de Saint Eustache en Géorgie. *Cahiers Archéologiques*, Picard, 1985, pp. 19-49.
195. Vera F. *Grazing ecology and forest history*. CABI Publishing, Oxford, 2000.
196. Vereshchagin N.K., Baryshnikov G.F. Quaternary mammalian extinctions in northern Eurasia. In: Martin P.S., Klein R.G. (eds). *Quaternary extinctions: A prehistoric revolution*. Tuscon: University of Arizona Press, 1984, pp. 483-516.
197. Vigne J.-D. Exploitation des animaux sauvages à travers le temps. XIW Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes IV" Colloque international de l'Homme et l'Animal, Société de Recherche Interdisciplinaire, Éditions APDCA, Juan-les-Pins, 1993. Domestication ou appropriation pour la chasse : histoire d'un choix socio-culturel depuis le Néolithique, L'exemple des cerfs (*Cervus*), 1993.
198. Vinas Valverde R., Sanchez de Tagle E. Los cervidos en el arte rupestre postpaleolítico. *Quadernos de prehistoria, arqueologica de Castello*, 2000, vol. 21, pp. 53-68.
199. Virsaladze E. *Georgian Hunting Epos (Cycle of Perished Hunter)*, Metsniereba, Tbilisi, 1964.
200. Ward G. *Spirals. The Pattern of Existence*, Green Magic, Long Barn, 2006.
201. Weinberg P., Askerov E., Manvelyan K., Gurielidze Z., Mousavif M., Kütükçü A.E., Heidelberg A. & Zazanashvili N., WWK, KrW. *Ecoregional Conservation Plan for the Caucasus*.

- Status of Large Herbivores in the Caucasus, Supplementary Report, 2020.
202. White R. Beyond art. Toward an understanding of the origins of material representations in Europe. *Annual Review on Anthropology*, 1992, vol. 23, pp. 297-331.
203. White R. Visual thinking in the Ice Age. *Scientific American*, 1989, vol. 23, pp. 74-81.
204. Wild M., Pfeifer S.J. Choice of osseous raw materials for tool production at the Pleistocene/Holocene transition in north-western Central Europe: an approach addressing zooarchaeology and material properties. In: *Préhistoire de l'Europe du Nord-Ouest: mobilités, climats et identités culturelles*. In: *Actes XXVIII congrès préhistorique de France*, 2019, pp. 477-489. DOI: 10.1038/s41598-019-38779-1.
205. 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.
206. Zabiako A.P., Wang J. Petroglyphs from Northeast China: New sites and interpretations. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2017, vol. 45/3, 73 p.
207. Zachos F.E., Hartl G.B. Phylogeography, population genetics and conservation of the European red deer *Cervus elaphus*. *Mammal Review*, 2011, vol. 41 (2), pp. 138-150.
208. Zhilin M. Mesolithic bone arrowheads from Ivanovskoye 7 (central Russia): technology of the manufacture and use-wear traces. *Quat. Int.*, 2017, vol. 427, pp. 230-244. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.09.095
209. Zhilin M.G. Early Mesolithic hunting and fishing activities in Central Russia: A review of faunal and artefactual evidence from wetland sites. *Journal of Wetland Archaeology*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 92-106.
210. Zvelebil M. Hunting in farming societies: The prehistoric perspective. *Anthropozoologica*, 1992, vol. 16, pp. 7-18.
211. Абаев В.И. Дохристианская религия алан // XXV Международный конгресс востоковедов. Москва, 1960. 19 с.
212. Абаев В.И. Осетинский язык и фольклор: В 2-х т., Т. I, Москва-Ленинград. 1949, 608 с.
213. Абдинова А.Г. Реликты домонотеистических верований в семейной обрядности народов Дагестана: XIX – начало XX века. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. ист. н. Махачкала, 2010.
214. Абдурахманов А.М. Тотемические воззрения в обрядах и преданиях о животных // Проблемы мифологии и верований народов Дагестана. Махачкала. 1988. С. 13-23.
215. Абрамова А.А. Палеолитическое искусство на территории СССР. Москва-Ленинград, 1962.
216. Абрамова М.П. К вопросу о связях населения Северного Кавказа сарматского времени // Советская археология. 1979. N 2.
217. Абрамова М.П. К вопросу об аланской культуре Северного Кавказа // Советская археология. 1978. N 1. С. 76-82.
218. Авторханов А.К. Краткий историко-культурный и экологический очерк о Чечне. Ростов-на-Дону, 1931. 158 с.
219. Агларов М.А. Андийцы: историко-этнографическое исследование. Махачкала, 2002. С. 206-207.
220. Агларов М.А. Из верований народов Западного Дагестана (божество Цюб) // Проблемы мифологии и верований народов Дагестана. Махачкала: ИЯЛИ Даг. ФАН СССР, 1988. С. 67-71.
221. Агларов М.А. Материальная культура аваров. Махачкала, 1967.
222. Айналов Д.В. Некоторые христианские памятники Кавказа. М.: т-во тип. А. И. Мамонтова, 1895. 11 с.
223. Айтберов Т.М. Древний Хунзах и хунзахцы. Махачкала: Даг. кн. изд-во., 1990. 176 с.
224. Акаба Л.Х. Традиционные религиозные верования // Абхазы. Отв. ред. Ю.Д. Анчабадзе, Ю.Г. Аргун. М.: Наука, 2007. 547 с.
225. Акаба Л.Х. У истоков религии абхазов. Сухуми: "Алашара", 1979. 124 с.
226. Акбулатов М. Материалы по исследованию Чечни: Учетные карточки памятников (Башни воевые и жилые, замки, святилища, могилы). Перепечатка рельефов. Начало 1928 – конец 1929 г. Архив Вывенного Люя АН СССР (ныне НИМК РАН), ГАИМК, Ф. 2, Оп. 1, Д. 216.
227. Акиева Р.Х. Архетипическое в этнокультуре ингушей (на материале мифологии, нартского эпоса и обрядов жизненного цикла. Дисс. на соиск. уч. ст. д. ист. наук. Махачкала, 2016.
228. Аладашвили Н.А. Монументальная скульптура Грузии. Сюжетные рельефы V-XI вв. М.: Искусство, 1977. 275 с.
229. Албакова Ф.Ю. Символ в традиционной культуре вайханов. Москва, ООО "Агент", 1988. 181 с.
230. Алексеева Е.П. Древняя и средневековая история Карачаево-Черкессии. М., 1971.
231. Алексеева Е.П. Позднекобанская культура Центрального Кавказа // Ученые записки ЛГУ. Ленинград, 1949. Вып. 13.
232. Алигаджиева З.А. Пережитки домонотеистических верований и обрядов у аварцев-андалальцев в XIX – начале XX в. Махачкала, 2012. 82 с.
233. Алигаджиева З.А., Сефербеков Р.И. К характеристике некоторых мифологических персонажей аварцев-андалальцев // Вестник Дагестанского научного центра. 2004. N 19. С. 108-109.
234. Алиев Б.Г. Союзы сельских общин Дагестана в XVIII - первой половине XIX в. Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, 1999. 339 с.
235. Алиев К. Кавказская Албания (I в. до н. э. – I в. н. э.). Баку, 1974. 99 с.
236. Алиев М.О., Сефербеков Р.И. Мифологические персонажи аварцев-койсубулинцев // Обозреватель-Observer. Москва. 2007. N 12. С. 111-115.
237. Алимова Б.М., Магомедов Д.М. Ботлихцы. XIX - нач. XX в. Историко-этнографическое исследование. Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, 1993. 191 с.
238. Алироев И.Ю. Язык, история и культура вайнахов. – Грозный: Ид-во "Книга", 1990. 364 с.
239. Алмазов И.Г., Дзариёва З.М., Чакхчиев Д.Ю. Новые материалы о культовых памятниках позднего средневековья горной Ингушетии и Чечни. Нальчик, 1988. С. 28-45.
240. Амброз А.К. Раннеземледельческий культовый символ («ромб и крючками») // Советская этнография. 1965. N 3. С. 14-27.
241. Амиханов Х.А. Верхний палеолит Кавказа и его соотношение с верхним палеолитом смежных территорий: Автореф. канд. дис. Москва, 1977.
242. Амиханов Х.А. Чохское поселение. Человек и его культура в мезолите и неолите горного Дагестана. М.: Наука, 1987. 224 с.
243. Андиев Б.Ф., Андиева Р.Ф. Осетинский орнамент / предисловие С. Куцаева. Орджоникидзе: Северо-Осетинское книжное издательство, 1960. 264 с.
244. Андреева М.В. К вопросу о знаковой роли посуды из раннебронзовых памятников Кавказа (конец IV – начало III тысячелетия до н. э.) // Вестник древней истории. 1996. N 1. С. 85-102.
245. Андреевна В.К. Художественные особенности наскальных изображений Нагорного Дагестана // Конференция «Ломоносов– 2016».
246. Анучин Д.Н. Отчет о поездке в Дагестан летом 1882 г. // Известия ИРГО. Т. XX. Вып. 4. СПб.; 1884. 449 с.
247. Анчабадзе З.В. Из истории средневековой Абхазии (VI-XVII вв.). Сухуми: Абхазское государственное издательство, 1959. 306 с.
248. Аржанцева И.А., Албегова З.Х. Культовые камни Кыфарского городища (еще раз о религиозном дуализме алан). // Древности Северного Кавказа. М., 1999. С. 183-200.
249. Арсанукаев Р.Д. Вайнахи и аланы: Аланы в раннесредневековый период истории Чечено-Ингушетии. Баку, 2002. 200 с.
250. Арсанукаев Р.Д. Чеченские петроглифы. Париж, 2005. 100 с.
251. Артамонов М.И. Отчет о работах Северо-Кавказской экспедиции в Дагестане в 1937-1938 гг. // РФ ИИЯЛ ДНЦ РАН, ф. 5, оп. 1. Д. 33.
252. Артамонов М.И. Происхождение скифского искусства. // СА. 1968. N 4. С. 27-45.
253. Артамонов М.И. Скифо-сибирское искусство звериного стиля (основные этапы и направления) // Проблемы скифской археологии / МИА N 177. М., 1971. С. 24-35.

254. Артамонов М.И. Этногеография Скифии // УЗЛГУ, сер. истор. наук. 1949. N 13. 129 с.
255. Асиятилов С.Х. Историко-этнографические очерки хозяйства аварцев XIX - перв. пол. XX вв. Махачкала: Типогр. Даг. ФАН СССР, 1967. 171 с.
256. Асланов Г.М. *Сцены охоты, изображенные на камнях Апшерона* // Тезисы докладов, посвященные итогам археологических исследований в 1970 г., Тбилиси, 1971.
257. Асланов Г.М., Гаджиев И.А. Художественно-технические особенности наскальных рисунков Апшерона // Материалы сессии, посвященной итогам археологических и этнографических исследований 1964 года в СССР (тезисы и доклады). Баку, 1955.
258. Атаев Б.М. Аварцы: история, язык, письменность. Махачкала, 1996. 90 с.
259. Атаев Д.М. Атаев Д.М. Нагорный Дагестан в раннем средневековье (по материалам археологических раскопок Аварии). Махачкала, 1963. 254 с.
260. Атаев Д.М. Каменные кресты из окрестностей Хунзаха // Материалы по археологии Дагестана. Махачкала, 1959. Т. I. С. 182-185.
261. Атаев Д.М. Некоторые вопросы истории искусства народов Дагестана. Махачкала: Дагкнигиздат, 1965.
262. Атаев Д.М. Основные итоги историко-археологического изучения средневековой Аварии // Ученые записки Института истории, языка и литературы. Махачкала, 1963. Т. XI.
263. Атаев Д.М. Раскопки Аркаского городища // Материалы сессии, посв. итогам археологических и этнографических исследований 1964 г. в СССР. Баку, 1965.
264. Атаев Д.М. Христианские древности Аварии // Ученые записки Института истории, языка и литературы. Махачкала, 1958. Т. IV. С. 161-182.
265. Атаев Д.М., Гаджиев М.С., Сагитова М.Д. Культовые сооружения. Аркаса // Древняя и средневековая архитектура Дагестана. Махачкала, 1989. С. 114-124.
266. Атаев Д.М., Марковин В.И. Петрогифика горной аварии // Ученые записки. Институт истории, языка и литературы им. Гамзата Цадасы, Дагестанский филиал, Академия наук СССР. 1965. Т. XIV. С. 342-368.
267. Атаев М.М. Авария в X-XV вв. Махачкала, 1995. 248 с.
268. Афанасьев Г.Е., Рунич А.П. Рисунки в пещере близ Хумары // Советская этнография. Москва: Наука, 1975. Т. 2. С. 106-107.
269. Афанасьева Е.Г. Дохристианские религиозные воззрения алан // Советская этнография. 1976. N 1.
270. Ахмадов Ш.Б. Чечня и Ингушетия в XVIII – начале XIX века // Очерки социально-экономического развития и общественно-политического устройства Чечни и Ингушетии в XVIII – начале XIX века. Элиста, 2002.
271. Ахмедов Э.Г. Благородный олень. Серна. // Красная книга Республики Дагестан. Махачкала: РГЖТ, 2009. С. 513-514.
272. Ахмедов Э.Г. Изменение ареалов горных копытных Дагестана за последнее столетие // Материалы Международной научно-практической конференции «Научное наследие Н.Я. Динника и его роль в развитии современного естествознания». Ставрополь, 1997. С. 18-25.
273. Ахмедов Э.Г. Особенности антропогенных воздействий на популяции копытных Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. N 3(12). С. 44-49.
274. Ахмедов Э.Г. Современное состояние редких видов копытных Дагестана // Материалы II Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа». Махачкала, 2000. С. 49-51.
275. Бабаев Э.А., Яровенко Ю.А. Современное состояние популяций кавказского благородного оленя (*Cervus elaphus maral* Ogilby 1840) и серны кавказской (*Rupicapra rupicapra caucasica* Lydekker, 1910) в Республике Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, по. 4 (29), 2014, pp. 13-18.
276. Бабаев Э.А., Яровенко Ю.А., Магомедов У.М., Гамидова Н.Х., Яровенко А.Ю. Состояние популяций копытных видов Дагестана // Известия ДГПУ. Биологические науки. 2017. Т. 11. N 3. С. 41-47.
277. Багаев М.Х. Население плоскостной Чечено-Ингушетии накануне окончательного переселения вайнахов с гор на плоскость (XIII-XVI вв.) // Археолого-этнографический сборник. Грозный, 1966. Т. 2. С. 55-71.
278. Багулалы. Народы России // Энциклопедия. Москва, 1994.
279. Бадер Н.О. Варианты культуры Кавказа конца верхнего палеолита и мезолита // СА. 1965. N 4. С. 3-16.
280. Бакланов Н.Б. Архитектурные сооружения Дагестана // Труды III Международного конгресса по иранскому искусству и археологии. Москва-Ленинград, Изд-во АН СССР. 1939. Т. XII. 304 с.
281. Бакланов Н.Б. Художественная культура Дагестана // Новый Восток. 1924. N 5. С. 257-258.
282. Бакланов Н.Б., Васильев А.А. Изучение памятников искусства // Дагестанский сборник. Махачкала, 1927. Т. III. 233 с.
283. Бараниченко И.Н. Заметки о культовом зодчестве вайнахов // Археология и вопросы этнической истории Северного Кавказа. Грозный, 1979. 108 с.
284. Бараниченко Н.Н. Религиозные верования и обряды как показатель социальной дифференциации средневекового вайнаховского общества // Развитие феодальных отношений у народов Северного Кавказа. Махачкала, 1988.
285. Бардавелидзе В.В. Древнейшие религиозные верования и обрядовое графическое искусство грузинских племен. М.: Восточная литература, 2015. 445 с.
286. Батчаев В.М. Из истории традиционной культуры балкарцев и карачаевцев. Нальчик: Эльбрус, 1986. 152 с.
287. Башкиров А. Резьба по камню и дереву в Дагестане // Художественная культура Советского Востока. Москва-Ленинград: Академия, 1931. С. 105-115.
288. Башкиров А.С. Петрогифика Аварии. Техника обработки камня и металла // Сборник статей. Труды секции археологии Института археологии и искусствознания, РАНИОН (Российской ассоциации научных институтов общественных наук). Москва, 1930. Т. 5. С. 126-133.
289. Башкиров А.С. Средневековый памятник дагестанского аула Кала-Корейш // Труды Отделения археологии Института археологии и искусствознания, Российская ассоциация научно-исследовательских институтов общественных наук. Москва, 1926. Т. 1. С. 54-63.
290. Бернштейн Э.Б. Народная архитектура балкарского жилища // О происхождении балкарцев и карачаевцев. Нальчик, 1960.
291. Бессонов С.В. Башни и крепости Южной Осетии // Архитектура СССР. 1934. N 3.
292. Бобров Л.А. О генезисе оленных камней, проблемы скифо-сарматской археологии Северного-Причерноморья, тез. докл. обл. конф., посвященной 90-летию со дня рождения проф. Б.И. Граклове, Запорожье, 1989.
293. Бобровников В.О. Реконструкция этнической истории багулал по данным микропонимки // Дагестанский лингвистический сборник. Москва, 1996. Вып. 3. С. 6-14.
294. Бобровников В.О., Дмитриев В.А., Карпов Ю.Ю. Деревянная утварь аваро-андо-цеских народов Дагестана: поставцы, сосуды, мерки. Кунсткамера, Санкт-Петербург, 2006. С. 1-47.
295. Бобровников В.О., Сефербеков Р.И. Абу Муслим у мусульман Восточного Кавказа (к истории и этнографии культа святых) // Подвижники ислама. Москва, 2003.
296. Булатов А.О. Пережитки домонотеистических верований народов Дагестана в XIX – начале XX в. Махачкала, 1990.
297. Булатов Б.Б., Лугув С.А. Духовная культура: народов Дагестана в XVIII-XIX вв. (аварцы, даргинцы, лакцы). Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, 1999. 218 с.
298. Булатов Б.Б., Лугув С.А. Очерки истории духовной культуры горцев центрального Дагестана в XVIII-XIX вв. Махачкала, 2004. Изд. 2-е, доп. 232 с.
299. Бунятов Т.А. Земледелие и скотоводство в Азербайджане в эпоху бронзы. Баку, 1957. 5 с.

300. Вагапов Я.С. Вайнахи и сарматы: Нахский пласт в сарматской ономастике. Грозный: Книга, 1990.
301. Ванев З.В. Средневековая Алания. Сталинир: Госиздат Юго-Осетии, 1959. 101 с.
302. Верещагин Н.К., Бурчак-Абрамович Н.О. Рисунки на скалах Юго-восточного Кабристана. Л.: Изд. В.Г.О., 1948. Т. 80. Вып. 5.
303. Виноградов В.Б. Вайнахо-аланские взаимоотношения в этнической истории горной Ингушетии // Советская этнография. 1979. N 2.
304. Виноградов В.Б. К характеристике кобанского варианта в скифо-сибирском зверном стиле // Скифо-сибирский зверный стиль в искусстве народов Евразии. М.: Наука, 1976.
305. Виноградов В.Б. О скифских походах через Кавказ. В кн.: Сборник статей, Грозный. 1964.
306. Виноградов В.Б. От Терека до Аргуна // Архивно-библиографический указатель. 1972.
307. Виноградов В.Б. Проблема локальных вариантов кобанской культуры на современном этапе исследования (историографический обзор) // Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы. 1976. N 4.
308. Виноградов В.Б. Сарматы Северо-Восточного Кавказа. Грозный, 1973. 220 с.
309. Виноградов В.Б. Центральный и Северо-Восточный Кавказ в скифское время (VII – IV вв. до н.э.) // Вопросы политической истории, эволюции, культуры и этногенеза. Грозный, 1972.
310. Виноградов В.Б., Марковин В.И. Археологические памятники Чечено-Ингушской АССР // Труды ЧИНИИ. Грозный, 1966.
311. Вирсаладзе Е.Б. Грузинский охотничий миф и поэзия. Москва: Наука, 1976. 360 с.
312. Вознесенская Г.А. Результаты металлографического изучения кузнечных изделий из археологических памятников Дагестанской АССР. 1988.
313. Волков В.В. Оленные камни Монголии. М.: Научный мир, 2002. 248 с.
314. Волкова Н.Г. О расселении чеченцев и ингушей в первой половине XIX века // Чечено-Ингушского научно-исследовательского института истории, языка и литературы, Т. VII, Вып. 1, История. Археолого - этнографический сборник, Грозный. 1966.
315. Волкова Н.Г. Переселение с гор на равнину на Северном Кавказе XVIII – XX вв. // Советская этнография. 1971. N 2.
316. Волкова Н.Г. Этнический состав населения Северного Кавказа в XVII – начале XIX века. Москва, 1974.
317. Габиев Д.С. О художественных особенностях ворсовых ковров Дагестана, XIX – нач. XX в., КЭС. 1972.
318. Глаголева З.Д. Охота в верованиях и обычаях осетин и сванов // Известия ЮОНИИ Академии наук Грузинской ССР, вып. XXXI, Цхинвали. 1987. С. 49-57.
319. Гаджиев Г.А. Амулеты и талисманы – народов Дагестана. Махачкала, 1996.
320. Гаджиев Г.А. Багулалы. XIX – нач. XX в. Историко-этнографическое исследование, РФ. ИИАЭ, Ленинград, 1991.
321. Гаджиев Г.А. Веравания и обряды: доисламский период. Махачкала, 1993.
322. Гаджиев Г.А. Доисламские верования и обряды народов нагорного Дагестана. М.: Наука, 1991.
323. Гаджиев Г.А. Доисламские религиозные верования у народов нагорного Дагестана в XIX – нач. XX в. (Аварцы). РФ ИИАЭ, Ф.3, Оп. 3, Д. 525. 1982.
324. Гаджиев Г.А. Домонотеистические верования и обряды народов Дагестана: рудименты язычества в традиционной духовной культуре дагестанцев. РФ ИИАЭ, Ф.3, Оп. 3, Д.726. 1991.
325. Гаджиев Г.А. Духовная культура народов Южного Дагестана (XVIII – нач. XX в.). РФ ИИАЭ, Ф.3, Оп.3, Д.751, 773. 1992-1995.
326. Гаджиев Г.А. Чамалалы. XIX – нач. XX в.: Историко-этнографическое исследование. РФ ИИАЭ, Ленинград, 1988. С. 176-177.
327. Гаджиев Г.А. Религиозные верования и обряды народов Дагестана, 1977-1985 гг., РФ ИИАЭ. Ф.5 Оп.1. Д. 104, 176, 185, 201, 293, 294, 313, 327.
328. Гаджиев М.Г. Бронзовый зооморфный сосуд из Шаракунского клада // Памятники древнего искусства Дагестана. Махачкала, 1990.
329. Гаджиев М.Г. Дагестан и Юго-Восточная Чечня в эпоху средней бронзы // В кн. Древности Дагестана. Махачкала, 1974.
330. Гаджиев М.Г. Древнее земледелие и скотоводство горного Дагестана // В кн. Формы перехода от присваивающего хозяйства к производящему и особенности развития общественного строя (тезисы докладов). Москва, 1974.
331. Гаджиев М.Г. Древнее земледелие и скотоводство горного Дагестана // В кн. Северный Кавказ в древности и средневековье. Москва, 1980.
332. Гаджиев М.Г. Из истории культуры Дагестана в эпоху бронзы, Махачкала. 1969. С. 12-118.
333. Гаджиев М.Г. К изучению искусства ранних земледельцев Дагестана // Памятники древнего искусства Дагестана. Махачкала, 1990.
334. Гаджиев М.Г. Некоторые вопросы этнокультурного развития населения Северо-Восточного Кавказа в V-III тыс. до н. э. // В кн. VIII Крупновские чтения (тезисы докладов). Нальчик, 1978.
335. Гаджиев М.Г. Новые данные о южных связях Дагестана в IV– III тыс. до н. э. КСИА, вып. 108. 1966.
336. Гаджиев М.Г. Раннеземледельческая культура Северо-Восточного Кавказа (эпоха энеолита в ранней бронзе). Москва, 1991.
337. Гаджиев М.Г. Раскопки памятников бронзового века в горном Дагестане. Москва. АО, 1969.
338. Гаджиев М.Г. Северо-Восточный Кавказ на заре бронзового века (Феномен прерванной цивилизации) // Вестник Дагестанского научного центра. Махачкала. 1998. N 1.
339. Гаджиев М.Г. Энеолитическая культура Дагестана // В кн. Пятые Крупновские чтения по археологии Северного Кавказа (тезисы докладов). Махачкала, 1975.
340. Гаджиев М.Г., Абакаров А. М., Маммаев М.М. К истории поселений горного Дагестана. В кн. Материалы сессии, посвященной итогам экспедиционных исследований в Дагестане в 1973-1975 гг., (тезисы). Махачкала. 1976.
341. Гаджиев У.Б., Мацковский В.В. Датировки памятников архитектуры горной Ингушетии методом радиоуглеродного анализа // Кавказ в системе культурных связей Евразии в древности и средневековье. XXX «Крупновские чтения», Материалы Международной научной конференции, Карачаевск, 22-29 апреля 2018 г. С. 429-431.
342. Гаджиева Ф.Г., Сефербеков Р.И. Дал – верховное божество северокавказской этнической общности // Культурная жизнь Юга России. 2011. N 2 (40). С. 57-58.
343. Гаджиханов Я.К., Сефербеков Р.И. Боги охоты у аварцев // Культурная жизнь Юга России. Краснодар. 2010. N 4. С. 83-84.
344. Гамбашидзе Г.Г. Вопросы христианской культуры и исторической географии Аварии в свете результатов Дагестано-грузинской объединенной археологической экспедиции АН ГССР и АН СССР // Материалы IV Международного симпозиума по грузинскому искусству. Тбилиси, 1983.
345. Гамбашидзе Г.Г. Вопросы христианской культуры и исторической географии Аварии в свете результатов Дагестано-грузинской объединенной археологической экспедиции АН ГССР и АН СССР // Материалы IV Международного симпозиума по грузинскому искусству, Тбилиси. 1983.
346. Гамбашидзе Г.Г. Отчет дагестано-грузинской археологической экспедиции 1981 г., РФ ИИАЛ ДНЦ РАН, Ф.3 Оп.3 Д.628
347. Гамбашидзе Г.Л. К вопросу о культурно-исторических связях средневековой Грузии с народами Северного Кавказа. Тбилиси, 1977.
348. Гамзатова П.К. Магомедова Р.М. Деревообработка аварцев в XIX – начале XX в. // Известия ДГПУ. 2013. N 4.
349. Гамрекели В.Н. Торговые связи Восточной Грузии с Северным Кавказом в XVIII веке. Тбилиси, 1968.
350. Гасанов М.Р. Исторические связи Дагестана и Грузии. Махачкала, 1991.

351. Геюшев Р.Б. Христианство в Кавказской Албании. Баку, 1984. С. 88-90.
352. Гинеев А.М., Абдурахманов М.Г., Спасская Т.Х., Батхивев А.М., Дубень А. В., Кудактин А.Н., Немцев А.С., Жулидов А.В., Курятников Н.Н., Липкович А.Д. К современной численности и распространению некоторых редких и исчезающих млекопитающих Северного Кавказа // Ресурсы живот. мира Сев. Кавказа, Тез. докл. науч.-практ. конф., 19-22 апр. 1988, Ставрополь. С. 42-49.
353. Гмыря Л.Б. Языческие культы у гуннов Северо-Восточного Кавказа // Обряды и культы древнего и средневекового населения Дагестана. Махачкала, 1986. С. 98-101.
354. Голубкина Т.И. О зооморфной керамике из Мингедама // Материальная культура Азербайджана. 1951.
355. Гольдштейн А. Башни в горах. Москва, 1977.
356. Гольдштейн А.Ф. Намогильные стелы Дагестана // Дагестанское искусствознание. Сб. статей. Махачкала: Издание ИИЯЛ ДагФАН СССР, 1976.
357. Гольдштейн А.Ф. О стиле архитектурного орнамента Дагестана // Сообщения ГМИНВ. Вып. VI. М., 1972, С. 26-32.
358. Гольдштейн А.Ф. О характере художественной культуры Дагестана по материалам архитектурного орнамента // Тезисы докладов II Всесоюзной конференции по проблемам искусства народов СССР с древнейших времен. М.: Советский Художник, 1979.
359. Гольдштейн А.Ф. Средневековое зодчество Чечено-Ингушетии и Северной Осетии. Москва, 1975.
360. Граков Б.Н. Старейшие находки железных вещей в Европейской части СССР // Советская антропология. 1958. N 4.
361. Гулиа Д.И. Божество охоты и охотничий язык у абхазов (к этнографии Абхазии). Сухуми, 1926.
362. Гулиев Г.А. Система народной метрологии в земледельческой культуре Азербайджана в XIX-XX вв. // Азербайджанский этнографический сборник. Баку, 1977.
363. Гусейнов К.М. Ковровый промысел аварцев (конец XIX – начало XX в.). Махачкала, 2006.
364. Давудов О.М. К вопросу о материальной культуре и производстве древнего Дагестана (X-IV вв. до н.э.). Махачкала, 1968. С. 25-34.
365. Давудов О.М. К вопросу о материальной культуре и производстве древнего Дагестана. Махачкала, 1968.
366. Давудов О.М. Культуры Дагестана эпохи раннего железа. Махачкала, 1974.
367. Давудов О.М. Материальная культура Дагестана албанского времени (Ш в. до н.э. – IV в. н.э.). Махачкала, 1996.
368. Давудов О.М. Некоторые культовые места горного Дагестана // В кн. Давудов О.М. (сост.) Горы и равнины Северо-Восточного Кавказа в древности и средние века, сборник трудов. Махачкала, Дагестанская научный центр АН СССР, Институт истории, языка и литературы им. Г. Цадасы, 1991.
369. Давудов О.М. Святилище у высокогорного селения Хосрех // Древние и средневековые поселения Дагестана (Сборник статей). Махачкала: Дагестанский филиал АН СССР, Институт истории, языка и литературы им. Г. Цадасы, Типография Дагестанского филиала АН СССР, 1983. С. 43-56.
370. Давудов О.М., Гаджиев Ю.М. Раскопки Мугерганского могильника // АО – 1974, Москва, 1975.
371. Далгат Б.К. Первобытная религия чеченцев // Терский сборник: Приложение к Терскому календарю на 1894 г. Владикавказ, 1893. Вып. 3. Кн.2. С. 41-182.
372. Далгат Б.К. Первобытная религия чеченцев и ингушей. Москва, 2004.
373. Данилина К.Г. Дидои (цеца): Этнографический очерк. Ленинград, 1926.
374. Даутова Р.А. Изготовление деревянной посуды вайнахами в эпоху позднего средневековья (по материалам Малхисты и Майсты) // Хозяйство и хозяйственный быт народов Чечено-Ингушетии. Грозный, 1983.
375. Дахильгов И.А. (сост.) Мифы и легенды вайнаков. Грозный, 1991.
376. Дебиров П.М. Истоки дагестанского типа орнамента ленточного стиля ("плетенки") // Художественная культура средневекового Дагестана. Махачкала, 1987.
377. Дебиров П.М. История орнамента Дагестана: Возникновение и развитие основных мотивов. Москва: Наука, 2001.
378. Дебиров П.М. К вопросу об истоках некоторых мотивов растительного орнамента в средневековом монументально-декоративном искусстве Дагестана. Махачкала: Дагестанское Искусствознание, 1976.
379. Дебиров П.М. О художественных образах в народно-декоративном искусстве аварцев (По материалам петрографии) // Ученые Записки. Институт истории, языка и литературы им. Гамзата Цадасы, Дагестанский филиал, Академия наук СССР, Махачкала, 1959. Т. 6. С. 200-231.
380. Дебиров П.М. Резьба по дереву в Дагестане. Москва, 1982.
381. Дебиров П.М. Резьба по дереву в интерьере дагестанского жилища. Зодчество Дагестана, Махачкала, 1974.
382. Дебиров П.М. Резьба по камню в Дагестане. Москва, 1966.
383. Дебиров П.М. Следы Грузино-Дагестанских контактов в средневековых памятниках монументально-декоративного искусства Дагестана // Доклад на II Международном симпозиуме по Грузинскому искусству. Тбилиси, 1977.
384. Дебиров Р.М. Архитектурная резьба Дагестана. М.: Наука, 1966.
385. Девлет Е.Г., Девлет М.А. Мифы в камне. Мир наскального искусства на территории СССР. Москва, 2005.
386. Девлет М.А. Александр Васильевич Ардианов (к 150-летию со дня рождения) // Сибирская ассоциация исследователей первобытного института и Институт археологии, Российской академия наук, Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004.
387. Джафарсаде И.М. Гобустан. Наскальные изображения. Баку, 1973.
388. Джафарсаде И.М. Наскальные изображения кобыстана // Труды ИИ АН СССР, Т. XIII, Баку, 1958. С. 20-74.
389. Джуртубаев М.Ч. Древние верования балкарцев и карачаевцев: краткий очерк. Нальчик, 1991.
390. Дзарахова З.М.-Т. Охота как древняя отрасль хозяйственной деятельности ингушей. Ингуши в трудах Башира Далгата. Назрань, 2011.
391. Динник К.Я. Общий очерк фауны Кавказа. Ставрополь: Типография Губернского Правления, 1910.
392. Динник Н.Я. Звери Кавказа. Китообразные и копытные // Зап. Кавказ. отд. Рус. геогр. о-ва, Т. 27, вып. 1. Ч. 1. Тифлис. 1910.
393. Дирр А.М. Божества охоты и охотничий язык у Кавказцев // Труды XII-го Съезда русских естествоиспытателей и врачей в гор. Тифлисе 16-24 июня 1913 года, под. ред. Съезда Н.Ф. Рудолфа и секретаря Съезда А.Ф. Лайстера Труды по различным секциям, специально касающиеся Кавказа, 1916. С. 1-16.
394. Дирр А.М. Материалы для изучения языков и наречий андо-дидойской группы. Тифлис: Тип. Канц. наместника е. и. вел. на Кавказе, 1909.
395. Долгах В.О. Принесение в жертвы оленей иганасан и энцев // Краткие Сообщения Института Этнографии АН СССР. 1960. N 33. С. 74-80.
396. Дударев С.Л. Очерк древней культуры Чечено-Ингушетии (конец II – 1 половина I тысячелетия до н.э.). Грозный, 1991.
397. Евразия в скифскую эпоху. Радиоуглеродная и археологическая хронология (под редакцией Г.И.Зайцевой, Н.А.Боковенко, А.Ю.Алексеева, К.В.Чугунова, Е.М.Скотт), СПб, 2005.
398. Жилин М. Г. Преемственность и трансформации в развитии костяной индустрии бутовской культуры М.: ИА РАН, 2013. 299 с.
399. Жилин М.Г. Костяная индустрия мезолита лесной зоны Восточной Европы, УРСС, Москва. 2001.
400. Жилин М.Г. Костяные наконечники стрел в позднем мезолите Верхнего Поволжья. 2011.
401. Жилин М.Г. Мезолитические торфяниковые памятники тверского Поволжья: культурное своеобразие и адаптация населения. М.: Лира, 2006.
402. Жилин М.Г. Многослойное мезолитическое поселение Сахтыш 14 (по раскопкам 1999-2001 гг.). ТАС, 2006. Вып. 6. С. 197-202.

403. Жилин М.Г. Памятники мезолита и раннего неолита западной части Дубненского торфяника // Древности Залесского края: материалы к междунар. конф. «Каменный век европейских равнин: объекты из органических материалов и структура поселений как отражение человеческой культуры», 1-5 июля 1997, Сергиев Посад, Ред. Т. Н. Манушина и др. Сергиев Посад: Сергиево-Посад. гос. ист.-худож. музей-заповедник. С. 164-196.
404. Жилин М.Г. Природная среда и хозяйство мезолитического населения центра и северо-запада лесной зоны Восточной Европы. М.: Academia, 2004.
405. Жилин М.Г., Костылева Е.Л., Уткин А.В., Энговатова А.В., Мезолитические и неолитические культуры Верхнего Поволжья (по материалам стоянки Ивановское VII), М.: Наука, 2002.
406. Жилин М.Г., Лозовский В.М. Изделия из кости и рога мезолитических слоев стоянки Замостье 2, Человек, адаптация, культура, ИА РАН, Москва, 2008. С. 200-222.
407. Закарьяев А.А. Албания, письменность, Дагестан // Советский Дагестан. 1978. N 4. С. 57-60.
408. Золотов К.Н. Роль охоты и животноводства в хозяйственной жизни населения Дагестана в древности // Материалы по археологии Дагестана. Махачкала, 1961. Т. II.
409. Зухба С. Народное поэтическое творчество // Абхазы. Москва, 2007.
410. Зухба С.Л. Мифология абхазо-адыгских народов. Майкоп, 2007.
411. Иваненков Н.С. Горные чеченцы // Культурно-экономическое исследование Чеченского района, Нагорной полосы Терской области. Терский сборник. Владикавказ, 1910. N 7.
412. Иванов М.А. В горах между рр. Аргунем и Фортангой // Известия Кавказского отдела Русского географического общества. 1904. Т. 17.
413. Иванов М.А. Верховья р. Гехи, Известия Кавказского отдела Русского географического общества, XV, Тбилиси. 1905.
414. Иессен А.А. Северо-Кавказские сосуды с изображением оленя // Сообщ. ГАИМК. 1930. N 2. С. 17-18.
415. Иессен А.А. Хронология кавказских культур эпохи энеолита и бронзы // В кн. Тезисы докладов на пленуме ИИМК, посвященном итогам археологических исследований 1957 г., Москва. 1958.
416. Ильинская В.А. Некоторые мотивы раннескифского звериного стиля // Советская археология. 1965. N 1. С. 86-107.
417. Ильясов Л.М. К проблеме хронологии петроглифов Чечни // Исторический бюллетень. 2021. Т. 4. N 1. С. 157-161.
418. Ильясов Л.М. Петроглифы Чечни. М., 2014.
419. Ильясов Л.М. Тени вечности. Чеченцы: архитектура, история, духовные традиции. Москва, 2004.
420. Ильясов Л.М. Материальная культура чеченцев (Древнейший период – позднее средневековье). Москва, 2008. С. 230-259.
421. Исаев С.Х., Ахмаров А.У., Дачаев И.С.-Х. Датировка памятников археологии и архитектуры горной Чечни методом радиоуглеродного анализа // Вестник Академии Наук Чеченской Республики. 2019. N 4 (47). С. 67-71.
422. Исаков М. Археологические памятники Дагестана. Махачкала, 1966.
423. Ихтилов М.М. (ред.) Материальная культура аварцев, Институт истории, языка и литературы им Г. Цадасы, Дагестанский филиал, АН СССР, Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1968. С. 204-210.
424. Каждап А.П. К истории византийско-кавказских связей на рубеже XI и XII веков // Историко-филологический журнал. Ереван. 1967. N 11 (36).
425. Канивец В.И. Дагестанская археологическая экспедиция в 1956 г. // УЗ ИИЯЛ, Т. III, Махачкала. 1957.
426. Канивец В.И., Марковин В.И. Новые Наскальные изображения в долине реки Сулак, Древние памятники северо-восточного Кавказа // Материалы по археологии. Т. VI, Институт истории, Языка и Литературы им Г. Цадасы, Махачкала, 1977. С. 58-78.
427. Караева А.И. О фольклорном наследии карачаево-балкарского народа. Черкесск, 1961.
428. Каракетов М.Д. Традиционные верования, Карачаевцы, Балкарцы. Москва, 2014.
429. Карачаево-балкарский фольклор в дореволюционных записях и публикациях / сост., предисл. и коммент. А. И. Алиевой. Нальчик: Эльбурс, 1983.
430. Карпов Ю.Ю. «Рогатые» деревянные сосуды Западного Дагестана. Кунсткамера: Этнограф. тетради, Вып. 12. 1998.
431. Карпов Ю.Ю. Архаическая символика на надмогильных памятниках Дагестана // Краткое содержание докладов среднеазиатско-кавказских чтений, апрель, 1986 г., Ленинград, 1987.
432. Карпов Ю.Ю. Джигит и волк: Мужские союзы в социокультурной традиции горцев Кавказа, СПб., 1996.
433. Кобычев В.П. Летопись гор – Новое в этнографических и антропологических исследованиях. Итоги полевых работ Института этнографии в 1972 г., Москва, 1974.
434. Кобычев В.П. Расселение чеченцев и ингушей в свете этногенетических преданий и памятников материальной культуры. Этническая история и фольклор. Москва, 1977.
435. Ковалев А.А., Эрдэнэбаатар Д. Две традиции использования оленных камней Монголии, Каменная скульптура и мелкая пластика древних и средневековых народов Евразии (Труды САИПИ. Вып. 3). Барнаул: Азбука, 2007. С. 99-105.
436. Ковалев А.А., Рукавишников И.В., Эрдэнэбаатар Д. Институт археологии РАН, Москва, Россия; Монгольский государственный университет, Улаанбаатар, Монголия, Оленные камни – это памятники-кенофафы (по материалам новейших исследований в Монголии и Туве). 2014. С. 41-54.
437. Ковалевская В.Б. Кавказ – скифы, сарматы, аланы. Москва, 2005.
438. Козенкова В.И. Кобанская культура на территории Чечено-Ингушетии: Автореф. канд. дис., Москва, 1969.
439. Козенкова В.И. Кобанская культура. Восточный вариант, Москва, 1978.
440. Козенкова В.И. Кобанская культура. Западный вариант. Москва, 1989.
441. Козенкова В.И. Культурно-исторические процессы на Северном Кавказе в эпоху поздней бронзы и в раннем железном веке (Узловые проблемы происхождения и развития кобанской культуры). Москва, 1996.
442. Кокеев Г. Склеповые сооружения горной Осетии. Владикавказ, 1928.
443. Котов В.А. Кубанский тур, его экология и хозяйственное значение // Тр. Кавказск. Запов., вып. 10. Москва, 1968. С. 201-293.
444. Котович В.М. Археологические работы в горном Дагестане // Материалы по археологии Дагестана, Т. II, Институт истории, языка и литературы им. Гамзата Цадасы, Дагестанский филиал, Академии наук СССР. Махачкала, 1961. С. 5-26.
445. Котович В.М. Древнейшие писаницы горного Дагестана. М.: Наука, 1976.
446. Котович В.М. Древности Дагестана. Махачкала, 1974.
447. Котович В.М. Зооморфные образы древнеземледельческого культа плодородия в горном Дагестане // Обряды и культы древнего и средневекового населения Дагестана. Махачкала, 1986.
448. Котович В.М. Изобразительные и фольклорные версии некоторых древнейших мифологических сюжетов народов Дагестана // В кн.: VIII Крупновские чтения (тезисы докладов). Нальчик, 1978.
449. Котович В.М. Искусство и религиозные представления раннеземледельческих племен горного Дагестана // В кн.: Формы перехода от присваивающего хозяйства к производящему и особенности развития общественного строя. Москва, 1974.
450. Котович В.М. К вопросу о древнем земледелии и скотоводстве в горном Дагестане // УЗ ИИЯЛ. Т. IX. Махачкала, 1961.

451. Котович В.М. К определению исторического места каякентско-хорочоевской культуры // В кн. Памятники эпохи бронзы и раннего железа в Дагестане. Махачкала, 1978.
452. Котович В.М. Новые наскальные изображения горного Дагестана // АО – 1968, Москва, 1969.
453. Котович В.М. О времени и путях широкого распространения железа на Северном Кавказе // Изв. СКНЦВШ, обществ. науки. Ростовна-Дону, 1978. N 3.
454. Котович В.М. О некоторых верованиях раннеземледельческого населения Дагестана // Древние и средневековые археологические памятники Дагестана. Махачкала, 1980. С. 28, 32-33.
455. Котович В.М. О некоторых особенностях расселения и социального устройства населения Дагестана в албанский и раннесредневековый периоды // В кн.: Материалы сессии, посвященной итогам экспедиционных исследований в Дагестане в 1973-1975 гг. (тезисы). Махачкала, 1976.
456. Котович В.М. Об историческом месте каякентско-хорочоевской культуры // В кн.: Тезисы докладов, посвященных итогам полевых археологических исследований в 1970 г. в СССР, Археологические секции (дополнит. вып.). Тбилиси, 1971.
457. Котович В.М. Образ богини-матери в древних писаницах горного Дагестана и некоторые параллели ему в мифологии и фольклоре // В кн. Фольклор и историческая действительность. Тезисы докладов. Махачкала, 1976.
458. Котович В.М. Образ божества плодородия в искусстве раннеземледельческих племен Дагестана // В кн. Пятое Крупновские чтения по археологии Северного Кавказа (тезисы докладов). Махачкала, 1975.
459. Котович В.М. Образ всадника в древних писаницах горного Дагестана // В кн.: Археология Северного Кавказа: VI Крупновские чтения в Краснодаре. Москва. 1976.
460. Котович В.М. Опыт классификации древних писаниц Горного Дагестана. В кн.: Древности Дагестана. Махачкала, 1974. С. 32-41.
461. Котович В.М. Основные этапы социально-экономического развития раннеземледельческого населения Дагестана // В кн.: Формы перехода от присваивающего хозяйства к производящему и особенности развития общественного строя. Москва, 1974.
462. Котович В.М. Пантеон антропо- и зооморфных образов в идеологических представлениях древних земледельцев горного Дагестана, РФ Институт истории, археологии и этнографии. Ф. 3, Оп. 3, Д. 469, л.38, Ленинград, 1977.
463. Котович В.М. Первые итоги изучения древних рисованных наскальных изображений в горном Дагестане // II Тезисы докладов, посвященные итогам полевых археологических исследований в 1970 г. в СССР (Археологическая секция). Тбилиси, 1971.
464. Котович В.М. Результаты поисков древних наскальных изображений в Дахадаевском районе Дагестана // Материалы сессии, посвященной итогам экспедиционных исследований в Дагестане в 1976-1977 гг. (Тезисы докладов). Махачкала, 1978.
465. Котович В.М. Следы тотемических верований в древних изобразительных памятниках Дагестана // II Мифология народов Дагестана. Махачкала, 1984. С. 12-20.
466. Котович В.М., Марковин В.И., Хехнева Т.Д. Древние и современные ареалы диких копытных на территории Дагестана // Материалы по археологии Дагестана. Махачкала, 1973. Т. 3.
467. Котович В.М., Мунчаев Р.М., Путинцева Н.Д. Некоторые данные о средневековых памятниках горного Дагестана // Материалы по археологии Дагестана. Махачкала, 1961.
468. Кривичий В.В. Религиозные представления населения Северного Кавказа в эпоху поздней бронзы и раннего железа по памятникам прикладного искусства. СПб., 2012.
469. Криштопа А.Е. Дагестан в XIII – начале XV в. Москва, 2007.
470. Круглов А.П. Северо-Восточный Кавказ во II-I тысячелетии до н. э. (тезисы канд. дис.), КСИИМК, Т. XIII, Москва, 1946.
471. Круглов А.П. Северо-Восточный Кавказ во II-I тысячелетиях до н. э. МИА, N 68, Москва-Ленинград, 1958.
472. Крупнов Е.И. Грузинский храм “Тхаба-Ерды” на Северном Кавказе, КС ИИМК, Вып. XV, 1947.
473. Крупнов Е.И. К вопросу о хронологии кобанской культуры, УЗ КНИИ, Т. I., Нальчик, 1946.
474. Крупнов Е.И. О походах скифов через Кавказ. В кн. Вопросы скифо-сарматской археологии, Москва, 1954.
475. Крупнов Е.И. О происхождении и датировке кобанской культуры // СА. 1957. N 1.
476. Крупнов Е.И. Об уточненной датировке и периодизации кобанской культуры // СА. 1969. N 1.
477. Крупнов Е.И. Средневековая Ингушетия. М.: Наука, 1971. 208 с.
478. Кузнецов В.А. Алалия в X-XIII вв. Орджоникидзе, 1971.
479. Кузнецов В.А. Зодчество феодальной Алалии. Орджоникидзе, 1977.
480. Кузнецов В.А. Петроглифы из окрестностей карачаевска // Вестник Владикавказского научного центра. 2005. Т. 5. N 3. С. 17-21.
481. Кузнецова В.А. Реком, Нузал и Царзонта. Владикавказ, 1970.
482. Кулаковский Ю.А. Христианство у алан // Византийский временник. СПб, 1898. Т. 5.
483. Кунбутаев Р.М. К истории изучения первобытного искусства в Дагестане // Вестник ДГИНХ. Сборник научных трудов. Вып. XIII, Махачкала, 2008. С. 132-148.
484. Лавров Л.И. Доисламские верования адыгейцев и кабардинцев // Исследования и материалы по вопросам первобытных религиозных верований. Москва, 1959.
485. Лавров Л.И., Археологические разведки в верховьях Самура // Материалы по археологии Дагестана. Махачкала, 1959. Т. I. С. 175-181.
486. Лаврова Л.Л., Козенкова В.И. Восточный вариант кобанской культуры в свете последних археологических исследований // В кн. Памятники эпохи бронзы и раннего железа в Дагестане. Махачкала, 1978.
487. Ложкин М.Н. Каменная алтарная преграда храма N1 Ильичевского городища XII- XIII вв. в Отрадненском районе Краснодарского края // II Международный симпозиум по грузинскому искусству. Тбилиси, 1977.
488. Лугуев С.А. Ахвахцы. XIX – начало XX в.: Историко-этнографическое исследование. Махачкала. 2008. 385 с.
489. Лугуев С.А. Ахвахцы. XIX нач. XX в.: Историко-этнографическое исследование. 1985, РФ ИИАЭ, Махачкала. Ф.3, Оп. 3, Д. 618.
490. Лугуев С.А. Дидойцы (цезы): Историко-этнографическое исследование (XIX- нач; XX в.), РФ ИИАЭ, Ф. 3, Оп. 3, Д. 671. 1987.
491. Лугуев С.А. Каратинцы. XIX нач. XX в.: Историко-этнографическое исследование, РФ ИИАЭ, Ф.3. Оп.3, Д.733. 1991.
492. Лугуев С.А., Магомедов Д.М. Бежтинцы. XIX – начало XX в.: Историко-этнографическое исследование. Махачкала. 1994.
493. Лугуев С.А., Магомедов Д.М. Дидойцы (цезы), XIX – начало XX в.: Историко-этнографическое исследование. Махачкала. 2000. 103 с.
494. Лунин Б. Фрагмент архаической керамики с Кизитиринского городища, орнаментированной свастическими узорами // Записки Северо-Кавказск. краевого общества археологии, истории и этнографии. Кн. I (Том III), вып. I, Ростов-на-Дону, 1927. С. 23-26.
495. Магомадов В.И. О космогонических мотивах в средневековых петроглифах чеченцев и ингушей // Тезисы докладов IV крупновских чтений по археологии Кавказа. Орджоникидзе, 1974.
496. Магомадов И.Д. Материалы по изучению историко-культурного наследия Северного Кавказа. Вып. VIII, Крупновские чтения, 1971-2008, 2001. С. 79, 95, 135.
497. Магомедов Д.М. К вопросу о проникновении христианства в горный Дагестан // Материалы сессии, посвященной итогам экспедиционных исследований в Дагестане. тез. докладов, Махачкала, 1978. С. 35-36.
498. Магомедов Дж. Краткий исторический очерк о цезах. Махачкала, 1994.

- 499.Магомедов М.Г. Раннесредневековые церкви Верхнего Чирюрта // Советская археология. 1979. N 3.
- 500.Магомедов М.Р.-Д., Ахмедов Э.А., Яровенко Ю.А., Насрулаев Н.И. Безоаровый козел в Дагестане: популяционная организация и особенности экологии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014.
- 501.Магомедов М.Р.-Д., Ахмедов Э.Г., Яровенко Ю.А. Дагестанский тур (популяционные и трофические аспекты экологии). М.: Наука, 2001.
- 502.Магомедов Р.Г. Гинчинская Культура: Горы Дагестана и Чечни в эпоху средней бронзы. Махачкала: Издательство ДНЦ РАН, 1998.
- 503.Магомедов А.Х. Культура и быт осетинского народа. Орджоникидзе, 1968.
- 504.Мадаева З.А. Вайнахская мифология // Этнографическое обозрение. 1992. N 3.
- 505.Малкондуев Х.Х. Древняя песенная культура балкарцев и карачаевцев. Нальчик, 1990.
- 506.Малкондуев Х.Х. Обрядово-мифологическая поэзия балкарцев и карачаевцев. Нальчик, 1996.
- 507.Малкондуев Х.Х. Охотничий миф и поэзия балкарцев и карачаевцев (Заметки) // Актуальные вопросы кабардино-балкарской фольклористики и литературоведения. Нальчик, 1986.
- 508.Маммаев М.М. О некоторых мифологических и фольклорных образах в средневековом декоративно-прикладном искусстве Дагестана // Мифология и верования народов Дагестана. Махачкала, 1988.
509. Маммаев М.М. О христианских символах и сюжетах в средневековом декоративно-прикладном искусстве Дагестана. Дагестанское искусствознание. Махачкала, 1976.
- 510.Маммаев М.М., Миркиев Г.М. Изучение памятников камнерезного искусства и арабской эпиграфики XIII–XX вв. // Вестник ИАЭ. 2009. N 4. С. 120-147.
- 511.Марковин В.И. (ред.) Археология, Эпоха Бронзы Кавказа и Средней Азии: Ранняя и средняя бронза Кавказа. М.: Наука, 1994. С. 287-333.
- 512.Марковин В.И. Археологические памятники в районе сел. Капчугай, Дагестанской АССР // Советская археология. 1954. Т. XX. С. 324-342.
- 513.Марковин В.И. Археологические разведки в восточных районах Чечни // КСИА. 1963. Вып. 93.
- 514.Марковин В.И. В стране вайнахов. Москва, 1969.
- 515.Марковин В.И. В ущельях Аргуна и Фортанги. Москва, 1965.
- 516.Марковин В.И. Дагестан и горная Чечня в древности (Каякентско-Хороховская Культура) // МИА. 1969. N 122.
- 517.Марковин В.И. Дагестанские резные степы // Сообщения Государственного Музея искусств народов Востока. Т. V. Москва, 1972. С. 23-24.
- 518.Марковин М.И. Дольмены западного Кавказа // Археология. Эпоха бронзы Кавказа и Средней Азии: Ранняя и средняя бронза Кавказа. М.: Наука, 1994. С. 220-353.
- 519.Марковин В.И. Древние изображения на скалах в районе г. Буйнакска // МАД. Махачкала, 1961. Т. II. 124 с.
- 520.Марковин В.И. Заметки об Ингушской архитектуре // КСИА. Москва, 1982. Вып. 172.
- 521.Марковин В.И. К вопросу о язычестве и христианстве в верованиях горцев Кавказа // Вестник КБНИИ. Нальчик, 1972. Вып. 6.
- 522.Марковин В.И. К методике изучения смыслового содержания средневековых петроглифов Северного Кавказа // В кн. Методика исследования и интерпретация археологических материалов Северного Кавказа. Орджоникидзе, 1988. С. 102-123.
- 523.Марковин В.И. Каменная летопись страны вайнахов. Памятники архитектуры и искусства Чечни и Ингушетии. М.: Русская Книга, 1994.
- 524.Марковин В.И. Каякентско-Харачоевская культура // Археология. Эпоха Бронзы Кавказа и Средней Азии: Ранняя и средняя бронза Кавказа. М.: Наука, 1994. С. 334-355.
- 525.Марковин В.И. Культурная пластика Кавказа // В кн.: Новое в археологии Северного Кавказа. Москва, 1986.
- 526.Марковин В.И. Культура племен Северного Кавказа в эпоху бронзы (II тыс. до н.э.) // МИА. Москва. 1960, N 93.
- 527.Марковин В.И. Методике установления хронологии наскальных изображений по геологическим данным // Проблемы археологии Урала и Сибири. Москва, 1973.
- 528.Марковин В.И. Наскальные изображения в предгорьях Северо-Восточного Дагестана // Советская Археология. М.: Академия Наук, 1958. N 1. С. 147-162.
- 529.Марковин В.И. Наскальные изображения в Дагестане // Известия Всесоюзного географического общества. 1953. Т. 85. Вып. 2. С. 209-212.
- 530.Марковин В.И. Наскальные изображения предгорий Дагестана. М.: Наука, 2006.
- 531.Марковин В.И. Наскальные изображения Северного Кавказа и некоторые проблемы в их изучения (очерки) // Памятники археологи и древнего искусства Евразии. М.: Наука, 1992.
- 532.Марковин В.И. Новые материалы по археологии Северной Осетии и Чечено-Ингушетии // КСИА. 1964. Вып. 98.
- 533.Марковин В.И. О возникновении склеповых построек на Северном Кавказе // Вопросы древней и средневековой археологии Восточной Европы. Москва, 1978.
- 534.Марковин В.И. О космологических мотивах в средневековых петроглифах Чеченцев Ингушей // Тезисы докладов IV Крупновских чтений по археологии Кавказа. Орджоникидзе, 1974.
- 535.Марковин В.И. О происхождения Северокавказской культуры // Советская археология. 1959. N 1.
- 536.Марковин В.И. О Христианизации горцев и северо-восточного Кавказа и храме Датун в Дагестане // Художественная культура средневекового Дагестана. Махачкала, 1987.
- 537.Марковин В.И. О хронологических группах наскальных изображений в Северной части Дагестана // Проблемы изучения наскальных изображений в СССР. Институт археологии СССР. Москва, 1990. С. 64-90.
538. Марковин В.И. Памятники зодчества в горной Чечне (по материалам исследований 1957-1965 гг.) // В кн.: Северный Кавказ в древности и средние века. Москва, 1980.
- 539.Марковин В.И. Памятники искусства и культуры древнего Кавказа // Советская этнология. 1970. N 3.
- 540.Марковин В.И. Петроглифы Чечено-Ингушетии // Природа. Москва, 1978. N 2. С. 154-156.
- 541.Марковин В.И. Северокавказская культурно-историческая общность // Археология. Эпоха бронзы Кавказа и Средней Азии. Ранняя и средняя бронза Кавказа. Москва, 1997.
- 542.Марковин В.И. Средневековые наскальные изображения в ауле Кумыш // Вопросы средневековой истории народов Карачаево-Черкессии. Черкесск, 1979.
- 543.Марковин В.И. Средневековые Чеченские и Ингушские петроглифы // Материалы сессии, посвященной итогам археологических и этнографических исследований 1964 года в СССР. Тезисы докладов, ДИАН, Баку, 1965.
- 544.Марковин В.И. Чеченские средневековые памятники в верховьях р. Чанты-Аргуна // Древности Чечено-Ингушетии. Москва, 1963.
- 545.Марковин В.И., Мунчаев Р.М. Археология Чечено-Ингушетии в свете новейших исследований // Краткие сообщения института археологии. Москва, 1965. Вып. 100.
- 546.Марковин В.И., Мунчаев Р.М. Кавказ: Очерки древней и средневековой истории и культуры. Москва, 2003.
- 547.Марковин В.И., Мунчаев Р.М. Неолитическая стоянка близ г. Буйнакска // КСИИМК. Москва. 1957. N 67.
- 548.Марковин М.И. Башенная архитектура и ее декор – неотъемлемый источник изучения культуры Чеченцев и Ингушей // Культура Чечни: История и современные проблемы. Москва, 2006.
- 549.Марр Н.Я. Фрако-армянский Sabaḏios-asvat и сванское божество охоты // Известия Императорской Академии Наук, VI серия. Т. VI, N 13. Санкт-Петербург. 1912.
- 550.Материальная культура аварцев / М.М. Ихтилов (отв. ред.). Махачкала: ИИЯЛ ДагФАН СССР, 1967. 305 с.

551. Махмудова Э.М., Сефербеков Р.И. К вопросу о критериях классификации мифологических персонажей народов Дагестана // VII Конгресс этнографов и антропологов России: Тезисы докладов. Санкт-Петербург, 28 июня-2 июля 2005 г., СПб.
552. Махортых С.В. Скифы на Северном Кавказе. Киев, 1991.
553. Мегрелидзе И.В. Археологические находки в Дидо // Советская Археология. 1961. Т. XVI. С. 281-291.
554. Меликсет-бек Л.М. Рельефы руки на памятниках материальной культуры феодальной Грузии // Материал по этнографии Грузии. Вып. IX, Тбилиси, 1957.
555. Меликшвили Г.А. Очерки истории Грузии. Тбилиси. 1989. Т. 1. 46 с.
556. Мещаников И.И. Закавказские петроглифы. Баку, Общество изучения Азербайджана, 1927. N 4.
557. Мещанинов И.И. Змея и собака на вещевых памятниках археического Кавказа // Записки коллегии востоковедов. Т. I, Ленинград, 1925.
558. Мизиев И.М. Средневековые башни и склепы Балкарии и Карачая. Нальчик, 1970.
559. Миллер А.А. 10 лет работы ГАИМК в Северо-Кавказском крае. ГАИМК (*Государственная академия истории материальной культуры*). 1932. N 9-10.
560. Миллер А.А. Древние формы в материальной культуре современного населения Дагестана // Материалы по этнографии. Т. IV, вып. 1. Ленинград, 1927. С. 15-76.
561. Миллер А.А. Из поездки по Абхазии в 1907 г. // Материалы по этнографии России. Т. 1, Издание этнографического отдела Русского музея Императора Александра III, С. Петербург, 1910. С. 61-80.
562. Миллер А.А. Изображение собак в древностях Кавказа. Изб. Российской академии истории, материальной культуры. 1922, Т. II. 22 с.
563. Миллер А.А. Краткий отчет о работах Северо-Кавказой экспедиции Академии в 1925 // Известия РАИМК. Т. IV. Ленинград, 1925.
564. Миллер В.Ф. Терская область: Археологические экскурсии Всев. Миллера // Материалы по археологии Кавказа собранные экспедициями Императорского московского археологического общества, снаряженными на высочайше дарованные средства. Вып. I, Москва, 1888. С. 2-36.
565. Мириманов В.Б. К классификации палеолитических изображений, от мифа к литературе. Москва, 1993.
566. Михайлова Н.Р. Обрядовый аспект культа оленя по материалам археологических памятников Евразии // В кн. С.Н. Бибикив и первобытная археология. Институт истории материальной культуры. Российская академия наук и Институт археологии, национальная академия наук Украины. Санкт-Петербург, 2019. С. 271-277.
567. Михайлова Н.Р. Этнографические и археологические свидетельства культа оленя у народов Евразии // Археология, этнография и антропология Евразии.
568. Мовчан Г.Я. Из архитектурного наследия аварского народа // Советская Этнография. 1947. N 4. С. 186-208.
569. Мовчан Г.Я. Камень и дерево в старинном жилище Аварии // Советская Этнография. 1969. N 3.
570. Мовчан Г.Я. Композиция и образ в древнейших архитектурных памятниках Аварии // Зодчество Дагестана. Махачкала, 1974.
571. Мовчан Г.Я. Социологическая характеристика старого аварского жилища // Кавказ. этнограф. сб. вып. 5, Москва, 1972.
572. Мовчан Г.Я. Старый Аварский дом (в горах и его судьба) по материалам авторских обследовании 1945-1964. М.: ДМК Пресс, 2001.
573. Молодин В.И., Ефремова Н.С. К вопросу об обрядах охотничьей магии населения горного Алтая в эпоху раннего железа: по материалам святилища Кучерла-и, проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий: Материал в годовой итоговой сессии НАЭ СО РАН. 1997, Т. 3. С. 233-238.
574. Мужухоев М.Б. Из истории язычества вайнахов (пантеон божеств в позднем средневековье) // Советская Этнография. 1985. N 2. С. 99-110.
575. Мужухоев М.Б. Средневековая материальная культура горной Ингушетии (XIII – XVII вв.). Грозный, 1977.
576. Мунчаев Р.М. Древнейшая культура Северо-Восточного Кавказа // МИА. Москва. 1961. N 100.
577. Мунчаев Р.М. К истории археологического изучения Дагестана // Материалы по археологии Дагестана, Т. I, Институт истории, языка и литературы им Гамзата Цадасы, Дагестанский филиал Академии Наук, СССР, 1959. С. 9-20.
578. Мунчаев Р.М. Памятники майкопской культуры в Чечено-Ингушетии // Советская Археология. 1962. N 3.
579. Мурадова Ф.М., Рустамов Д.Н. Петроглифы Гобустана. Баку, 2003.
580. Мусаев Т.А. Семантика культовых изображений в древней и средневековой культуре горного Дагестана : авто-реф. дисс. канд. ист. наук. **Махачкала**, 2004.
581. Мусаев Т.А., Мусаева Н.Ф. Семантика культовых изображений в древней и средневековой культуре горного Дагестана. Махачкала, 2012.
582. Никольская З.А. Из истории аварского жилища // Советская Этнография. 1947. Т. 2. С. 157-162.
583. Никольская З.А. Религиозные представления и земледельческие обряды аварцев (К вопросу о синкретизме религиозных верований аварцев) // Вопросы истории религии и атеизма. Москва, 1959. Вып. 7. С. 314-327.
584. Новгородова Э.А. Оленные камни и некоторые вопросы древней истории Монголии, Олон улсын монголч эрдэмтнийн II их хурал, Боть I, Улаанбаатар, 1973. С. 385-388.
585. Олень-солнце, Мир-идеи, С. 221-229.
586. Омаров Ш.И., Сефербеков Р.И. Демоны народов Дагестана (типологическая классификация) // Лавровские (среднеазиатско-кавказские) чтения 2000-2001 гг.: Краткое содержание докладов. СПб., 2002.
587. Ортабаева Р.А. Карачаево-балкарская охотничья поэзия // Вопросы фольклора народов Карачаево-Черкесии. Черкесск, 1983.
588. Ортабаева Р.А. Карачаево-балкарские народные песни: Традиционное наследие. Черкесск, 1977. 150 с.
589. Откладников А.П. Древнейшие наскальные изображения северной Азии // Советская археология. 1949. N 11. С. 155-170.
590. Откладников А.П. Олений камень с реки Иволги // Советская Археология. 1954. N 19.
591. Откладников А.П. Оленьи золотые рога. Рассказы об охоте за наскальными рисунками. Л.-М.: Искусство, 1964.
592. Откладников А.П. Петроглифы Монголии. Ленинград, 1981.
593. Откладников А.П., Запорожская В.П. Ленские писцы: Наскальные рисунки у деревни Шишкино. М.-Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1959.
594. Откладников А.П., Иванович М.А. Сокровища Томских писаниц. Москва, 1972.
595. Очерк современного положения дидоев (по материалам этнологической реконструкции 1926 г. А.Г. Данилина, К.Г. Данилиной, Л.Э. Каруновской). С. Петербургский филиал Архива РАН, Ф. 135. Оп. 2.
596. Панарина О.А. Символика креста и ее отражение в этнографической науке // Археология и этнография Северного Кавказа. Краснодар, 1998.
597. Перфильева Л.А. Об особенностях употребления средневековых петроглифов на Северном Кавказе // Методика исследования и интерпретация археологических материалов Северного Кавказа. Орджоникидзе, 1988.
598. Пикуль М.И. Эпоха раннего железа в Дагестане. Махачкала, 1967. Рец.: В. Б. Виноградов // Советская археология. 1969. N 2. С. 288-291.
599. Плаева З.К. Небожитель Афсати – первоначальный владелец свирели Ацамаза // V Всероссийские Миллеровские чтения (Материалы научной конференции 20-22 октября 2016 г.): сборник статей. Владикавказ, 2016.
600. Плаева З.К. Охотники божества и обычаи Кавказа: Пареллалы с осетинами. Нартамонгае, Т. XII, N1, СОИГСИ им. В. И. Абаева, ВНЦ РАН, Владикавказ, 2007. С. 189-204.
601. Плакса С.А. Благородный олень. Редкие позвоночные животные заповедника «Дагестанский» // Труды заповедника «Дагестанский». Махачкала, 2013. Вып. 6. С. 313-322.

- 602.Полтавцева-Артамонова О.А. Культура Северо-Восточного Кавказа в скифский период // Советская Археология. Т. IV. Москва, 1950.
- 603.Прилуцкая Л.И., Пишванов Ю.В. Современная численность и размещение охотничье-промысловых животных Дагестана // Ресурсы животного мира Северного Кавказа. Тезисы докладов, Ставрополь, 1988.
- 604.Прозрителев Г.Н. Древние христианские памятники Северного Кавказа. Ставрополь, 1906. С. 12-14.
- 605.Рамазанова З.Б. Охота у народов дагестана в XIX – начале XX в. // Acta Historica : Труды по истории, археологии, этнографии и общественному знанию. 2019. Т. 6. N 2. С. 26-44.
- 606.Ройнов А. Памятники древнего христианства в Дагестане. Рукописный фонд Института рукописей им. К.С. Кекелидзе АН Грузии. ROS. Т. 33.
- 607.Рустамов Д. Новые наскальные изображения в Гобустане // Тезисы докладов, посвященных итогам полевых археологических исследований в 1970 г. СССР, Тбилиси, 1971. С. 125-126.
- 608.Рыбаков Б.А. Космогония и мифология земледельцев энеолита // Советская археология. 1965. N 2. С. 13-27.
- 609.Савинов Д.Г. Оленные камни в культуре кочевников Евразии. СПб.: изд-во СПб ун-та, 1994.
- 610.Сагитова М.Д. Культурные памятники средневекового Аркаса // XV Крупновские чтения по археологии Северного Кавказа. Махачкала, 1988. 84 с.
- 611.Салтыков А. Видение св. Евстафия Плакиды, рельефные иконы из Цебелды. Искусство христианского мира. Москва, 1996.
- 612.Семенов Л.П. К вопросу о культурных связях Грузии и народов Северного Кавказа // Материалы и исследования по археологии СССР. 1951. N 23.
- 613.Сефербеков Р.И. Амулеты и талисманы табасаранцев // Вестник Дагестанского научного центра. Махачкала. 1998. N 2. С. 117-122.
- 614.Сефербеков Р.И. Боги и демоны народов Дагестана (типологическая классификация) // Вестник Дагестанского научного центра. Махачкала, 1999. N 5. С. 77-80.
- 615.Сефербеков Р.И. Верховные боги (громовержцы) народов Дагестана // Вестник Института истории, археологии и этнографии. Махачкала, 2005. N 4. С. 66-92.
- 616.Сефербеков Р.И. Верховные боги народов Северного Кавказа (Сравнительно-сопоставительный анализ общего и особенного) // Научная мысль Кавказа. Ростов-на-Дону, 2006. N 1. С. 72-76.
- 617.Сефербеков Р.И. К характеристике некоторых мифологических персонажей аварцев-койсубулинцев. 2006. С. 65-66.
- 618.Сефербеков Р.И. К характеристике некоторых мифологических персонажей аварцев-гидатлинцев // Вестник Дагестанского научного центра. Махачкала, 2004. N 17. С. 69-76.
- 619.Сефербеков Р.И. Мифологические образы солнца и луны в верованиях народов Дагестана // Вестник Института истории, археологии и этнографии. Махачкала, 2007. N 4. С. 64-103.
- 620.Сефербеков Р.И. Мифологические персонажи дагестанцев и вайнахов // Тезисы докладов научно-практической конференции «Исторические связи народов Дагестана и Чечни», 21 марта 2006 г., Махачкала.
- 621.Сефербеков Р.И. Мифологические персонажи традиционных верований ахвахцев // Вестник Института истории, археологии и этнографии. Махачкала, 2008. N 4. С. 139-145.
- 622.Сефербеков Р.И. Мифологические персонажи традиционных верований аварцев-картинцев // Известия вузов, Северо-Кавказский район, Общественные науки. Ростов-на-Дону, 2009.
- 623.Сефербеков Р.И. Мифологические персонажи традиционных верований ахвахцев // Вестник Института истории, археологии и этнографии. Махачкала, 2006.
- 624.Сефербеков Р.И. Пантеон и пандемониум народов Дагестана: становление, развитие, распад // IV Конгресс этнографов и антропологов России: Тезисы докладов, Нальчик, 20-23 сентября 2001 г., Москва.
- 625.Сефербеков Р.И. Пантеон языческих божеств народов Дагестана (типология, характеристика, персонификация). Дагестанский научный центр, Институт истории, археологии и этнографии, Российская Академия Наук, Махачкала, 2009.
- 626.Сефербеков Р.И. Проблемы типологической классификации мифологических персонажей народов Дагестана // Историческая наука Дагестана: сегодня и завтра: Тезисы докладов научной сессии, Махачкала, 8 апреля-2003 г., Махачкала.
- 627.Сефербеков Р.И. Условный охотничий язык и некоторые охотничьи обряды табасаранцев // Наука и молодежь: Сборник статей молодых ученых и аспирантов по гуманитарным проблемам. Махачкала, 1997. Вып. 1. С. 265-269.
- 628.Сефербеков Р.И., Алигаджиева З.А. Мифологические персонажи пантеона и пандемониума аварцев // VII Конгресс этнографов и антропологов России: доклады и выступления, 9-14 июля 2007 г., Саранск.
- 629.Сефербеков Р.И., Махмудова Э.М. Представления о локусах обитания нечистой силы у народов Дагестана // Лавровские (среднеазиатско-кавказские) чтения 2004-2005 гг. Тезисы докладов. СПб, 2005. С. 85-86.
- 630.Сефербеков Р.И., Мусаев М.Г. Боги и демоны даргинцев-чухахарцев // Нравы, традиции и обычаи народов Кавказа: (Тезисы общероссийской конференции 23-25 сентября 1997 г.). Пятигорск, 1997.
- 631.Сефербеков Р.И., Татиева З.Б. Верования, связанные с животными у дагестанцев и вайнахов // Конгресс этнографов и антропологов России: доклады и выступления, Оренбург, 1-5 июля 2009 г., Оренбург.
- 632.Сефербеков Р.И., Шехмагомедов М.Г. Из мифологии, фольклора и обрядовой культуры аварцев-гидатлинцев: синкретизм традиционных верований и ислама // Исламоведение. 2017. Т. 8. N 3. С. 113-132.
- 633.Сефербеков Р.И., Шехмагомедов М.Г. Мифологические персонажи аварцев-келебцев: синкретизм традиционных верований и ислама // Исламоведение. 2015. Т. 6. N 3 (25).
- 634.Сефербеков Р.И., Шигабудинов Дж.М. Мифологические персонажи традиционных верований аварцев-хунзахцев. Махачкала: Наука плюс, 2006.
- 635.Симченко Ю.Б. Культура охотников на оленей Северной Евразии: этнографическая реконструкция. Институт этнографии им. Н.Н. Миклухо-Маклая, Академия Наук СССР, М.: Наука, 1976.
- 636.Сказки и легенды чеченцев и ингушей / ред. Мальсагов, А.О.; М.: Главная редакция восточной литературы, 1983.
- 637.Смбатяна Ш.В. Мовсэс Каланкатуаци. История страны Алуанк. Изд. Института древних рукописей им. Маштоца «Матенадаран». Ереван, 1984.
- 638.Смирнова Г.Р. Кобанские аналогии некоторых петроглифов Чечено-Ингушетии // Археология и вопросы этнической истории Северного Кавказа. Грозный: Чечено-Ингушский Государственный Университет, 1979. С. 131-135.
- 639.Сорокин С.С. Изображение оленя на скале вблизи Катон-Карагая // СГЭ. Ленинград, 1967. Вып. XXVIII. С. 53-55.
- 640.Тангиев М.А. К проблеме исследования петроглифов Чечни. 2013.
- 641.Танкиев А.Х. Духовные башни ингушского народа // Сборник статей и материалов о народной культуре. Саратов, 1997.
- 642.Татаев В.А., Шабаньянц Н.Ш. Декоративно-прикладное искусство Чечено-Ингушетии. Грозный, 1974.
- 643.Тахнаева П.И. Христианская культура средневековой Аварии в контексте реконструкции политической истории (VII–XVI вв.). Махачкала, 2004.
- 644.Техов Б. Скифы и Центральный Кавказ в VII-VI вв. до н.э.; По Материалам Тлииского Могильника. Москва, 1980.
- 645.Тогошвили Г.Д. К вопросу о характере грузино-северокавказских отношений в XI - XIII вв. // Вопросы истории народов Кавказа. Тбилиси, 1988.
- 646.Тревер К.В. Очерки по истории и культуре Кавказской Албании IV в. до н.э. – VII в.н.э. М.-Л., 1959.
- 647.Трофимова А.Г. Из истории религиозных обрядов вызывания дождя и солнца у народов Южного Дагестана.

- Азербайджанский этнографический сборник. Баку, 1965. Вып. 2.
648. Умаров С.Ц. Архитектура позднесредневековой горной Чечено-Ингушетии // Памятники Отечества, Кн. 2, Москва, 1975.
649. Урушадзе И.Е. К семантике прикладного искусства древнего Кавказа и Закавказья // Советская археология. 1979. N 1.
650. Фараджеева М. Наскальное искусство Азербайджана. Баку: Азиолиграф, 2009.
651. Фараджеева М.Н. О датировке наскальных изображений Гобустана (Азербайджан) // История, археология и этнография Кавказа. 2021. Т. 17. N 3. С. 658-683. DOI: 10.32653/CH173658-683
652. Формосов А.А. Зарождение первобытной археологии в России: Сложение археологии как единой наук // В кн.: Очерки по истории русской археологии, Институт археологии, Академия наук СССР. Москва, 1961. С. 71-88.
653. Формосов А.А. Очерки по первобытному искусству. Москва, 1960. С. 24-59.
654. Формосов А.А. Памятники первобытного искусства на территории СССР. Москва, 1980.
655. Формосов А.А. Русские археологи в период тоталитаризма. Историографические очерки, Изд. 2-е, доп., М.: Знак, 2006.
656. Формосов А.А. Русские археологи и политические репрессии 1920-1940-х гг. Институт археологии, Российская академия наук, Москва, 1998. N 3. С. 191-206.
657. Фрелов В.А. Числа в графике палеолита. Новосибирск, 1974.
658. Хабекирова Х.А. Природа и характер некоторых мифологических персонажей в эпосе и бытовой культуре черкесов // ЭО. 2005. N 5. С. 88.
659. Хаджиева Т.М. Мифологические и обрядовые песни балкарцев и карачаевцев // Вопросы кавказской филологии и истории. Нальчик, 2000. Вып. 3.
660. Хаджимба С.О. Отражение охотничьего обряда в нартском эпосе // Нартоведение в 21 веке: проблемы, поиски, решения: Материалы Международной научно-практической конференции. Магас, 2016.
661. Халидова М.Р. Мифологические образы в устной прозе народов Дагестана // Мифология народов Дагестана. Махачкала, 1984.
662. Халидова М.Р. Образ покровителя охоты, зверей в преданиях и легендах народов Дагестана // Дагестанская народная проза. Махачкала, 1982. С. 24-62
663. Халидова М.Р. Поклонение козлу // Мифология народов Дагестана. Махачкала, 1984.
664. Халидова М.Р. Устное народное творчество аварцев. Махачкала, 2004.
665. Халидова М.Р. Формы космогонических представлений и верований в повествовательном фольклоре народов Дагестана // Проблемы мифологии и верований народов Дагестана. Махачкала, 1988. С. 24-40.
666. Халидова М.Р., Демонологические рассказы. Традиционный фольклор народов Дагестана. М.: Наука, 1991. С. 267-279.
667. Хализов Ш.М., Шехмагомедов М.Г. К вопросу об исламизации центра горной Аварии в XV в., на примере биографии Хаджи Удурата из Гигатли // Кавказоведческие разыскания. Тбилиси, 2015. Вып. VII. С. 266-270.
668. Халиков А.Х. Стелы с изображением оружия раннего железного века // Советская археология. 1973. С. 39-46.
669. Хапизов Ш.М. К вопросу об исламизации Сарира и личности Абулмуслима ал Хунзахи // Вестник Дагестанского научного центра. Махачкала, 2017. N 64. С. 22-31.
670. Хапизов Ш.М., Шехмагомедов М.Г. Роль шайхов-миссионеров в исламизации Горного Дагестана в XV в. (на примере микрорегиона Тленсерух) // Вестник Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова. Общественные науки. N 2. Владикавказ, 2017. С. 63-67.
671. Хехнева Т.Д. Охотничье-промысловые млекопитающие Дагестана (фауна, экология, охрана, обогащение и пути рационального использования). Дис. канд. биол. наук, Махачкала, 1972.
672. Хизриев Х.А. Из истории освободительной борьбы народов Северного Кавказа против монголо-татарских завоевателей // Социальные отношения и классовая борьба в Чечено-Ингушетии в дореволюционный период (XI – нач. XX). Грозный, 1979.
673. Хизриев Х.А. Кавказцы против Тимура // Борьба народов Северного Кавказа против экспансии Тимура. Грозный, 1992.
674. Хизриев Х.А. Отражение религиозных верований и орнаментального искусства на могильных памятниках // Тезисы докладов IV крупновских чтений по археологии Кавказа. Орджоникидзе, 1974.
675. Хизриев Х.А. Походы Тимура на Северо-Западный и Центральный Кавказ // Известия Чечено-Ингушского научно-исследовательского института истории, языка и литературы. Грозный, 1974. Т. 9. Ч. 3. Вып. 1.
676. Худяков Ю.С. Херексуры и оленные камни // Археология, этнография и антропология Монголии. Новосибирск: Наука, 1987. С. 136-162.
677. Чакхчиев Д.Ю. Огнестрельное оружие в позднесредневековых войнах // Традиционная материальная культура Чечено-Ингушетии. Грозный, 1972.
678. Чеченов И.М. Древности Кабардино-Балкарии. Нальчик, 1969.
679. Чеченов И.М. К вопросу о локальных вариантах кобанской культуры. АЭС, Нальчик, 1974.
680. Чибиров Л. (сост.) Вероисповедание, суеверия, обряды, правление, обычаи и нравы осетин. Тыхинвал, 1981.
681. Чибиров Л.А. Аграрные истоки культа животных у осетин // Советская этнография. 1983. N 1.
682. Членова И.Л. Скифский олень-памятник скифо-сарматской культуры // МИА. Москва, 1961.
683. Членова Н.Л. Об оленных камнях Монголии и Сибири // Монгольский археологический сборник. М.: Изд.-во АН СССР, 1962.
684. Чубинашвили Г.Н. Из истории средневекового искусства Грузии. Москва, 1990. 141 с.
685. Чубинашвили Г.Н. Памятники типа Джвари. Тбилиси, 1948. С. 174-175.
686. Чубинашвили Г.Н. Ткоба-Иерди: к вопросу о культурных связях Ингушетии и Грузии // Вопросы истории искусство. Т. II, из. СААРИ, Тбилиси, 2002.
687. Чурсин Г.Ф. Авары: Этнографический очерк. Махачкала, 1995.
688. Чурсин Г.Ф. Амулеты и талисманы кавказских народов. Махачкала, СМОМПК, 1929. Вып. 46.
689. Чурсин Г.Ф. Культ железа у кавказских народов // Известия Кавказского историко-археологического института. Тифлис, 1927. Т. 6. С. 67-106.
690. Шафовалова Г.Г. Северорусская легенда об олене // Фольклор и этнография русского севера. Москва, 1973.
691. Швеиц И. Некоторые аспекты современного состояния наскального искусства центральной Азии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2005. Т. 3 (23). С. 130-139.
692. Шер Я.А. Петроглифы Средней Азии. Москва: Наука, Главная Редакция Восточной литературы, 1980.
693. Шереметьев Д.А. Символика оружия у народов Северного Кавказа // Лавровские (среднеазиатско-кавказские) чтения 1998-1999 гг., Краткое содержание докладов, СПб., 2001.
694. Шиллинг Е.М. Дагестанская экспедиция 1945 г., КСИЭ, 1947. 19 с.
695. Шиллинг Е.М. Из истории одного дагестанского земледельческого культа // Краткие сообщения Института этнографии. Москва: АН СССР, 1946. Вып. 1.
696. Шиллинг Е.М. Изобразительное искусство народов горного Дагестана // Доклады и сообщения московского университета. 1950. Вып. 9. С. 46-86.
697. Шиллинг Е.М. Кубачинцы и их культура: Историко-этнографические этюд. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1949.

- 698.Шиллинг Е.М. Малые народы Дагестана // Народы Кавказа. Москва: Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, 1993. С.171-174.
- 699.Шихсаидов А.Р. Ислам в средневековом Дагестане (VII-XV вв.). Махачкала, 1969.
- 700.Шихсаидов А.Р. О пребывании монголов в Рича и Кумухе // УЗ ИИЯЛ, Махачкала, 1958. Т. IV.
- 701.Шихсаидов А.Р. О проникновении христианства и ислама в Дагестан // Учение записки Института ИЯЛ. Махачкала: Дагестанского филиала АН СССР, 1957. Т. 3. С. 54-76.
- 702.Шихсаидов А.Р. Распространение ислама в Дагестане // Ислам и исламская культура в Дагестане. Москва: Вост. лит. РАН, 2001.
- 703.Шихсаидов А.Р. Эпиграфические памятники Дагестана X-XVII вв. как исторический источник. Москва, 1984.
- 704.Шихсаидов А.Р., Магомедов Т.М., Оразаев Г.М.-Р. Дагестанские исторические сочинения. М.: Наука, 1993.
- 705.Шмерлинг Р.О. Малые формы в архитектуре средневековой Грузии. Тбилиси, 1962.
- 706.Шмерлинг Р.О. Храм близ села Датун в долине реки Аварское Койсу // Вторая научная сессия Института истории грузинского искусства, Тбилиси. 1956.
- 707.Шрамко Б.А., Фомин Л.Д., Солнцев Л.А. Начальный этап обработки железа в Восточной Европе // Советская Археология. 1977. N 1.
- 708.Штырков С.А. Осетинское святилище Реком: старая фотография из фондов МАЭ и советские корни религиозного традиционализма // Народы Кавказа: музейные коллекции, исследования объектов и явлений традиционной и современной культуры, Сборник МАЭ. Т. LX. Санкт-Петербург, 2015. С. 266-286.
- 709.Щепкина М.В. Миниатюры Хлудовской Псалтири, греческий Иллюстрированный кодекс IX века. Москва, 1977.
- 710.Яровенко Ю.А. Состояние равнинной популяции благородного оленя в Дагестане // Мат-лы VI Съезда териологического общества «Териофауна России и сопредельных территорий». Москва, 1999.
- 711.Яровенко Ю.А., Бабаев Э.А., Кудактин А.Н., Гамзатов Э.А., Яровенко А.Ю. Пространственное распределение и численность кавказского благородного оленя (*Cervus elaphus maral* Ogilby, 1840) в Дагестане, Горные экосистемы и их компоненты // Материалы V Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 25-летию научной школы чл.-корр. РАН А. К. Темботова и 20- летию Института экологии горных территорий им. А. К. Темботова, КБНЦ РАН, Нальчик, 2014. С. 59-60.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Guy Petherbridge conceived the research, led the field work, undertook the literature research, analysed the information gathered and wrote the article. Abubakar M. Ismailov, as the principal co-researcher of the research provided essential field work support, including identification of hitherto unreported masonry petroglyphs in Chamalal and Tindal territories. Alimurad A. Gadzhiev advised on the conduct of the research and organized the search for literature in metropolitan libraries. Murtuzali R. Rabadanov provided planning and field work support. Abdul-Gamid M. Abdulaev provided research and editorial input. Marim M. Murtuzaliev undertook literature research and analysis in Dagestan state libraries. Daitbek M. Saipov provided planning and field work and reviewed the manuscript. Shamkhaldibir M. Isaev provided advice on conduct of fieldwork and supported field activities. Madina G. Daudova reviewed the research and undertook all editorial formatting. 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

Гай Петербридж задумал исследование, руководил полевыми работами, провел исследование литературы, проанализировал собранную информацию и написал статью. Абубакар М. Исмаилов, как главный соавтор исследования, оказал существенную поддержку в проведении полевых работ, включая идентификацию ранее не зарегистрированных каменных петроглифов на территориях Чамалал и Тиндал. Алимурад А. Гаджиев консультировал по вопросам проведения исследования и организовывал поиск литературы в столичных библиотеках. Муртузали Р. Рабаданов обеспечил планирование и поддержку полевых работ. Абдул-Гамид М. Абдулаев провел исследовательскую и редакционную работу. Марим М. Муртузалиева занималась поиском и анализом литературы в государственных библиотеках Дагестана. Даитбек М. Сайпов обеспечил планирование и полевую работу, а также отредактировал рукопись перед подачей в редакцию. Шамхалдибир М. Исаев консультировал проведение полевых работ. Мадина Г. Даудова проанализировала исследование и оформила рукопись перед подачей в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Guy Petherbridge / Гай Петербридж <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>
 Abubakar M. Ismailov / Абубакар М. Исмаилов <https://orcid.org/0000-0003-1037-5618>
 Alimurad A. Gadzhiev / Алимурад А. Гаджиев <https://orcid.org/0000-0002-7359-1951>
 Murtuzali R. Rabadanov / Муртузали Р. Рабаданов <https://orcid.org/0000-0002-7599-0243>
 Abdul-Gamid M. Abdulaev / Абдул-Гамид М. Абдулаев <https://orcid.org/0000-0001-8201-5545>
 Marim M. Murtuzaliev / Марим М. Муртузалиева <https://orcid.org/0000-0003-1137-2056>
 Daitbek M. Saipov / Даитбек М. Сайпов <https://orcid.org/0000-0003-3372-733X>
 Shamkhaldibir M. Isaev / Шамхалдибир М. Исаев <https://orcid.org/0000-0003-1780-0779>
 Madina G. Daudova / Мадина Г. Даудова <https://orcid.org/0000-0003-0456-3698>

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 07.07.2022.
Объем 26. Тираж 100. Заказ № 29.
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии издательства ДГУ
г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е