

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 18 № 1 2023

ISSN 1992-1098

e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ:

ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.18 no. 1 2023

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 Абулхасумович, 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)

Клюшин 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

Ахмеденов К.М., Чибилев А.А.

Современные экологические проблемы восстановления и сохранения популяции осетровых рыб в бассейне реки Урал.....	6-16
Мархаев А.Г., Соловьев С.А., Соловьев Ф.С., Алексеев А.Ю.	
Современный состав орнитофауны среднего Прииртышья.....	17-33

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Кучеров С.Е., Кучерова С.В., Мартыненко В.Б., Вельмовский П.В.

Климатический сигнал в годичных слоях дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.) на юго-восточной границе его ареала в бассейне р. Урал.....	34-45
Астамирова М.А.-М., Тайсумов М.А., Абдурзакова А.С., Магомадова Р.С., Омархаджиева Ф.С.	
Флористическое районирование высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа.....	46-53
Суюндуков И.В., Кильдиярова Г.Н.	
Распространение орхидей в верхней части бассейна р. Урал и перспективы создания новых ООПТ.....	54-61

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Казачинская Е.И., Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Иванова А.В., Гаджиева М.М.,

Бекшоков К.К., Кононова Ю.В., Чепурнов А.А., Шестопалов А.М.

Исследование ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов <i>Silene</i> spp. (<i>Caryophyllaceae</i>) и <i>Serratula cupuliformis</i> (<i>Asteraceae</i>) на репликацию коронавируса SARS-CoV-2.....	62-81
---	-------

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Дёмин А.П.

Трансформация водопотребления и водоотведения в российской части бассейна трансграничной реки Урал.....	82-93
Падалко Ю.А., Чибилев А.А.	
Российско-Казахстанские трансграничные водоёмы: типология, динамика, хозяйственное значение.....	94-101
Рыбкина И.Д., Яныгина Л.В., Губарев М.С., Бурмистрова О.С., Котовщиков А.В.	
Оценка экологического состояния водных объектов бессточной области Обь-Иртышского междуречья.....	102-116

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Гулянов Ю.А., Чибилев А.А.

Богарное земледелие в степной и лесостепной зоне бассейна Урала и адаптация агротехнологий к изменяющейся влагообеспеченности, как способ сохранения ресурсов поверхностных вод.....	117-125
--	---------

ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Терешина М.В., Мирошниченко И.В., Яковенко Н.В., Яковлева Е.А.

Структура институциональной модели формирования экологической культуры молодежи: региональные аспекты.....	126-139
Недюрмагомедов Г.Г., Атаев З.В.	
Национально-региональный опыт реализации экологического образования для устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона.....	140-156

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каманина И.З., Каплина С.П., Густова М.В., Чигоева Д.Н., Виноградов И.И.

Анализ атмосферных выпадений на территории республики Северная Осетия-Алания по данным биомониторинга.....	157-168
--	---------

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Ахмедова Х.Г., Гаджиева У.А.,

Трофимов М.Н., Корнилович Р.А.

Анализ и статистическая оценка современного состояния экологической преступности, пути повышения эффективности их выявления.....	169-180
--	---------

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

.....	181
-------	-----

ECOLOGY OF ANIMALS*Akhmedenov K.M., Chibilev A.A.*

Modern ecological problems of restoration and conservation of the sturgeon population in the Ural River basin.....6-16

Marhaev A.G., Soloviev S.A., Soloviev F.S., Alekseev A.Yu.

Most recent composition of the ornithofauna of the Middle Irtysh region, Russia.....17-33

ECOLOGY OF PLANTS*Kucherov S.E., Kucheroval S.V., Martynenko V.B., Velmovskiy P.V.*The climatic signal in tree rings of the common oak (*Quercus robur* L.) on the south-eastern border of its range in the Ural River basin, Russia.....34-45*Astamirova M.A.-M., Taysumov M.A., Abdurzakova A.S., Magomadova R.S., Omarkhadzhieva F.S.*

Floristic zoning of high-mountain landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus.....46-53

Suyundukov I.V., Kildiyarova G.N.

Distribution of orchids in the upper basin of the Ural River and questions of nature conservation.....54-61

ECOLOGY OF MICROORGANISMS*Kazachinskaya E.I., Zibareva L.N., Filonenko E.S., Ivanova A.V., Gadzhieva M.M.,**Bekshokov K.K., Kononova Yu.V., Chepurinov A.A., Shestopalov A.M.*Investigation of the inhibitory activity of extracts, fractions and secondary metabolites of *Silene* spp. (*Caryophyllaceae*) and *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) on the replication of SARS-CoV-2 coronavirus.....62-81**GEOECOLOGY***Demin A.P.*

Transformation of Water Consumption and Sanitation in the Russian Part of the Transboundary Ural River Basin.....82-93

Padalko Yu.A., Chibilev A.A.

Russian-Kazakh transboundary water bodies: typology, dynamics, economic significance.....94-101

Rybikina I.D., Yanygina L.V., Gubarev M.S., Burmistrova O.S., Kotovshchikov A.V.

Assessment of the ecological state of water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh River basin.....102-116

AGRICULTURAL ECOLOGY*Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A.*

Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources.....117-125

EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*Tereshina M.V., Miroshnichenko I.V., Yakovenko N.V., Yakovleva E.A.*

The structure of the institutional model of formation of youth ecological culture: regional aspects.....126-139

Nedurmagomedov G.G., Ataev Z.V.

National and regional experience in the implementation of environmental education for sustainable development and preservation of regional natural and cultural heritage.....140-156

METHODS OF ENVIRONMENTAL STUDIES*Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Gustova M.V., Chigoeva D.N., Vinogradov I.I.*

Analysis of atmospheric deposition in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania by biomonitoring data.....157-168

GENERAL PROBLEMS*Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Akhmedova Kh.G., Gadzhieva U.A., Trofimov M.N., Kornilovich R.A.*

Analysis and statistical assessment of the current state of environmental crime in the Russian Federation and ways to improve the effectiveness of its detection.....169-180

CONTACT INFORMATION.....181

Обзорная статья / Review article
УДК 502 1:597.423 (282.247.42)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-6-16

Современные экологические проблемы восстановления и сохранения популяции осетровых рыб в бассейне реки Урал

Кажмурат М. Ахмеденов¹, Александр А. Чибилев²

¹НАО «Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова», Уральск, Казахстан

²Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Кажмурат М. Ахмеденов, кандидат географических наук, профессор, кафедра географии, Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова; 090000 Казахстан, г. Уральск, пр. Н. Назарбаева, 162.
Тел. +77778735260
Email kazhmurat78@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7294-0913>

Формат цитирования

Ахмеденов К.М., Чибилев А.А. Современные экологические проблемы восстановления и сохранения популяции осетровых рыб в бассейне реки Урал // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 6-16. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-6-16

Получена 9 сентября 2022 г.
Прошла рецензирование 20 октября 2022 г.
Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Провести анализ многолетнего изменения численности популяций осетровых рыб и ее связи с режимом промысла и современным состоянием бассейна реки Урал, а также разработать мероприятия по сохранению и восстановлению их ресурсов.

Обсуждение. В водоемах бассейна реки Урал обитают шесть видов осетровых: *Huso huso* Linnaeus, 1758; *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833; *Acipenser persicus* Borodin, 1897; *Acipenser stellatus* Pallas, 1771; *Acipenser nudiiventris* Lovetsky, 1828; *Acipenser ruthenus*, 1758. Нарастающая деградация геосистем бассейна реки Урал и Каспийского моря из-за изменений гидрологического режима, увеличения эксплуатации нефтегазовых месторождений, а также браконьерства привела к снижению численности осетровых рыб. При этом районы разработки нефтяных углеводородов и развития сопутствующей инфраструктуры совпадают с основными районами нагула и миграции осетровых и других промысловых рыб. Река Урал – единственная в Европе с незарегулированными нижним и средним течениями, благодаря этому до 90-х годов прошлого столетия сохранялись благоприятные условия для естественного воспроизводства осетровых и других видов рыб. В мировой практике развитие товарного осетроводства и воспроизводства поголовья в естественных водоемах региона является перспективным направлением, позволяющим сохранить уникальный генофонд осетровых. При этом в формировании численности и видового состава осетровых основная роль отводится естественному воспроизводству. В бассейне реки Урал имеются возможности восстановления популяции осетровых в сочетании естественного воспроизводства и искусственного выращивания в заводских условиях.

Выводы. Несмотря на некоторое увеличение в последние десятилетия встречаемости осетровых рыб состояние их популяций требует особых мер охраны. Необходимо разработать совместные меры по охране и воспроизводству рыбных запасов межгосударственном уровне.

Ключевые слова

Речной бассейн, река Урал, гидрологический режим, осетровые, система рыболовства, осетроводство, воспроизводство, сохранение популяции.

Modern ecological problems of restoration and conservation of the sturgeon population in the Ural River basin

Kazhmurat M. Akhmedenov¹ and Alexander A. Chibilev²

¹M. Utemisov West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan

²Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Principal contact

Kazhmurat M. Akhmedenov, Candidate of Geographical Sciences, Professor, Department of Geography, M. Utemisov West Kazakhstan University; 162 N. Nazarbaev Ave, Uralsk, Kazakhstan, 090000
Tel. +77778735260
Email kazhmurat78@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7294-0913>

How to cite this article

Akhmedenov K.M., Chibilev A.A. Modern ecological problems of restoration and conservation of the sturgeon population in the Ural River basin. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 6-16. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-6-16

Received 9 September 2022

Revised 20 October 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. The aim of this study was to conduct an analysis of long-term changes in the number of sturgeon populations and its relationship with the fishing regime and the current state of the Ural River basin, as well as develop measures for the conservation and restoration of their resources.

Discussion. Six sturgeon species inhabit the waters of the Ural River basin: *Huso huso* Linnaeus, 1758; *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833; *Acipenser persicus* Borodin, 1897; *Acipenser stellatus* Pallas, 1771; *Acipenser nudiiventris* Lovetsky, 1828 and *Acipenser ruthenus*, 1758. The degradation of the geosystems of the Ural River basin and the Caspian Sea due to changes in the hydrological regime, increased exploitation of oil and gas fields, as well as poaching has led to a decrease in the number of sturgeons. Moreover, the areas used for the development of petroleum hydrocarbons and the development of related infrastructure coincide with the main areas for feeding and migration of sturgeon and other commercial fish species. The Ural River is the only one in Europe with unregulated lower and middle reaches, thanks to which, until the 90s of the last century, favourable conditions were maintained for the natural reproduction of sturgeon and other fish species. In world practice, the development of commercial sturgeon breeding and reproduction of livestock in regional natural reservoirs provide a promising direction for the preservation of the unique sturgeon gene pool. At the same time, the principal role in the formation of the number and species composition of sturgeons, is given to natural reproduction. In the Ural River Basin, there are opportunities to restore the sturgeon population through a combination of natural reproduction and artificial farming.

Conclusions. Despite a slight increase in the occurrence of sturgeons in recent decades, the state of their populations requires special conservation measures. It is necessary to develop joint measures for the protection and reproduction of fish stocks at the interstate level.

Key Words

River basin, Ural River, hydrological regime, sturgeons, fishing system, sturgeon breeding, reproduction, population conservation.

ВВЕДЕНИЕ

Урал – единственная в Европе незарегулированная в своем нижнем течении река, где сохранились естественные местообитания осетровых [1–3]. Сохранение нерестилищ и воспроизводство осетровых рыб в бассейне р. Урал наиболее актуально. Осетры (лат. *Acipenser*) – род рыб семейства осетровых, пресноводные и проходные формы, представлены 19 видами, некоторые из них занесены в Красные книги МСОП и России. Все они являются эндемиками Северного полушария. Осетровые имеют большую экологическую, промысловую ценность [4–7]. Численность осетровых глобально сократилась и в настоящее время состояние популяций практически всех осетровых оценивается Международным Союзом Охраны Природы как вымирающие или виды находящиеся на грани исчезновения [8].

ОБСУЖДЕНИЕ

Для обобщения материалов и выводов использован сравнительный анализ результатов современных исследований, литературные и архивные данные.

В Европе третьей по длине рекой является Урал, для которого характерны резкие колебания стока – в году до 20 раз среднегодового стока и до 1300 раз расхода воды [1; 2]. Бассейн занимает около 231 тыс. км². В Российской Федерации формирование поверхностного стока идет в верхней и средней частях бассейна. В Республике Казахстан ниже г. Уральска Урал не принимает ни одного притока и теряет около 20% суммарного стока до Каспийского моря [9–11]. В створе пос. Илек среднегодовой объем стока – 9,2 км³/год, в пос. Кушум в створе нижнего течения – 9,9 км³/год, итого в Каспийское море р. Урал поставляет 9,5 км³/год [2; 12].

Река Урал единственная крупная река с незарегулированным средним и нижним течением в Европе [13]. Верховье бассейна находится в Республике Башкортостан и Челябинской области, средний участок расположен в Оренбургской области, нижний участок в Актыбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях Республики Казахстан. В бассейне реки Урал около 1150 рек, из них 29 рек имеют длину более 100 км [2]. Здесь находятся 70 городов и населенных пунктов, где проживают около 4,5 млн людей [2].

Угрозы, негативно влияющие на популяции осетровых, тесно связаны с их биологическими и экологическими особенностями. Все осетровые имеют общие черты, такие как позднее созревание, долголетие, низкая специфическая плодовитость и выраженное хуминг-поведение, которые делают их чрезвычайно восприимчивыми к антропогенным воздействиям, таким как рыбный промысел, перекрытие миграционных путей, низкое качество воды, водозабор, изменения гидрологического режима, уничтожение среды обитания и др. [14]. Хотя комбинации угроз могут различаться в зависимости от региона, а также меняться со временем, их основное воздействие сохраняется. Несмотря на то, что в целом сложно расставить приоритеты угроз для всех популяций осетровых, можно утверждать, что стада осетровых страдали от чрезмерной эксплуатации в течение веков. Экологические изменения в бассейне Урала, представляющие угрозу для осетровых рыб, связаны с антропогенным воздействием и конкретными

причинами. Можно выделить несколько первостепенных факторов:

1. *Изменение многолетнего гидрологического режима рек бассейна р. Урал.* В верхнем течении Урала построены 4 водохранилища, в том числе крупнейшее Ириклинское. В 2004 г. на территории Республики Башкортостан построено первое водохранилище на р. Сакмаре. В бассейне реки находятся 11 крупных водохранилищ, 80 гидроузлов, 3100 земляных плотин на малых реках, задерживающие в многоводный год до 40–50%, а в маловодный год – до 85% весеннего стока.

В 70-е гг. XX века было предотвращено строительство 7 новых крупных водохранилищ с объемом 12 км³, превышающим современный годовой сток реки Урал. В Западно-Казахстанской области планировали построить самый крупный из них – Рубежинский гидроузел объемом 6 км³. Это привело бы к тому, что река Урал в г. Уральске превратилась бы в межень, в небольшую речку, неспособную донести свои воды до Каспийского моря [15]. Приостановилось также строительство в среднем течении Урала и на его притоках Сакмара, Большой Ик, Большой Кумак, Орь [15].

Суммарная полезная емкость водохранилищ в бассейне р. Урал в границах Российской Федерации 3948 млн м³, из них в Челябинской области 758 млн м³, в Республике Башкортостан 137 млн м³ и Оренбургской области 3053 млн м³. Самое крупное Ириклинское водохранилище площадью 260 км² и объемом 3260 млн м³ [3; 16; 17]. Следующее по величине – Верхнеуральское, площадью 75,5 км² и годовым объемом 601 м³, затем Магнитогорское – 33,4 км² и 189 млн м³ воды [16].

На казахстанской части бассейна Урала расположено 36 водохранилищ, 12 из них имеют емкость более 10 млн м³. Регулирование стока осуществляется в двух водохранилищах: Актыбинском (245 млн м³) и Каргалинском (280 млн м³). Водохранилища используются для нужд сельского хозяйства или имеют комплексное назначение.

2. *Распашка значительной части степей на междуречьях.* Новая структура земельных угодий привела к изменению характера поверхностного стока и определила современные эрозионные процессы, заиление родников, долин и русел рек [15]. Целинно-залежная эпопея второй половины XX века охватило степную и лесостепную зоны бассейна, что выразилось в снижении положительного экологического эффекта высокого и затяжного весеннего половодья на реке Урал.

3. *Промышленная эксплуатация месторождений углеводородов со строительством коммуникаций и инфраструктуры нефтегазового комплекса в пределах Северного Прикаспия и Предуралья.* В последние десятилетия на российско-казахстанском трансграничье поймы реки Урала стала активно вестись газо- и нефтедобыча [18; 19]. Необходимо отметить, что в 60–70-е годы XX века главным условием освоения Оренбургского газоконденсатного месторождения были экологические компенсационные мероприятия: создание рыбохозяйственной заповедной зоны, строительство осетровых заводов в среднем и нижнем течении, масштабные природоохранные мелиорации. По нашему глубокому убеждению, все решения, связанные

с развитием российско-казахстанского газопромышленного комплекса долины, должны приниматься в одном пакете с целевыми экологическими мероприятиями.

4. *Истребление водораздельных и пойменных лесов и изменение породного и возрастного состава лесонасаждений.* Резкое снижение паводкового весеннего стока, истребление и выгорание естественных лесов на водоразделах являются и следствием, и причиной негативных изменений гидрологического режима реки [9; 19–24]. Пойменные леса нижнего и среднего течений играли важную роль в удержании воды в период половодья, служили убежищами для богатой фауны, птиц и млекопитающих, вносили важный вклад в местные и региональные уровни биоразнообразия [25].

Сейчас изменился качественный состав пойменных лесов. Доля коренных, лесообразующих пород – белых и черных тополей, вязов, дубов стала намного меньше.

Коренные пойменные виды (дуб, вязь, липа, черный и белый тополь) заменяются зарослями интродуцентов клена и ясеня. Периодические засухи, природные возгорания и вредители деревьев также приносят большой ущерб пойменным лесам.

5. *Развитие водозатратных производств черной и цветной металлургии.* Магнитогорский, Новотроицкий, Гайский, Сибайский, Медногорский, Баймакский, Бурибайский металлургические комбинаты, Орский никель-комбинат и предприятия по добыче хрома в Актюбинской области располагаются в бассейне реки Урал. Безвозвратные потери стока и сильные загрязнения связаны с деятельностью комплекса металлургических предприятий с промышленным водоотведением.

6. *Урбанизация долин рек с развитием линейных коммуникаций и водозатратного коммунального хозяйства.* В большинстве городов, расположенных на реках бассейна (Оренбург, Уральск, Орск, Новотроицк, Магнитогорск) река не задействована как определяющий ландшафтно-градостроительный элемент территориальных планов развития городов [15].

7. *Инженерно-техническое преобразование русел рек, работа земснарядов, эксплуатация карьеров по добыче песка и гравия в долинах рек.* Дноуглубление, изменение русла, строительство дамб и мостовых переходов, прокладка трубопроводов, разработка песчано-гравийных месторождений и другие инженерно-технические работы в пойме реки Урал способствуют дестабилизации русловых процессов, оказывают существенное отрицательное влияние на экосистему, преобразуя пойменные ландшафты, трансформируя условия речного и подземного стока, уничтожая старичные озера и связанные с ними биоресурсы, нарушая условия обитания и естественные условия воспроизводства осетровых видов рыб.

Разработки песчано-гравийной смеси в пойме реки в 70–80-е гг. XX века контролировались природоохранными органами и практически запрещались. Действующие и заброшенные карьеры по добыче аллювиальных песчано-гравийных смесей в бассейне Урала расположены на реках Урал и Сакмара. После 2000 г. с активизацией дорожного строительства появились новые разработки песка и гравия в пойме

Урала. Пойменные карьеры имеются на многих участках поймы р. Урал (Уразово, Новотроицк, Новоказачий, Оренбург, Уральск) и р. Сакмара (Бурангулово, Сакмара, Татарская Каргала). Большие масштабы они приобрели в Западно-Казахстанской области (левобережная пойма Урала у пос. Приуральный Бурлинского района, правый берег реки Урал ниже села Мергенеево и др.). Разработка карьеров привела к понижению меженных уровней воды [15]. Изъятия больших объемов аллювия из русла и поймы вызывает изменение гидравлической структуры речного потока и перестройку самого русла, вызванную изменением его морфологического строения.

Истощение водно-биологических ресурсов в бассейне р. Урал является следствием перевылова ценных пород рыб, браконьерством, нарушением условий нереста и нерестовых миграций. Причины катастрофического падения запасов ресурсов осетровых рыб (по разным оценкам, до 40 раз) были обусловлены разрушением государственной системы охраны, воспроизводства и рыбного промысла, сложившихся в XX веке, а также изменениями гидрологического режима. На наш взгляд, последний фактор является решающим. В среднем течении реки Урала и низовьях реки Илек за счет высокого половодья – от 3,5 до 8,0 м над меженным уровнем в течение 10–25 дней (от 20 апреля до 15 мая) обеспечивали оптимальные температуры от 8 до 14°C воды для нереста белуги, осетра и шипа. В эти же сроки из зимовальных ям крупные белуги и осетры поднимались по Уралу выше устья Илека, а при благоприятной воде заходили в Илек [15]. Более 2 недельное высокое половодье при температуре воды 8–14°C обеспечивало благоприятное развитие личинок и их безопасный скат по руслу, когда в нем нет других видов рыб, пожирающих икру, личинку и молодь осетровых. Эффективность нереста осетровых снизилась с середины 80-х годов XX века в результате смещения половодья на более ранние сроки (на 15–20 дней) и корректировки правил эксплуатации Ириклинского водохранилища.

В этой связи для воспроизводства осетровых в р. Урал является эффективным строительство осетрового завода в среднем течении (например, у с. Илек или выше г. Уральска) с выпуском молоди одновременно с высокой волной половодья.

Анализ данных о промыслах осетровых рыб в бассейне реки Урал за три столетия свидетельствует о том, что на запасы осетровых влияли разные факторы [26]. Начиная с XVII века, Урал (Яик) играл важную роль в рыбном хозяйстве России. Яицкое казачество, обладая монополией на рыбные промыслы, установило правила рыболовства, способствовавшие сохранению и воспроизводству осетровых рыб. В 1810 году добыча осетровых в реке Урал составляла 150,0 тыс. ц, а в годы, когда казачество лишилось своих прав и был разрешен промысел осетровых в море, уловы составили – 50,0 тыс. ц в 1933 году и 20,0 тыс. ц в 1964 году. В 70-е годы XX века после зарегулирования реки Волги возросла роль реки Урал в мировой добыче осетровых рыб (33%, 104,0 тыс. ц в 1977 году), так как основные площади естественных нерестилищ на реках Каспийского бассейна сохранились только в нем [13]. Река Волга с 1962 г. после завершения строительства Волгоградской ГЭС лишилась большей части (на 80%) нерестилищ [27; 28].

Роль Урала в сохранении естественного воспроизводства всего каспийского стада осетровых и пополнении валютных запасов СССР дало возможность принятия ряда природоохранных мер, это [13]:

- в 1972 году было принято специальное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по предотвращению загрязнения бассейна рек Волги и Урала неочищенными сточными водами»;

- в 1977 году создан постоянный Межреспубликанский комитет по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов бассейна реки Урал;

- было принято совместное постановление Совмина Казахской ССР и Совмина СССР об объявлении заповедной зоны в северной части Каспийского моря и пойме реки Урал от р. Барбастау до устья;

- в 70-х годах XX века были свернуты проекты строительства водохранилищ в среднем течении реки Урал и на его основных притоках [13].

Организованный рыбный промысел на реке Урал (Яик) существует с XVIII в. В низовьях реки, близ Гурьева (Атырау), астраханскими рыбопромышленниками был устроен учуг [26]. По сохранившимся преданиям казаков, рыба напирала на учуг так, что ее вынуждены были разгонять пушками. Рыба из моря в реку могла проходить только боковыми руслами-рукавами.

Гурьевский учуг был причиной частых споров между астраханскими рыбопромышленниками и яицкими казаками. В 1743 г. по требованиям яицких казаков был издан указ, по которому Гурьевский учуг был окончательно ликвидирован, а Яицкое войско получило право владения всеми рыбными угодьями от Яицкого городка до Гурьева. У Яицкого городка на лето и осень устраивался свой учуг, который не давал уйти рыбе вверх по течению за пределы казачьих владений и просуществовал до 1918 г. [26].

Постепенно на Яике складывалась своеобразная система рыболовства. Уже в XVIII в. по добыче рыбы казачья река была на одном из первых мест в России. «Рыбная ловля, – писал П.С. Паллас, – нигде в России столь хорошо не распорядена и законами не ограничена, как в здешнем месте». Система казачьего рыболовства была введена еще первым оренбургским губернатором И.И. Неплюевым и представляла собой строго организованное рыбное хозяйство, где все участники лова были в одинаковых условиях [29; 30].

В середине XVIII в. лов рыбы на Яике проводился четыре раза в году. Первый лов – так называемая весенняя плавня, когда казаки ловили плавными сетями севрюгу с лодок, начинался в середине апреля после распадаения льда, а заканчивался в июне. Крупных осетровых: белугу, осетра и шипа, – попавших в сети, выпускали обратно в реку. Второй лов – осенняя плавня – начинался примерно 1 октября и длился недели четыре. Затем с конца ноября и до середины декабря велся лов речной рыбы неводами для домашнего пользования [26].

С 1 января до конца февраля происходило багренье, когда ловили баграми на зимовальных ямах осетра и белугу. Каждый делал максимально возможное для себя проруби и проводил багренье столько, сколько мог. При этом труд наемных работников не использовался. При багренье используется длинный шест с острым крюком, с помощью которого накалывались и вытаскивались на

лед крупная рыба. Продолжительность багренье доходила иногда до месяца.

Свежемороженая зимой и соленая весной и летом выловленная рыба, а также приготовленные из нее икра и клей в гигантских количествах отправлялись в Москву и другие российские города [26]. Пойманная рыба продавалась здесь на льду на реке, при этом был большой наплыв купцов разных мастей.

В 1860–1862 гг. реку Урал изучает Н.А. Северцов [31], результаты которых он изложил в статье «Жизнь красной рыбы в уральских водах и ее значение для порядка уральских рыболовов». В ней описана весенняя севрюжья плавня 1861 года «В Тополинском, – пишет Северцов, – еще были хорошие заловы... в Кулагинской далеко не всякому казаку попадалось по севрюге в день; в Горской на всю крепость ловилось от одной до трех севрюг в сутки...; в Калмыковской севрюги были большой редкостью, а выше никто их не видал». Таким образом, все нерестовое стадо севрюги было уничтожено на самом нижнем плесе реки [32]. Эти наблюдения, Н.А. Северцов использовал при разработке правил, предусматривающие такие ограничения, при которых часть севрюжьего стада благополучно проходила бы к местам нереста.

В 1894 г. впервые появилась должность войскового техника рыболовства, которое было прописано в «Положения о технике рыболовства в Уральском казачьем войске». На эту должность был назначен ученый-ихтиолог Н.А. Бородин, который в 1884 году начал на Урале работы по искусственному разведению севрюги. Он в 1891 г. провел успешно опыты по оплодотворению икры осетра, также Н.А. Бородин впервые описал редкий для Урала вид – осетр персидский [33].

Впервые Н.А. Бородиным создается ихтиологическая лаборатория в городе Уральске и собирается коллекция рыб, обитающих в реке Урал. Из-за того, что аханное рыболовство близ устья реки приводило к значительному вылову молодых осетровых он активно выступал против этого. Данное рыболовство приобрело размах во второй половине XIX в. При этом использовались переметные сети из толстой пеньковой пряжи, которые опускались под лед. Аханый лов проходил с конца декабря по 1 марта. Казаки шли на этот опасный промысел по морскому льду с саями иногда за 30–50 км от берега и выставляли сети у самых закран льда, где ловля была наиболее плодотворна.

При поддержке Н.А. Бородина в 1895 г. аханное рыболовство было запрещено. Вместо него был разрешен лов распорными неводами, которые сохраняли молодь осетровых рыб [26].

При дореволюционном промысле осетровых на Урале было три отрицательных фактора. Во-первых это зимнее багренье на зимовках осетровых, при котором сильно обедняются запасы озимой расы осетра и белуги. Во-вторых это весенняя плавня, воздействующая на воспроизводство севрюги, потому что вылавливаются производители, идущие на нерест. В-третьих это аханый лов молодых осетровых в море, который неоднократно возобновлялся после введенного запрета [26].

Были и положительные стороны в организации казачьего промысла на Урале. Правила рыболовства на Урале вырабатывались на основе длительного опыта и содержали очень важные требования, необходимые

для сохранения рыбных богатств. К примеру, в ходе весеннего лова севрюги все другие виды попавшие в сети осетровых рыб выкидывались обратно в речную воду, потому что их выгодней было ловить в зимний период [26].

Значение рыболовства в жизни уральского казачества очень образно охарактеризовано было Н.А. Бородиным: «Как земледелие, питающее большую часть населения России, является в глазах простолюдина не простым занятием, а делом священным и окружается особым поэтическим ореолом, так и рыболовство у уральских казаков, представляя доселе любимый промысел населения, имеет свою поэзию: почти во всех местных бытовых песнях неизменно фигурирует «Якишка — сын Горынович с золотым донышком, серебряными краишками», заменяющий здесь „мать-сыру землю“» [33].

В конце XIX в. морской промысел начал оказывать существенное влияние на численность осетровых в Урале. Если при речном лове вылавливались только взрослые особи рыб, то при

морском промысле непрерывно стало истощаться все каспийское стадо осетровых, в том числе и молодь. Масштабы морского промысла быстро нарастали, и к 1912–1913 гг. вследствие перелова резко уменьшились уловы. Начавшаяся Первая мировая война привела к снижению интенсивности морского промысла, что способствовало восстановлению запасов осетровых в Каспии.

В начале 1930-х годов морской промысел дальше начал развиваться. Общая протяженность самоловных снастей, применявшихся в Каспийском море, в те годы достигла 7–8 тыс. км, а длина аханых сетей превысила 10 тыс. км. Районы нагула и миграционные пути осетровых в течение года были перегорожены сплошными завесами самоловных крючьев и аханов [26]. В конце 1930-х годов, морской лов осетровых был прекращен вследствие истощения их запасов. В 1950–60-х годах получил развитие промысловый лов полупроходных рыб капроновыми сетями, в которых погибало огромное количество молоди осетровых рыб [26] (рис. 1).

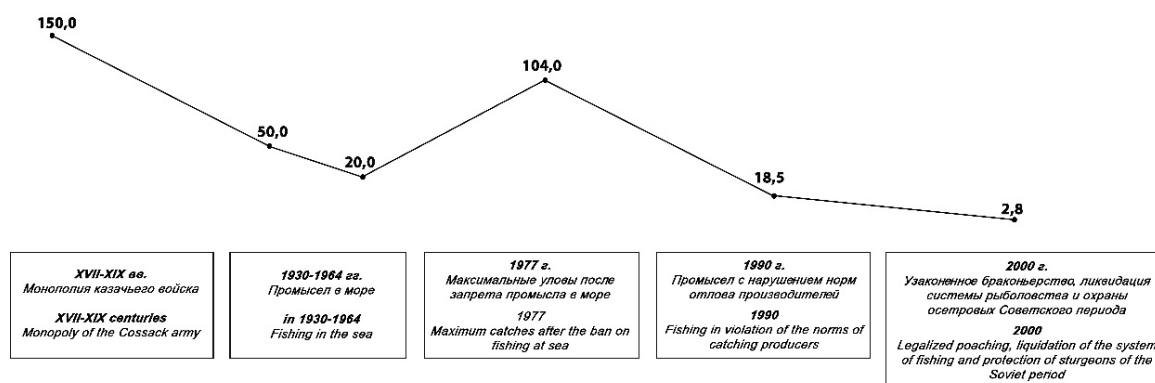


Рисунок 1. Динамика годовых уловов осетровых в реке Урал в XIX–XX вв.

Figure 1. Dynamics of annual sturgeon catches in the Ural River in the 19th–20th centuries

В середине 60-х гг. был внедрен биологически обоснованный режим рыболовства, предусматривающий полное прекращение вылова проходных и полупроходных рыб в море и в его приуральской части. Уловы осетровых в Урале были доведены до 100 тыс. ц в год, а это более одной трети их мировых уловов. Это было связано с тем, что промысловый лов осетровых был сосредоточен на нескольких тонях в районе города Гурьев. Для сравнения в начале XIX в. в реке Урал вылавливалось 150 тыс. ц осетровых, в начале 30-х годов – 50, в середине 60-х годов – лишь 20 тыс. ц [26].

Река Урал сохраняла значение в воспроизводстве осетровых в течении двух с лишним столетий организованного рыбного промысла вплоть до 80-х годов XX века [26; 34]. После зарегулирования реки Волги резко возрос его удельный вес в осетровом хозяйстве всего Каспийского бассейна [35; 36].

В нижнем течении реки Урал ихтиологами ЦНИИ осетрового рыбного хозяйства было выявлено 70 нерестилищ осетровых общей площадью около 1700 га. В среднем течении реки Урал (от устья Илека до г. Уральска) учеными Оренбургской лаборатории

мелиорации ландшафтов (ныне Институт степи УрО РАН) проведена паспортизация нерестилищ и зимовальных ям осетровых. Было выявлено 58 нерестилищ осетровых общей площадью 793 га.

После ликвидации системы рыболовства советского периода уловы осетровых в р. Урал уже сократились более чем в 30 раз и составили в 1999 году 3.1 тыс. ц, в 2000 году – 2.8 тыс. ц. Неконтролируемое браконьерство, промысел осетровых в море, искусственное перекрытие русла реки затопленной баржей в низовьях и понтонным мостом в Индерборском стали основными причинами этого снижения. С начала 1990-х годов отсутствуют сведения о заходах в Урал стад озимой расы белуги, русского осетра и шипа.

Для восстановления рыбных ресурсов реки Урал актуальна разработка международных программ восстановления и воспроизводства хозяйственно ценных видов, основанных на бассейновом принципе управления. Мораторий на лов осетровых, объявленный международными организациями, является мерой принуждения. В результате

значительного снижения водности р. Урал начали проявляться процессы заиливания и засорения нерестилищ осетровых видов рыб, что привело к массовой потере нерестовых площадей и снижению эффективности естественного воспроизводства [37]. На протяжении прошлого столетия численность осетровых рыб в Урало-Каспийском бассейне не была стабильной и определялась уровнем естественного воспроизводства и интенсивностью промысла. Одним из важнейших факторов, влияющих на экологическое состояние и биоресурсы р. Урал, является ее гидрологический режим. Водность реки в период паводка, своевременное наступление нерестовых температур определяют формирование биоресурсов бассейна реки Урал. В этом отношении особенно уязвимы осетровые виды [38]. Река Урал в верхнем и среднем течении зарегулирована путем сооружения здесь 4 водохранилищ (Верхнеуральское, Магнитогорское, Ириклинское, Верхнекумакское) с суммарной емкостью более 4 км³. За последние 15 лет на притоках р. Урал построено еще 6 достаточно крупных водохранилищ с суммарным объемом воды около 100 млн м³, площадью 130 км². Все это крайне негативно сказалось на гидрологии нижнего течения реки. Так, за последнее десятилетие объем водного стока сократился до 68% от среднееголетних показателей [39]. Изменения гидрологического режима реки, в сочетании с высокой загрязненностью трансграничного водотока, крайне неблагоприятно сказывается на условиях обитания и естественного воспроизводства ценных видов ихтиофауны бассейна реки Урал.

Как проходные виды рыб осетровые совершают нерестовые миграции вверх по трансграничной реке Урал. Высокоэффективные естественные нерестилища литофильных рыб находятся в верховьях нижнего течения (Западно-Казахстанская область РК) и в среднем течении (Оренбургская область РФ). Это, в первую очередь, пляжи, перекаты, сложенные из крупнозернистого песка, галечника, щебня [40]. Однако, за последние 7–8 лет, осетровые сюда практически не доходят [41]. Основные нерестилища белуги, осетра, шипа, севрюги ниже г. Уральска в Западно-Казахстанской области.

В настоящее время необходимо улучшить внутреннее и международное управление рыболовством и уделить внимание восстановлению среды обитания и видов [42]. Действует Соглашение о сохранении и рациональном использовании биологических ресурсов Каспийского моря. Прикаспийскими государствами подписано межправительственное Соглашение о сохранении и рациональном использовании биологических ресурсов Каспийского моря, вступившее в силу 24 мая 2016 года.

В Государственной программе развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 годы от 14 февраля 2017 года прогнозируется рост объемов аквакультуры (рыбоводства) с 1,6 до 5 тысяч тонн к 2021 году. В Казахстане развитие товарного осетроводства и восстановление численности осетровых в естественных водоемах также невозможно без создания ремонтно-маточных стад казахстанских осетровых, а возможно и других видов осетровых для получения гибридов с высокими товарными качествами [43–46]. Рекомендованным видовым составом ремонтно-маточных стад

и выпускаемой молодежи на осетровых рыбоводных заводах по искусственному воспроизводству осетровых р. Урал можно считать следующий: белуга – 20%, севрюга – 25%, осетр русский – 44%, осетр персидский – 6%, шип – 5% [43].

В настоящее время по развитию товарного рыбоводства реализуются три инвестиционных проекта. Во-первых, создание рыбоводного комплекса по разведению товарных рыб осетровой породы в замкнутой системе водоснабжения и по получению кормовой икры в ТОО «Caspian Royal Fish» в городе Атырау, во-вторых, строительство прудового хозяйства по разведению рыб осетровой породы на реке Жайык в Атырауской области» ТОО «Конеководческого завода Луговой», производственная мощность которого составляет 100 тонн осетрины, 1 тонны кормовой икры, 100 тысяч единиц осетровых и мальков. В-третьих, в 2013 году было создано ТОО «Аквакультурный опытно-промышленный производственный учебно-научный комплекс» и с 2014 года началось строительство аквакультурного завода с мощностью ежегодно 10 тонн пищевой черной икры, до 131 тонны товарной осетрины.

В целях сохранения осетровых рыб необходимо совершенствование искусственного воспроизводства, формирования маточных стад (живых генетических коллекций) для восстановления и пополнения естественных популяций. Должен осуществляться научный мониторинг мест выпуска, нагула молодежи и нереста осетровых рыб. Необходим контроль со стороны правоохранительных органов за выловом осетровых и разработка государственной программы по сохранению представителей осетровых [46].

ВЫВОДЫ

Восстановление и сохранение осетровых Урало-Каспийского региона невозможно без научного сопровождения мероприятий, проводимых в рамках российско-казахстанских соглашений по сохранению экосистемы бассейна трансграничной реки Урал [47].

В отношении вопросов регулирования поверхностного стока считаем необходимым:

- объявить долгосрочный мораторий на строительство новых гидросооружений на всех реках бассейна;
- провести ревизионную паспортизацию существующих прудов и водохранилищ с полной ликвидацией временных земляных плотин;
- ликвидировать и рекультивировать малоэффективные и неэффективные искусственные водоемы, в том числе созданные с ошибочной целью «для пополнения водных ресурсов бассейна реки Урал».

С целью восстановления свойств природных нерестилищ осетровых в нижнем и среднем течении реки Урал необходимо запретить все виды дноуглубительных работ и разработку песчано-гравийных отложений в русле реки, за исключением мероприятий, связанных с обеспечением функционирования важнейших водозаборов.

Кроме того, необходимо провести актуальную паспортизацию всех типов водозаборов из открытых источников и аллювиальных горизонтов с последующим закрытием незаконных и технически опасных, и лимитированием объемов водопотребления с учетом реальной водности реки.

Необходимо разработать новые правила эксплуатации Ириклинского и других крупных водохранилищ бассейна Урала в Актюбинской области Республики Казахстан, Челябинской, Оренбургской областей и Республики Башкортостан с целью возможного восстановления весеннего паводка с учетом современных климатических и антропогенных изменений.

Представляется весьма важным восстановить на межгосударственном уровне традиционную для реки Урал системы охраны рыбных ресурсов, в том числе осетровых на зимовальных ямах, нерестилищах, зонах нагула в Северном Каспии и на сезонных миграциях.

Территориальной основой сохранения экосистемы бассейна реки Урал является ландшафтно-экологический каркас – развитая сеть ООПТ в бассейне от истоков до устья. Особая роль в этом каркасе должна быть отведена водно-ландшафтными объектам и заповедной («рыбохозяйственной») зоне в среднем и нижнем течении до приуральной части мелководного Северного Каспия. Особый режим охраны должен быть установлен на ятовых – зимовальных ямах, а также на нерестилищах – каменистых и гравийных перекатах, пляжах, островах. Режим охраны этих важнейших рыбохозяйственных угодий должен носить сезонный характер. Самое главное, необходимо поддерживать благоприятный эколого-гидрологический режим и не нарушать русло реки и долины.

В институциональном отношении очень важным является межгосударственное регулирование использования водных ресурсов в интересах рыбного, в том числе осетрового хозяйства и межгосударственного обеспечения нормативного качества речных вод. Научное сопровождение этой деятельности должно включать вопросы сокращения природной генетической структуры популяций осетровых видов рыб, охрану и повышение эффективности восстановления естественных параметров среды обитания биоты. Устойчивое развитие популяций осетровых в реке Урал является одним из важнейших индикаторов перспективной экологической реабилитации всего бассейна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменение водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады академии наук. 2019. Т. 488. N 5. С. 545–549. DOI: 10.31857/S0869-56524885545-549
2. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Водные ресурсы. 2017. N 4 (44). С. 504–516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
3. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
4. Чибилёв А.А. Русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833 / Животные. Миноги и костные рыбы // Красная книга Оренбургской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: официальное издание. Воронеж: ООО «МИР», 2019. С. 62–63.
5. Рубан Г.И., Ходоревская Р.П., Шатуновский М.И. Многолетняя динамика распределения осетровых в северной части Каспийского моря (обзор) // Биология внутренних вод. 2019. N 4-1. С. 75–82. DOI: 10.1134/S0320965219040314
6. Vlasenko A.D., Pavlov A.V., Sokolov L.I., Vasil'ev V.P. *Acipenser gueldenstaedti* Brandt, 1833. The Freshwater Fishes

- of Europe. V. 1. Part II. Wiesbaden: AULA-Verlag, 1989. P. 294–344.
7. Pourkazemi M. Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: past present and future // Journal of Applied Ichthyology. 2006. V. 22(s1). P. 12–16. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00923.x
8. Сергалиев Н.Х., Бектурганов Н.С., Зейнуллин А.А., Идрисов Д.А., Ким А.В. Перспективы сохранения и развития аквакультуры осетровых в Казахстане: Ертис-Жайсанский бассейн // Вестник Казахстанской национальной академии естественных наук. 2014. N 4. С. 128–130.
9. Padalko Y.A., Chibilyov A.A. Problems of riverbed evolution in the basin of the Ural River // Doklady Earth Sciences. 2017. V. 475. P. 968–971. DOI: 10.1134/S1028334X17080268
10. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Падалко Ю.А. Изменение минимального стока в бассейне реки Урал // Известия РАН. Серия Географическая. 2021. N 6. С. 900–913. DOI: 10.31857/S2587556621060133.
11. Сивохип Ж.Т. Эколого-географические проблемы трансграничного бассейна реки Урал и пути их решения // Оренбургская область: география, экономика, экология. Сборник научных статей. Оренбург, 2014. С. 75–88.
12. Давлетгалиев С.К. Поверхностные водные ресурсы рек Жайык-Каспийского бассейна в границах Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. 2011. N 1. С. 56–66.
13. Чибилёв А.А. Геоэкологические предпосылки организации региона приграничного сотрудничества в бассейне реки Урал // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2006. N 3. С. 94–96.
14. Чибилёв А.А., Дебело П. В. Рыбы Урало-Каспийского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 227 с.
15. Винокуров Ю.И., Чибилёв А.А., Краснорукова Б.А., Павлейчик В.М., Платонова С.Г., Сивохип Ж.Т. Региональные экологические проблемы в трансграничных бассейнах рек Урал и Иртыш // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. N 3. С. 95–104
16. Кенжегалиев А., Кулбатыров Д.К. Состояние загрязнения реки Урал в нижнем течении // Вестник ЗКГУ. 2018. N 3 (71). С. 341–347
17. Павлейчик В.М., Сивохип Ж.Т. Водно-хозяйственные и трансграничные аспекты регулирования стока в бассейне реки Урал // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. N 9. С. 2367–2371.
18. Мячина К.В., Краснов Е.В. Пути оптимизации степных ландшафтов в условиях добычи нефти и газа // Юг России: экология, развитие. 2021. N 16(1). С. 76–86. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-76-86
19. Kamiński B., Miler A. T., Ochoński B., Grajewski S., Schwartz K. Floodplain Forest Technical and Monitoring Solutions for Protection of the Uroczysko Warta Floodplain Forest // Polish Journal of Environmental Studies. 2011. N 20(5). P. 1193–1201.
20. Mikac S., Žmegač A., Trlin D., Paulić V., Oršanić M., Anić I. Drought-induced shift in tree response to climate in floodplain forests of Southeastern Europe // Scientific reports. 2018. N 8:16495. DOI: 10.1038/s41598-018-34875-w
21. Kirillov V.Yu., Aleka V.P., Ivashchenko A.A., Rakhimzhanov A.N., Kelgenbayev N.S., Auezov D.U., Aitekov G.S., Stikhareva T.N. Current state and future development potential of the oak forests in the floodplain of the Ural River (West Kazakhstan) // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». 2021. N 4(104). С. 31–45. DOI: 10.31489/2021BMG4/31-45
22. Tulemisova G., Abidinov R., Kabdrakhimova G., Janetov T. Ecological state of the river Ural // Chemical Bulletin of Kazakh National University. V. 85. N 2. P. 18–24. DOI: 10.15328/cb808
23. Padalko Y.A. An assessment and prognosis of water resources use in regions of the transboundary basin of the Ural River in the medium term // IOP Conference Series: Earth and

- Environmental Science. 2021. V. 817. ID Article 012080. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012080
24. Sweeney B.W., Bott T.L., Jackson J.K., Kaplan L.A., Newbold J.D., Standley L.J., Hession W.C., Horwitz R.J. Riparian Deforestation, Stream Narrowing, and Loss of Stream Ecosystem Services // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2004. V. 101. P. 14132–14137. URL: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0405895101> (дата обращения: 22.06.2022)
 25. Hughes F.M.R., del Tánago M.G., Mountford J.O. Restoring Floodplain Forests in Europe // *World Forests*. 2012. V. 16. P. 393–422. DOI: 10.1007/978-94-007-5338-9_15
 26. Чибилев А. А. Река Урал (Историко-географические и экологические очерки о бассейне реки Урала). Л., Гидрометеиздат, 1987. 168 с.
 27. Secor D.H., Arefjev V., Nikolaev A., Sharov A. Restoration of sturgeons: lessons from the Caspian Sea Sturgeon Ranching Programme // *Fish and Fisheries*. 2000. V. 1. N 3. P. 215–230. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2000.00021.x
 28. Песериди Н. Е. Кладовая рыбных богатств // Бассейн Урала: проблемы, перспективы. Оренбург, 1979. С. 42–49.
 29. Железнов И.И. Сказание уральских казаков. Оренбург, ООО Изд-во «Оренб. кн.», 2006. 496 с.
 30. Паллас П.С. Путешествие по разным местам Российского государства. Ч. III. Половина первая и вторая, 1772 и 1773 / пер. Василия Зуева. СПб., 1788. XIV, 1, 624, 480 с.
 31. Северцов Н.А. Жизнь красной рыбы в Уральских водах и ее значение для порядка Уральских рыболовств // Журнал Министерства государственных имуществ. СПб., 1863. С. 3–46.
 32. Ким Г.П. Традиционные рыбные промыслы уральских (яицких) казаков // Автореф. дисс. по истории. Санкт-Петербург, 1995. 95 с.
 33. Бородин Н.А. Статистическое описание Уральского казачьего войска. Уральск, 1891. С. 7.
 34. Ruban G.I., Khodorevskaya R.P. Caspian Sea sturgeon fishery: a historic overview // *Journal of Applied Ichthyology*. 2009. V. 27. N 2. P. 199–208. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01725.x
 35. Москалев Г.Е. Роль реки Урал в продуктивности Северного Прикаспия // Материалы 34-й науч. конф. Уральского пед. ин-та им. А.С. Пушкина, посвящ. 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Уральск, 1970. С. 76–82.
 36. Мусатов А.П., Подушко Ю.Н. Рыбохозяйственное значение Урало-Каспийского рыбопромыслового района и проблемы его водообеспечения // *Водные ресурсы*. 1981. N 2. С. 72–75.
 37. Камелов А.К., Морузи И.В. Регулирование промысла осетровых рыб (Acipenseridae) в Урало-Каспийском бассейне и численность производителей на нерестилищах // *Вестник рыбохозяйственной науки*. 2017. Т. 4. N 4 (16). С. 47–55.
 38. Бокова Е.Б. Влияние гидрологического режима реки Урал на запасы осетровых рыб // *Экология и гидрофауна водоемов трансграничных бассейнов Казахстана*. Алматы, Бастау, 2008. С. 35–45.
 39. Курманов Б.А., Ким А.И., Карпий А.С. Река Урал: гидрографическая характеристика, ихтиофауна, проблемные вопросы рыбохозяйственного освоения // *Экология и гидрофауна водоемов трансграничных бассейнов Казахстана*. Алматы, Бастау, 2008. С. 74–81.
 40. Түменов А.Н., Сергалиев Н.Х., Андронов Е.Е., Какишев М.Г. Генетическая оценка популяции осетровых видов рыб, выращиваемых в условиях замкнутого водообеспечения (УЗВ) // *Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей*. 2015. N 4 (72). С. 290–294.
 41. Тимирханов С.Р., Сергалиев Н.Х., Бекбурганов А.А., Зейнуллин А.А., Идрисов Д.А., Ким А.В. Осетровые Казахстана: современное состояние и перспективы сохранения. Уральск, Изд-во Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана, 2014. 123 с.
 42. Pikitch E.K., Doukakis Ph., Lauck L., Chakrabarty P., Erickson D. L. Status, trends and management of sturgeon and paddlefish fisheries // *Fish and Fisheries*. 2005. V. 6. N 3. P. 233–265. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2005.00190.x
 43. Doukakis Ph., Babcock E.A., Pikitch E.K., Sharov A.R., Baimukhanov M., Erbulekov S., Bokova Y., Nimatov A. Management and Recovery Options for Ural River Beluga Sturgeon // *Conservation Biology*. 2010. V. 24. N 3. P. 769–777. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2010.01458.x
 44. Sergaliev N., Tumenov A., Sariev B., Kakishev M., Bakiyev S. Morphological and biological features of ship sturgeon replacement and breeding stock of ural-caspian population, grown under conditions of controlled systems // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. V. 7. N 6. P. 2990–2998.
 45. Friedrich T., Reinartz R., Gessner J. Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle Danube River Basin // *Journal of Applied Ichthyology*. 2019. V. 35. P. 1059–1068. DOI: 10.1111/jai.13966
 46. Бекбергенова В. Анализ данных по биологии и воспроизводству шипа (*Acipenser nudiventris*) // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: рыбное хозяйство*. 2020. N 3. С. 50–60. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-50-60
 47. Рыбкина И.Д., Сивохип Ж.Т. Водные ресурсы российско-казахстанского трансграничного региона и их использование // *Юг России: экология, развитие*. 2019. Т. 14. N 2. С. 70–86. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86

REFERENCES

1. Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilyov A.A. Changes in water regime of the river Ural basin. *Doklady akademii nauk*, 2019, vol. 488, no. 5, pp. 545–549. (In Russian) DOI: 10.31857/S0869-56524885545-549
2. Sivokhip Z.T., Pavleichik V.M., Chibilyov A.A., Padalko Y.A. Problems of dependable water use in the transboundary Ural river basin. *Water Resources*, 2017, vol. 44, no. 4, pp. 673–684. DOI: 10.7868/S0321059617040162
3. Chibilyov A.A. *Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya* [Ural basin: history, geography, ecology]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008, 312 p. (In Russian)
4. Chibilyov A.A. Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833. Animals. Lampreys and bone fish In: *Krasnaya kniga Orenburgskoi oblasti: Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov: ofitsial'noe izdanie* [Red Book of the Orenburg region: Rare and endangered species of animals, plants and fungi: official publication]. Voronezh, MIR LLC Publ., 2019, pp. 62–63. (In Russian)
5. Ruban G.I., Shatunovskiy M.I., Khodorevskaya R.P. Long-term dynamics of sturgeon distribution in the northern part of the Caspian Sea (review). *Inland Water Biology*, 2019, vol. 12, no.4, pp. 443–451. DOI: 10.1134/S1995082919040126
6. Vlasenko A.D., Pavlov A.V., Sokolov L.I., Vasil'ev V.P. *Acipenser gueldenstaedti* Brandt, 1833. The Freshwater Fishes of Europe. V. 1. Part II. Wiesbaden, AULA-Verlag, 1989, pp. 294–344.
7. Pourkazemi M. Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: past present and future. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, vol. 22(s1), pp. 12–16. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00923.x
8. Sergaliev N.Kh., Bekturganov N.S., Zeinullin A.A., Idrisov D.A., Kim A.V. Prospects for the conservation and development of sturgeon aquaculture in Kazakhstan: Yertis-Zhaisan basin. *Vestnik Kazakhstanskoi natsional'noi akademii estestvennykh*

- nauk* [Bulletin of the Kazakhstan National Academy of Natural Sciences]. 2014, vol. 4, pp. 128–130. (In Russian)
9. Padalko Y.A., Chibilyov A.A. Problems of riverbed evolution in the basin of the Ural River. *Doklady Earth Sciences*, 2017, vol. 475, pp. 968–971. DOI: 10.1134/S1028334X17080268
 10. Sivokhip Z.T., Pavleichik V.M., Padalko Yu.A. Change in the Minimum Runoff of the Ural River Basin. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2021, vol. 6, pp. 900–913. (In Russian) DOI: 10.31857/S2587556621060133
 11. Sivokhip Zh.T. *Ekologo-geograficheskie problemy transgranichnogo basseina reki Ural i puti ikh resheniya* [Ecological and geographical problems of the transboundary basin of the Ural river and ways to solve them]. In: Orenburg region: geography, economics, ecology. Collection of scientific articles. Orenburg, 2014, pp. 75–88. (In Russian)
 12. Davletgaliev S.K. Surface water resources of the rivers of the Zhayik-Caspian basin within the boundaries of the Republic of Kazakhstan. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology]. 2011, no. 1, pp. 56–66. (In Russian)
 13. Chibilev A.A. Geoecological prerequisites for organizing a region of cross-border cooperation in the Ural river basin. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2006, vol. 3, pp. 94–96. (In Russian)
 14. Chibilyov A.A., Debelo P.V. *Ryby Uralo-Kaspiiskogo regiona* [The fishes of the Ural-Caspian region]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2009, 227 p. (In Russian)
 15. Vinokurov Yu.I., Chibilev A.A., Krasnoyarova B.A., Pavleichik V.M., Platonova S.G., Sivokhip Zh.T. Regional environmental problems in the transboundary basins of the Ural and Irtysh rivers. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2010, vol. 3, pp. 95–104. (In Russian)
 16. Kenzhegaliev A., Kulbatyrov D.K. The state of pollution of the Ural River in the lower reaches. *Vestnik ZKGU* [Bulletin of the West Kazakhstan State University]. 2018, vol. 3 (71), pp. 341–347. (In Russian)
 17. Pavleychik V.M., Sivokhip Zh.T. Water management and transboundary aspects of runoff regulation in the Ural river basin. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2012, vol. 14, no. 9, pp. 2367–2371. (In Russian)
 18. Myachina K.V., Krasnov E.V. Ways to optimize steppe under of oil and gas production. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16(1), pp. 76–86. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-76-86
 19. Kamiński B., Miler A. T., Okoński B., Grajewski S., Schwartz K. Floodplain Forest Technical and Monitoring Solutions for Protection of the Uroczysko Warta Floodplain Forest. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2011, no. 20(5), pp. 1193–1201.
 20. Mikac S., Žmegač A., Trlin D., Paulić V., Oršanić M., Anić I. Drought-induced shift in tree response to climate in floodplain forests of Southeastern Europe. *Scientific reports*, 2018, no. 8, article id: 16495. (In German) DOI: 10.1038/s41598-018-34875-w
 21. Kirillov V.Yu., Aleka V.P., Ivashchenko A.A., Rakhimzhanov A.N., Kelgenbayev N.S., Auezov D.U., Aitekov G.S., Stikhareva T.N. Current state and future development potential of the oak forests in the floodplain of the Ural River (West Kazakhstan). *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Meditsina. Geografiya»* [Bulletin of Karaganda University. Series "Biology. The medicine. Geography"]. 2021, no. 4(104), pp. 31–45. (In Russian) DOI: 10.31489/2021BMG4/31-45
 22. Tulemisova G., Abdinov R., Kabdrakhimova G., Janetov T. Ecological state of the river Ural. *Chemical Bulletin of Kazakh National University*, vol. 85, no. 2, pp. 18–24. DOI: 10.15328/cb808
 23. Padalko Y.A. An assessment and prognosis of water resources use in regions of the transboundary basin of the Ural River in the medium term. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 817, ID Article 012080. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012080
 24. Sweeney B.W., Bott T.L., Jackson J.K., Kaplan L.A., Newbold J.D., Standley L.J., Hession W.C., Horwitz R.J. Riparian Deforestation, Stream Narrowing, and Loss of Stream Ecosystem Services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, vol. 101, pp. 14132–14137. Available at: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0405895101> (accessed 22.06.2022)
 25. Hughes F.M.R., del Tánago M.G., Mountford J.O. Restoring Floodplain Forests in Europe. *World Forests 2012*, vol. 16, pp. 393–422. DOI: 10.1007/978-94-007-5338-9_15. Available at: https://www.researchgate.net/publication/278592313_Restoring_Floodplain_Forests_in_Europe (accessed 22.06.2022)
 26. Chibilev A.A. *Reka Ural (Istoriko-geograficheskie i ekologicheskie ocherki o basseine reki Urala)* [The Ural River (Historical-Geographical and Ecological Essays on the Ural River Basin)]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1987, 168 p. (In Russian)
 27. Secor D.H., Arefjev V., Nikolaev A., Sharov A. Restoration of sturgeons: lessons from the Caspian Sea Sturgeon Ranching Programme. *Fish and Fisheries*, 2000, vol. 1, no. 3, pp. 215–230. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2000.00021.x
 28. Peseridi N.E. *Kladovaya rybnykh bogatstv. Bassein Urala: problemy, perspektivy*. [Pantry of fish resources. Ural basin: problems, prospects]. Orenburg, 1979, pp. 42–49. (In Russian)
 29. Zheleznov I.I. *Skazanie ural'skikh kazakov* [Legend of the Ural Cossacks]. Orenburg, "Orenb. book" Publ., 2006, 496 p. (In Russian)
 30. Pallas P.S. *Puteshestvie po raznym mestam Rossiiskogo gosudarstva* [Journey to different places of the Russian state]. Part III. Half the first and second, 1772 and 1773. St. Petersburg, 1788. XIV, 1, 624, 480 p. (In Russian)
 31. Severtsov N.A. Life of red fish in the Ural waters and its significance for the order of the Ural fisheries. *Journal of the Ministry of State Property*. St. Petersburg, 1863, pp. 3–46. (In Russian)
 32. Kim G.P. *Traditsionnye rybnye promysly ural'skikh (yaitskikh) kazakov* [Traditional fisheries of the Ural (Yaik) Cossacks]. Abstract of the dissertation on history, St. Petersburg, 1995, 95 p. (In Russian)
 33. Borodin N.A. *Statisticheskoe opisanie Ural'skogo kazach'ego voiska* [Statistical description of the Ural Cossack army]. Uralsk, 1891, p. 7. (In Russian)
 34. Ruban G.I., Khodovetskaya R.P. Caspian Sea sturgeon fishery: a historic overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 2009, vol. 27, no. 2, pp. 199–208. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01725.x
 35. Moskalev G.E. Rol' reki Ural v produktivnosti Severnogo Prikaspiya [The role of the Ural River in the productivity of the Northern Caspian]. *Materialy 34-i nauch. konf. Ural'skogo ped. in-ta im. A.S. Pushkina, posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya V. I. Lenina. Ural'sk, 1970* [Materials of the 34th scientific. conf. Ural ped. in-t named after A.S. Pushkin, dedicated 100th anniversary of the birth of V. I. Lenin. Uralsk, 1970]. Uralsk, 1970, pp. 76–82. (In Russian)
 36. Musatov A.P., Podushko Yu.N. Fishery importance of the Ural-Caspian fishing region and problems of its water supply. *Vodnye resursy* [Water Resources]. 1981, no. 2, pp. 72–75. (In Russian)
 37. Kamelov A.K., Moruzi I.V. Regulation of sturgeon fishery (Acipenseridae) in the Ural-Caspian basin and the number of spawners in spawning grounds. *Vestnik rybnokhozyaystvennoi nauki* [Bulletin of Fisheries Science]. 2017, vol. 4, no. 4 (16), pp. 47–55. (In Russian)

38. Bokova E.B. *Vliyaniye gidrologicheskogo rezhima reki Ural na zapasy osetrovyykh ryb* [Influence of the hydrological regime of the Ural River on sturgeon stocks]. In: Ecology and hydrofauna of reservoirs of transboundary basins of Kazakhstan. Almaty, Bastau Publ., 2008, pp. 35–45. (In Russian)
39. Kurmanov B.A., Kim A.I., Karpiy A.S. *Reka Ural: gidrograficheskaya kharakteristika, ikhtiofauna, problemnye voprosy rybkhozyaistvennogo osvoeniya* [Ural River: hydrographic characteristics, ichthyofauna, problematic issues of fishery development]. In: Ecology and hydrofauna of reservoirs of transboundary basins of Kazakhstan. Almaty, Bastau Publ., 2008, pp. 74–81. (In Russian)
40. Tumenov A.N., Sergaliev N.Kh., Andronov E.E., Kakishev M.G. Genetic assessment of the population of sturgeon species of fish grown in conditions of recirculating water supply (RAS). *Vestnik gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semei* [Bulletin of the Shakarim State University of Semey]. 2015, no. 4 (72), pp. 290–294. (In Russian)
41. Timirkhanov S.R., Sergaliev N.Kh., Bekburganov A.A., Zeinullin A.A., Idrisov D.A., Kim A.V. *Osetrovye Kazakhstana: sovremennoe sostoyaniye i perspektivy sokhraneniya*. [Sturgeons of Kazakhstan: current state and conservation prospects]. Uralsk, Zhanger Khan West-Kazakhstan Agrarian-Technical University Publ., 2014, 123 p. (In Russian)
42. Pikitch E.K., Doukakis Ph, Lauck L., Chakrabarty P., Erickson D. L. Status, trends and management of sturgeon and paddlefish fisheries. *Fish and Fisheries*, 2005, vol. 6, no. 3, pp. 233–265. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2005. 00190.x
43. Doukakis Ph., Babcock E.A., Pikitch E.K., Sharov A.R., Baimukhanov M., Erbulekov S., Bokova Y., Nimatov A. Management and Recovery Options for Ural River Beluga Sturgeon. *Conservation Biology*, 2010, vol. 24, no. 3, pp. 769–777. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2010. 01458.x
44. Sergaliev N., Tumenov A., Sariev B., Kakishev M., Bakiyev S. Morphological and biological features of ship sturgeon replacement and breeding stock of Ural-Caspian population, grown under conditions of controlled systems. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7, no. 6, pp. 2990–2998.
45. Friedrich T., Reinartz R., Gessner J. Sturgeon re-introduction in the Upper and Middle Danube River Basin. *Journal of Applied Ichthyology*, 2019, vol. 35, pp. 1059–1068. DOI: 10.1111/jai.13966
46. Bekbergenova V. Analysis of data on the biology and reproduction of the thorn (*Acipenser nudiventris*). *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: rybnoe khozyaistvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: fisheries]. 2020, no. 3, pp. 50–60. (In Russian) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-50-60
47. Rybkina I.D., Sivokhip Zh.T. Water resources of the Russian-Kazakhstan transboundary region and their use. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 70–86. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-70-86

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр А. Чибилев разработал концепцию статьи и комплекс рекомендаций. Кажмурат М. Ахмеденов и Александр А. Чибилев собрали обзорный материал. Кажмурат М. Ахмеденов проводил анализ литературных данных, редактировал и корректировал рукопись до подачи в редакцию. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander A. Chibilev developed the concept of the article and the set of recommendations. Kazhmurat M. Akhmedenov and Alexander A. Chibilev collected review material. Kazhmurat M. Akhmedenov analysed the literature and corrected the manuscript before submission to the Editor. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Кажмурат М. Ахмеденов / Kazhmurat M. Akhmedenov <https://orcid.org/0000-0001-7294-0913>
Александр А. Чибилев / Alexander A. Chibilev <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Оригинальная статья / Original article

УДК 598.2

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-17-33

Современный состав орнитофауны среднего Прииртышья

Александр Г. Мархаев¹, Сергей А. Соловьев^{2,3}, Федор С. Соловьев^{2,3}, Александр Ю. Алексеев^{1,4}¹Научно-исследовательский институт вирусологии Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Новосибирск, Россия²Институт экологии и систематики животных Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия³Министерство природных ресурсов и экологии Омской области, Омск, Россия⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия**Контактное лицо**

Александр Ю. Алексеев, кандидат биологических наук, руководитель лаборатории, НИИ вирусологии ФИЦ ФТМ; 630090 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2; доцент, Институт экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +73832749423

Email al-alexok@ngs.ruORCID <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>**Формат цитирования**

Мархаев А.Г., Соловьев С.А., Соловьев Ф.С., Алексеев А.Ю. Современный состав орнитофауны среднего Прииртышья // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 17-33. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-17-33

Получена 23 января 2023 г.

Прошла рецензирование 6 февраля 2023 г.

Принята 9 февраля 2023 г.

Резюме

Целью работы являлись составление списка видов птиц и их статуса в лесостепи и степи среднего Прииртышья на настоящее время и анализ их потенциальной способности в части переноса вирусов гриппа, представляющих опасность для человека и сельскохозяйственных животных.

Материалы и методы. Исследование орнитофауны и их статуса в лесостепи и степи среднего Прииртышья нами проводятся с 1973 г. по настоящее время. Анализ литературных источников проведен со времени путешествия Паллас П.С. с 1871 г. Кроме того, использованы сведения по водно-болотным угодьям Прииртышья, находящиеся в свободном доступе в сети Интернет.

Результаты. В начале XX столетия в окрестностях Омска встречено около 200 видов птиц, из них 125 видов гнездящихся. Сейчас в Омске и его окрестностях отмечено около 150 видов птиц. Среди 290 видов птиц Среднего Прииртышья 48 видов (16,6%) относятся к естественным хозяевам вирусов гриппа А. Из них, как минимум 40 видов относятся к пролетным, а 25 видов из них являются гнездящимися на этой территории. Кроме основных видов-хозяев вируса гриппа, список птиц среднего Прииртышья включает несколько видов падальщиков и хищников, а также синантропные виды птиц. Эти виды могут делить среду обитания или кормовые ресурсы с основными видами-хозяевами вирусов гриппа. Вирусы гриппа типа А могут передаваться между видами либо путем прямого, либо косвенного контакта путем механического распространения или загрязнения ресурсов.

Заключение. Учитывая, что через территорию Среднего Прииртышья пролегает 3 крупнейших пролетных пути птиц, с учетом значительного количества водно-болотных угодий создаются предпосылки массового одномоментного скопления разных популяций и видов перелетных птиц – переносчиков вирусов и соответственно высокая вероятность обмена вирусными геномами друг с другом с дальнейшим их распространением в новые регионы.

Ключевые слова

Западная Сибирь, орнитофауна, среднее Прииртышье, Омская область, лесостепь, степь, статус пребывания, не достоверные виды.

Most recent composition of the ornithofauna of the Middle Irtysh region, Russia

Alexander G. Marhaev¹, Sergey A. Soloviev^{2,3}, Fedor S. Soloviev^{2,3} and Alexander Yu. Alekseev^{1,4}

¹Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

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

³Ministry of Natural Resources and Ecology, Omsk Region, Omsk, Russia

⁴Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Alexander Yu. Alekseev, PhD, Head Laboratory, Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 2 Timakova St, Novosibirsk, Russia 630090 & Associate Professor, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +73832749423

Email al-alexok@ngs.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0015-9305>

How to cite this article

Marhaev A.G., Soloviev S.A., Soloviev F.S., Alekseev A.Yu. Most recent composition of the ornithofauna of the Middle Irtysh region, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 17-33. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-17-33

Received 23 January 2023

Revised 6 February 2023

Accepted 9 February 2023

Abstract

Aim. The work was to compile a list of bird species and their status in the forest-steppe and steppe of the Middle Irtysh region at the present time and to analyse their potential ability in terms of the transmission of influenza viruses that pose a danger to humans and farm animals.

Materials and Methods. The study of avifauna and their status in the forest-steppe and steppe of the Middle Irtysh region has been conducted by us from 1973 to the present. The analysis of literary sources has been carried out since the time of P.S. Pallas's travels in the region in 1871. In addition, information on the wetlands of the Irtysh region which is freely available on the Internet was used.

Results. At the beginning of the 20th century, about 200 species of birds were recorded in the vicinity of Omsk, 125 of them being breeding species. At present about 150 species of birds have been recorded in Omsk and its environs. Of the 290 bird species of the Middle Irtysh region, 48 species (16.6%) belong among the natural hosts of influenza A viruses. Of these, at least 40 species are migratory and 25 species nest there. In addition to the principal influenza virus host species, the list of birds of the Middle Irtysh region includes several species of scavengers and predators, as well as synanthropic bird species. These species may share habitat or food resources with the main host species of influenza viruses. Influenza A viruses can be transmitted between species either by direct or indirect contact through mechanical propagation or contamination of nutritional resources.

Conclusion. As the 3 largest bird migratory flyways run through the Middle Irtysh region where there is a significant number of wetlands, the prerequisites are created for a mass simultaneous accumulation of different populations and species of migratory birds carrying viruses and, accordingly, a high probability of exchanging viral genomes with each other and their further spread to new regions.

Key Words

Western Siberia, ornithofauna, Middle Irtysh region, Omsk region, forest-steppe, steppe, residence status, not reliable species.

ВВЕДЕНИЕ

Прииртышье – территория, примыкающая к среднему и нижнему течению Иртыша или близко к ней расположенная территория. Среднее Прииртышье занимает в современное время Омская область (рис. 1). Среднее Прииртышье отличается неоднородностью ландшафтных условий. Лесные массивы здесь сочетаются с незалесёнными участками и лугами в

поймах Иртыша и его притоков. 3,5 млн га площади Среднего Прииртышья покрыты болотами. Особенно их много в северных районах, где кроме болот широко распространены заболоченные озера и заболоченные колки. В северо-восточном районе области находится часть Васюганских болот – одних из самых больших болот в мире. В Омской области насчитывается около 16 тысяч озёр на общей площади 190,4 тыс. га [1].

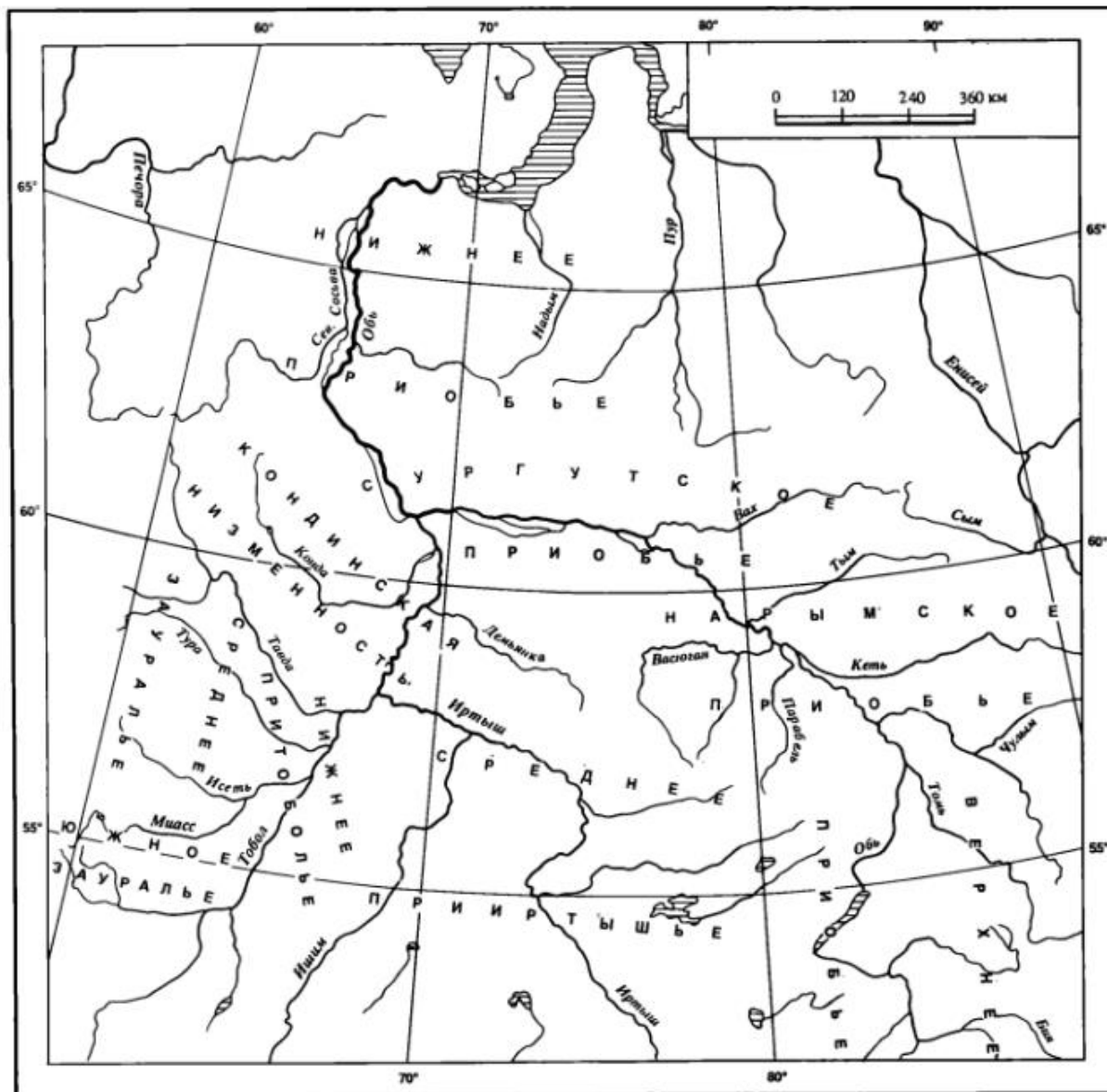


Рисунок 1. Историко-географическое деление Западной Сибири [40]

Figure 1. Historical and geographical division of Western Siberia [40]

С начала XX века на территории Среднего Прииртышья фенологию птиц с уточнением фаунистического состава и хозяйственного значения изучали И.Н. Шухов, С.Д. Лавров и П.В. Корш [2–4]. Корш и Каденацци [5] публикуют статью о массовой гибели пролетных птиц в лесостепи. Во второй половине XX и начале XXI столетий работы по исследованию фауны птиц Омска и области проводят Л.Н. Кантаева, В.Г. Федоров, С.П. Миловидов, С.З. Шевырнов, Л.Н. Кантаева, В.В. Якименко [6; 7]. В июне 1993 г. Е.Е. Сыроечковский мл. работает в Омской области, с П. Бертольд (P. Berthold) и его коллегами У. Куернером (U. Querner) и Г. Хейне (G. Heine)

(Vogelwarte Radolfzell, ФРГ), которые становятся первыми зарубежными орнитологами, посещающими Омск после революции 1917 г. [8]. В августе 2001 г. на Омской станции кольцевания метят птиц П. Буссе (P. Busse) и Я. Новаковский (J. Novakowski) из Республики Польша. В июле 2004 г. Омский район посещает С.М. Цыбулин и Н.В. Климова для проведения учетов и решения методических задач. В августе 2005 г. в Омске кольцуют птиц П. Бертольд (P. Berthold), Г. Мохр (G. Mohr) и Н.С. Чернецов, которые так же исследуют кудрявых пеликанов и больших белых цапель на озере Тенис в северной лесостепи Омской области [6; 7].

Таким образом, к настоящему времени орнитофауна лесостепи и степи Среднего Прииртышья (Омской области) исследована достаточно полно [9; 10].

Всех птиц по их отношению к перелетам можно разделить на большие группы. Оседлые, т. е. живущие в данной области круглый год. Летующие – прилетающие только для вывода детей, на лето. Перечисленные две группы составляют контингент птиц, гнездящихся на исследуемой территории. Пролетные – встречающиеся только во время своего пролета весной на север и осенью на юг. Зимние – живущие на исследуемой территории исключительно зимой. Залетные – птицы, встреча которых ненормальна и не должна быть с какой-то частотой, не ежегодна. Последние три группы птиц являются негнездящимися на исследуемой территории. Нужно отметить, что разделение птиц на группы условно, существует большое количество промежуточных форм и популяций птиц. Один и тот же вид в одной области является оседлым или кочующим, в другой летующим или пролетным [11].

По данным International Wader Study Group [12], через территорию Среднего Прииртышья пролегал 3 крупнейших пролетных пути птиц:

1. Центральнo-Азиатский пролетный путь (Central Asian Flyway);
2. Черноморско-Средиземноморский пролетный путь (Black Sea – Mediterranean Flyway);
3. Западно-Азиатский Восточно-Африканский пролетный путь (West Asian – East African Flyway).

При массовых скоплениях возникают контакты птиц разных видов и популяций, что создает благоприятные условия для распространения различных вирусных инфекционных заболеваний.

Целью работы являлись составление списка видов птиц и их статуса в лесостепи и степи среднего Прииртышья на настоящее время и анализ их потенциальной способности в части переноса вирусов гриппа, представляющих опасность для человека и сельскохозяйственных животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При выборе районов пригодных для репрезентативного отбора проб на птичий грипп, было принято во внимание использование территорий в качестве охотничьих угодий для сезонной добычи ооловодных и водоплавающих птиц. Помимо этого, проводилась оценка видового состава птиц на предмет ранее опубликованных данных в научной литературе по носительству вируса гриппа А.

Для установления видового разнообразия и численности ооловодных и водоплавающих птиц нами привлечены материалы, опубликованные с 90-х годов XIX в. по сегодняшний день. Кроме того, использованы сведения по водно-болотным угодьям Прииртышья, находящиеся в свободном доступе в сети Интернет.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ списка видов птиц и их статуса в лесостепи и степи Среднего Прииртышья (Омской области) по результатам наших исследований с 1973 г. по настоящее время и по литературным источникам с 1881 г. [6; 9; 10] представлен в таблице 1.

Из 166 видов неворобьеобразных птиц лесостепной и степной зон Среднего Прииртышья (Омской области) (табл. 1) доминируют гнездящиеся перелетные и пролетные виды – 34,7%; пролетных

видов – 17,2%; залетных видов – 13,7%; зимующих видов – 7,3%; гнездящихся перелетных видов – 5,6%; остальные виды (возможно гнездящийся вид, пролетный ранее гнездящийся вид, ранее гнездящийся вид, возможно гнездящийся зимующий вид, гнездящийся и качающийся вид, качающийся вид, пролетный и зимующий вид) составляют – 21,5%. Высокий процент залетных видов птиц подтверждает наш тезис об относительной «молодости» фаунистического комплекса пернатых и продолжающимся процессе формирования фауны юго-западной части Западной Сибири.

Из 124 видов воробьеобразных птиц лесостепной и степной зон Среднего Прииртышья (Омской области) (табл. 1) доминируют гнездящиеся перелетные и пролетные виды – 44,7%; зимующих видов – 22,3%; залетных видов – 16,2%; пролетных видов – 11,2%; гнездящихся перелетных видов – 5,6%; остальные виды (возможно гнездящийся вид, пролетный ранее гнездящийся вид, ранее гнездящийся вид, возможно гнездящийся зимующий вид, гнездящийся и качающийся вид, качающийся вид, пролетный и зимующий вид) составляют – 21,5%. Высокий процент залетных видов птиц подтверждает наш тезис об относительной «молодости» фаунистического комплекса пернатых и продолжающимся процессе формирования фауны юго-западной части Западной Сибири.

Дикими водоплавающие птицы считаются природным источником всех вирусов гриппа типа А. Возможно, на протяжении веков именно они являлись распространителями вирусов данного заболевания.

Из перечисленных выше видов птиц, только представители водно-ооловодной группы трех отрядов Ржанкообразные (семейство Чайковые), Журавлеобразные (семейства Пастушковые и Журавлинные), Гусеобразные (семейство Утиные) (48 видов) являются общепризнанными классическими хозяевами вирусов гриппа типа А (Ортомиксовирусы) и некоторых других вирусов семейства Парамиксовирусы [13; 14]. Следует признать, что в научной литературе есть случаи диагностирования или даже выделения вирусов у птиц, не относящихся к группе водно-ооловодных.

Например, синантропные виды могут делить воду (прибрежная среда обитания, пруды, дренажи) или кормовые ресурсы (например, посевные поля) с дикими видами-хозяевами вирусов гриппа, а также водные ресурсы (низины, лужи, каналы) или кормовые ресурсы (рассыпанный корм, туши) с домашними видами-хозяевами вирусов гриппа на фермах. Вирусы гриппа типа А могут передаваться между видами либо путем прямого, либо косвенного контакта путем механического распространения или загрязнения ресурсов [15].

Несколько отрядов птиц включают виды падальщиков и хищников, такие как ястребы, орлы и стервятники Старого Света (отряд Accipitriformes, семейство Accipitridae), совы (отряд Strigiformes, семейства Tytonidae и Strigidae) и соколы (отряд Falconiformes, Falconidae). Экология питания падальщиков и хищных птиц может привести к контакту этой группы птиц с добычей или тушами, инфицированными вирусами гриппа. Таким образом, вирус гриппа типа А выявляли у большого разнообразия ястребов, орлов, сов и грифов [16–19].

Таблица 1. Видовой состав птиц среднего Прииртышья
Table 1. Species composition of birds of the middle Irtysh region

№ п/п	Название вида Species Rus	Латинское название Species Latin	Английское название Species Eng	Статус вида Species status
виды неворобьинообразных птиц species of non-passerine birds				
1	Гагара Чернозобая	<i>Gavia arctica</i>	Arctic Loon	N M F
2	Малая поганка	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Little Grebe	prBS x
3	Черношейная поганка	<i>Podiceps nigricollis</i>	Black-necked grebe	N M F
4	Серошекая Поганка	<i>Podiceps grisegena</i>	Red-necked Grebe	N M x
5	Большая поганка- чомга	<i>Podiceps cristatus</i>	Great Crested Grebe	N M F
6	Красношейная поганка	<i>Podiceps auritus</i>	Horned Grebe	N M F
7	Кудрявый пеликан	<i>Pelecanus crispus</i>	Dalmatian pelican	N M F
8	Баклан большой	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Great Cormorant	N M F
9	Большая выпь	<i>Botaurus stellaris</i>	Great Bittern	N M F
10	Малая выпь - волчок	<i>Ixobrychus minutus</i>	Little Bittern	N M F
11	Серая цапля	<i>Ardea cinerea</i>	Grey Heron	N M F
12	Большая белая цапля	<i>Casmerodius albus</i>	Great egret	N M F
13	Черный аист	<i>Ciconia nigra</i>	Black Stork	V x
14	Белый аист	<i>Ciconia ciconia</i>	White Stork	V x
15	Обыкновенный фламинго	<i>Phoenicopterus roseus</i>	Greater flamingo	V x
16	Лебедь-кликун	<i>Cygnus cygnus</i>	Whooper swan	N M F

№ п/п	Название вида Species Rus	Латинское название Species Latin	Английское название Species Eng	Статус вида Species status
146	Сплюшка	<i>Otus scops</i>	Eurasian Scops Owl	N M x
147	Филин	<i>Bubo bubo</i>	Eurasian eagle- owl	N M F
148	Домовый сыч	<i>Athene noctua</i>	Little owl	Po No BS mS
149	Бородатая неясыть	<i>Strix nebulosa</i>	Great grey owl	N No mS
150	Серая неясыть	<i>Strix aluco</i>	Tawny owl	V x
151	Ушастая сова	<i>Asio otus</i>	Long-eared owl	N M F
152	Болотная сова	<i>Asio flammeus</i>	Short-eared owl	N M F
153	Длиннохвостая неясыть	<i>Strix uralensis</i>	Ural owl	N M F
154	Ястребиная сова	<i>Surnia ulula</i>	Northern hawk- owl	No No mS
155	Воробьиный сычик	<i>Glaucidium passerinum</i>	Eurasian pygmy owl	Po No BS mS
156	Белая сова	<i>Nyctea scandiaca</i>	Snowy owl	W x
157	Мохноногий сыч	<i>Aegolius funereus</i>	Boreal owl	Po No BS mS
158	Чёрный стриж	<i>Apus apus</i>	Common swift	N M F
159	Вертишейка	<i>Jynx torquilla</i>	Wryneck	N M F
160	Желна-чёрный дятел	<i>Dryocopus martius</i>	Black woodpecker	N No mS
161	Седой дятел	<i>Picus canus</i>	Grey-headed woodpecker	V x
162	Пёстрый дятел,	<i>Dendrocopos major</i>	Great spotted woodpecker	N No mS

17	Лебедь-шипун	<i>Cygnus olor</i>	Mute swan	x	x	F	163	Белоспинный дятел	<i>Dendrocopos leucotos</i>	White-backed woodpecker	N	No mS	W
18	Тундровый лебедь	<i>Cygnus bewickii</i>	Tundra Swan	x	x	F	164	Малый пёстрый дятел	<i>Dendrocopos minor</i>	Lesser spotted woodpecker	N	No mS	W
19	Гусь серый	<i>Anser anser</i>	Greylag goose	N	M	F	165	Трёхпалый дятел	<i>Picoides tridactylus</i>	Three-toed woodpecker	V	x	x
20	Гусь-гуменник	<i>Anser fabalis</i>	Bean Goose	x	x	F	166	Козодой	<i>Caprimulgus europaeus</i>	Nightjar	x	x	F
21	Гусь белолобый	<i>Anser albifrons</i>	Greater White-fronted Goose	x	x	F	виды воробьинообразных птиц species of sparrow birds						
22	Пискулька	<i>Anser erythropus</i>	Lesser White-fronted Goose	x	x	F	167	Зимородок	<i>Alcedo atthis</i>	Common Kingfisher	N	M	x
23	Черная казарка	<i>Branta bernicla</i>	Brant Goose	V	x	x	168	Сизоворонка	<i>Coracias garrulus</i>	European roller	V	x	x
24	Краснозобая казарка	<i>Branta ruficollis</i>	Red-breasted Goose	x	M	x	169	Удод	<i>Upupa epops</i>	Eurasian hoopoe	prBS	x	x
25	Огарь	<i>Tadorna ferruginea</i>	Ruddy Shelduck	V	x	x	170	Чёрный жаворонок	<i>Melanocorypha yeltoniensis</i>	Black lark	N	No mS	x
26	Пеганка	<i>Tadorna tadorna</i>	Common Shelduck	N	M	x	171	Белокрылый жаворонок	<i>Melanocorypha leucoptera</i>	White-winged lark	W	x	x
27	Кряква	<i>Anas platyrhynchos</i>	Mallard	N	M	F	172	Полевой жаворонок	<i>Alauda arvensis</i>	Eurasian skylark	N	M	F
28	Чирок-свистунок	<i>Anas crecca</i>	Common Teal	N	M	F	173	Малый жаворонок	<i>Calandrella cinerea</i> [brachydactyla]	(Greater) short-toed lark	V	x	x
29	Касатка	<i>Anas falcata</i>	Falcated Duck	V	x	x	174	Рогатый жаворонок	<i>Eremophila alpestris</i>	Horned lark	x	x	F
30	Серая утка	<i>Anas strepera</i>	Gadwall	N	M	F	175	Береговушка	<i>Riparia riparia</i>	Sand martin	N	M	F
31	Свиязь	<i>Anas penelope</i>	European wigeon	x	x	F	176	Деревенская ласточка	<i>Hirundo rustica</i>	Barn swallow	N	M	F
32	Шилохвость	<i>Anas acuta</i>	Northern Pintail	N	M	F	177	Воронok	<i>Delichon urbica</i>	Common house martin	N	M	F
33	Чирок-трескунок	<i>Anas querquedula</i>	Garganey	N	M	F	178	Желтая трясогузка	<i>Motacilla flava</i>	Western Yellow Wagtail	N	M	F
34	Широконоска	<i>Anas clypeata</i>	Shoveler	N	M	F	179	Желтоголовая трясогузка	<i>Motacilla citreola</i>	Citrine Wagtail	N	M	F
35	Красноносый нырок	<i>Netta rufina</i>	Red-crested Pochard	V	x	x	180	Горная трясогузка	<i>Motacilla cinerea</i>	Grey Wagtail	x	x	F

36	Красноголовый нырок	<i>Aythya ferina</i>	Common Pochard	N	M	F	181	Белая трясузга	<i>Motacilla alba</i>	White Wagtail	N	M	F
37	Белоглазый нырок	<i>Aythya nyroca</i>	Ferruginous duck	x	x	F	182	Степной конек	<i>Anthus richardi</i>	Richard's Pipit	x	x	F
38	Хохлатая чернеть	<i>Aythya fuligula</i>	Tufted Duck	N	M	F	183	Полевой конёк	<i>Anthus campestris</i>	Tawny pipit	N	x	F
39	Морская чернеть	<i>Aythya marila</i>	Greater Scaup	x	x	F	184	Лесной конек	<i>Anthus trivialis</i>	Tree Pipit	N	M	F
40	Турпан	<i>Melanitta fusca</i>	Velvet Scoter	x	x	F	185	Краснозобый конек	<i>Anthus cervinus</i>	Red-throated pipit	x	x	F
41	Морянка	<i>Clangula hyemalis</i>	Long-tailed duck	x	x	F	186	Пятнистый конёк	<i>Anthus hodgsoni</i>	Olive-backed pipit	Unc.	Unc.	Unc.
42	Гоголь	<i>Bucephala clangula</i>	Goldeneye	x	x	F	187	Луговой конёк	<i>Anthus pratensis</i>	Meadow pipit	x	x	F
43	Длинноносый	<i>Mergus serrator</i>	Red-breasted Merganser	x	x	F	188	Сорокопут-жулан	<i>Lanius collurio</i>	Red-backed shrike	N	M	F
44	Луток	<i>Mergellus albellus</i>	Smew	x	x	F	189	Сибирский жулан	<i>Lanius cristatus</i>	Brown Shrike	V	x	x
45	Большой крохаль	<i>Mergus merganser</i>	Common Merganser	x	x	F	190	Чернолобый сорокопут	<i>Lanius minor</i>	Lesser grey shrike	N	M	x
46	Савка	<i>Oxyura leucocephala</i>	White-headed duck	N	M	x	191	Серый сорокопут	<i>Lanius excubitor</i>	Great grey shrike	x	x	F
47	Скопа	<i>Pandion haliaetus</i>	Osprey	x	x	F	192	Обыкновенный свистель	<i>Bombicilla garrulus</i>	Waxwing	W	x	x
48	Черный коршун	<i>Milvus migrans</i>	Black Kite	N	M	F	193	Обыкновенная оляпка	<i>Cinclus cinclus</i>	Dipper	V	x	x
49	Красный коршун	<i>Milvus milvus</i>	Red Kite	V	x	x	194	Черногорлая завирушка	<i>Prunella atragularis</i>	Black-throated accentor	x	x	F
50	Тетеревятник	<i>Accipiter gentilis</i>	Northern Goshawk	N	Nom S	x	195	Лесная завирушка	<i>Prunella modularis</i>	Duncock	V	x	x
51	Перепелятник	<i>Accipiter nisus</i>	Eurasian Sparrowhawk	N	Nom S	x	196	Зарянка	<i>Erithacus rubecula</i>	European robin	N	M	x
52	Мохноногий канюк-Зимняк	<i>Buteo lagopus</i>	Rough-legged Buzzard	W	x	x	197	Обыкновенный соловей	<i>Luscinia luscinia</i>	Thrush nightingale	N	M	F
53	Канюк	<i>Buteo buteo</i>	Buzzard	N	M	F	198	Соловей-красношейка	<i>Luscinia calliope</i>	Siberian Rubythroat	N	M	F
54	Большой подорлик	<i>Aquila clanga</i>	Greater spotted eagle	prBS	x	x	199	Синехвостка	<i>Tarsiger cyanurus</i>	Red-flanked Bluetail	x	x	F
55	Орлан-белохвост	<i>Haliaeetus albicilla</i>	White-tailed eagle	x	x	F	200	Варакушка	<i>Luscinia svecica</i>	Bluethroat	N	M	F

56	Степной орёл	<i>Aquila nipalensis</i>	Steppe Eagle	V	x	x	201	Горихвостка-лысушка	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Common redstart	N	M	F
57	Могильник	<i>Aquila heliaca</i>	Eastern imperial eagle	V	x	x	202	Горихвостка-чернушка	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Black redstart	V	x	x
58	Беркут	<i>Aquila chrysaetos</i>	Golden eagle	prBS	x	x	203	Сибирская горихвостка	<i>Phoenicurus auræus</i>	Daurian Redstart	Unc.	Unc.	Unc.
59	Чёрный гриф	<i>Aegypius monachus</i>	Cinereous vulture	V	x	x	204	Луговой чекан	<i>Saxicola rubetra</i>	Whinchat	N	M	F
60	Белоголовый сип	<i>Gyps fulvus</i>	Eurasian griffon Vulture	V	x	x	205	Черноголовый чекан	<i>Saxicola torquata</i>	African Stonechat	N	M	F
61	Полевой лунь	<i>Circus cyaneus</i>	Hen Harrier	N	M	F	206	Обыкновенная каменка	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Northern Wheatear	N	M	F
62	Степной лунь	<i>Circus macrourus</i>	Pallid harrier	N	M	F	207	Каменка-плешанка	<i>Oenanthe pleschanka</i>	Pied wheatear	V	x	x
63	Луговой лунь	<i>Circus pygargus</i>	Montagu's Harrier	N	M	x	208	Сибирский дрозд	<i>Cichloselys sibiricus</i>	Siberian thrush	V	x	x
64	Болотный лунь	<i>Circus aeruginosus</i>	Marsh harrier	N	M	F	209	Пестрый дрозд	<i>Zoothera dauma</i>	Scaly thrush	x	x	F
65	Степная пустельга	<i>Falco naumanni</i>	Lesser kestrel	V	x	x	210	Чёрный дрозд	<i>Turdus merula</i>	Common Blackbird	V	x	x
66	обыкновенная пустельга	<i>Falco tinnunculus</i>	Common Kestrel	N	M	F	211	Чернозобый дрозд	<i>Turdus atrogularis</i>	Black-throated thrush	x	x	F
67	Дербник	<i>Falco columbarius</i>	Merlin	N	M	F	212	Рябинник	<i>Turdus pilaris</i>	Fieldfare	N	No mS	F
68	Кобчик	<i>Falco vespertinus</i>	Red-footed Falcon	N	M	F	213	Белобровик	<i>Turdus iliacus</i>	Redwing	EhS	x	F
69	Челок	<i>Falco subbuteo</i>	Eurasian Hobby	N	M	F	214	Певчий дрозд	<i>Turdus philomelos</i>	Song thrush	EhS	x	F
70	Балобан	<i>Falco cherrug</i>	Saker falcon	prBS	x	x	215	Деряба	<i>Turdus viscivorus</i>	Mistle-thrush	x	x	F
71	Кречет	<i>Falco rusticolus</i>	Gyr falcon	V	x	x	216	Речной сверчок	<i>Locustella fluviatilis</i>	River warbler	N	M	x
72	Сапсан	<i>Falco peregrinus</i>	Peregrine	x	x	F	217	Певчий сверчок	<i>Locustella certhiola</i>	Pallas's grasshopper warbler	x	x	F
73	Серая куропатка	<i>Perdix perdix</i>	Grey Partridge	N	S	x	218	Обыкновенный сверчок	<i>Locustella naevia</i>	Common grasshopper warbler	N	M	F
74	Перепел	<i>Coturnix coturnix</i>	Common Quail	N	M	F	219	Пятнистый сверчок	<i>Locustella lanceolata</i>	Lanceolated warbler	x	x	Efs

75	Белая куропатка	<i>Lagopus lagopus</i>	Willow Grouse	N	S	x	220	Камышевка-барсучок	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Sedge warbler	N	M	F
76	Тетерев	<i>Lyrurus tetrix</i>	Black Grouse	N	S	x	221	Индийская камышевка	<i>Acrocephalus agricola</i>	Paddyfield warbler	N	M	x
77	Рябчик	<i>Tetrastes bonasia</i>	Hazel grouse	prBS	S	x	222	Садовая камышевка	<i>Acrocephalus dumetorum</i>	Blyth's reed warbler	N	M	F
78	Коростель	<i>Crex crex</i>	Corn Crake	N	M	F	223	Дроздовидная камышевка	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Great reed warbler	N	M	F
79	Обыкновенный погоньш	<i>Porzana porzana</i>	Spotted crane	N	M	F	224	Зелёная пересмешка	<i>Hippolais icterina</i>	Icterine warbler	N	M	F
80	Погоньш-крошка	<i>Porzana pusilla</i>	Baillon's Crake	prBS	x	x	225	Северная бормотушка	<i>Iduna caligata</i>	Booted warbler	N	M	F
81	Пастушок водяной	<i>Rallus aquaticus</i>	Water Rail	prBS	x	x	226	Ястребинная славка	<i>Sylvia nisoria</i>	Barred warbler	N	M	F
82	Камышница	<i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen	N	M	x	227	Садовая славка	<i>Sylvia borin</i>	Garden warbler	N	M	F
83	Лысуха	<i>Fulica atra</i>	Coot	N	M	F	228	Славка-черноголовка	<i>Sylvia atricapilla</i>	Eurasian blackcap	Po BS	M	F
84	Серый журавль	<i>Grus grus</i>	Common crane	N	M	F	229	Серая славка	<i>Sylvia communis</i>	Common whitethroat	N	M	F
85	Красавка	<i>Anthropoides virgo</i>	Demoiselle Crane	N	x	x	230	Славка-завирушка	<i>Sylvia curruca</i>	Lesser whitethroat	N	M	F
86	Стерх	<i>Grus leucogeranus</i>	Siberian Crane	x	x	F	231	Пеночка-весничка	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Willow warbler	N	M	F
87	Дрофа	<i>Otis tarda</i>	Great bustard	prBS	x	x	232	Пеночка-теньковка	<i>Phylloscopus collybita</i>	Common chiffchaff	N	M	F
88	Стрепет	<i>Tetrax tetrax</i>	Little Bustard	prBS	x	x	233	Пеночка-трещотка	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Wood warbler	V	x	x
89	Авдотка	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Indian stone-curlew	prBS	x	x	234	Пеночка-зарничка	<i>Phylloscopus inornatus</i>	Yellow-browed warbler	x	x	F
90	Перевозчик	<i>Actitis hypoleucos</i>	Common Sandpiper	N	M	F	235	Зелёная пеночка	<i>Phylloscopus trochiloides</i>	Greenish warbler	N	M	F
91	Мородунка	<i>Xenus cinereus</i>	Terek Sandpiper	x	x	F	236	Желтоголовый королёк	<i>Regulus regulus</i>	Goldcrest	Nom S	x	x
92	Круглоносый плавунчик	<i>Phalaropus lobatus</i>	Red-necked Phalarope	x	x	F	237	Серая мухоловка	<i>Muscicapa striata</i>	Spotted flycatcher	N	M	F
93	Турухтан	<i>Philomachus pugnax</i>	Ruff	x	x	F	238	Мухоловка-пеструшка	<i>Ficedula hypoleuca</i>	European pied flycatcher	N	M	F
94	Кулик-воробей	<i>Calidris minuta</i>	Little Stint	x	x	F	239	Усатая синица	<i>Panurus biarmicus</i>	Bearded reedling	Po BS	No mS	x

95	Белохвостый песочник	<i>Calidris temminckii</i>	Temminck's Stint	x	x	F	240	Длиннохвостая синица	<i>Aegithalos caudatus</i>	Long-tailed tit	N	No mS	x
96	Краснозобик	<i>Calidris ferruginea</i>	Curlew Sandpiper	x	x	F	241	Обыкновенный ремез	<i>Remiz pendulinus</i>	Penduline tit	N	M	x
97	Чернозобик	<i>Calidris alpina</i>	Dunlin	x	x	F	242	Буроголовая гаичка	<i>Parus montanus</i>	Willow tit	N	No mS	x
98	Гаршнеп	<i>Limnospyles minimus</i>	Jack Snipe	x	x	F	243	Московка	<i>Parus ater</i>	Coal tit	N	No mS	x
99	Дупель	<i>Gallinago media</i>	Great Snipe	N	x	F	244	Большая синица	<i>Parus major</i>	Great tit	N	S	x
100	Бекас	<i>Gallinago gallinago</i>	Common Snipe	N	M	F	245	Князёк, или белая лазоревка	<i>Parus cyanus</i>	Azure tit	N	No mS	x
101	Лесной дупель	<i>Gallinago megala</i>	Swinhoe's Snipe	V	x	x	246	Лазоревка	<i>Parus caeruleus</i>	Eurasian blue tit	Unc.	Unc.	Unc.
102	Вальдшнеп	<i>Scolopax rusticola</i>	Eurasian Woodcock	N	x	F	247	Поползень	<i>Sitta europaea</i>	Eurasian nuthatch	N	No mS	x
103	Большой кроншнеп	<i>Numenius arquata</i>	Curlew	N	M	F	248	Пищуха	<i>Certhia familiaris</i>	Eurasian treecreeper	W	No mS	x
104	Средний кроншнеп	<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	x	x	F	249	Просянка	<i>Emberiza [Miliaria] calandra</i>	Corn bunting	V	x	x
105	Тонкоклювый кроншнеп	<i>Numenius tenuirostris</i>	Slender-billed curlew	prBS	x	x	250	Обыкновенная овсянка	<i>Emberiza citrinella</i>	Yellowhammer	N	M	F
106	Большой веретенник	<i>Limosa limosa</i>	Black-tailed Godwit	N	M	F	251	Белошапочная овсянка	<i>Emberiza leucosephala</i>	Pine Bunting	N	M	F
107	Тулес	<i>Pluvialis squatarola</i>	Grey Plover	x	x	F	252	Садовая овсянка	<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolan bunting	N	M	x
108	Бурокрылая ржанка	<i>Pluvialis fulva</i>	Pacific golden plover	x	x	F	253	Овсянка-ремез	<i>Ocyris rusticus</i>	Rustic Bunting	x	x	F
109	Золотистая ржанка	<i>Pluvialis apricaria</i>	European golden plover	x	x	F	254	Дубровник	<i>Emberiza aureola</i>	Yellow-breasted bunting	N	M	F
110	Галстучник	<i>Charadrius hiaticula</i>	Ringed Plover	x	x	F	255	Камышовая овсянка	<i>Emberiza schoeniclus</i>	Reed bunting	N	M	F
111	Малый зуек	<i>Charadrius dubius</i>	Little Ringed Plover	N	M	F	256	Овсянка-крошка	<i>Ocyris pusillus</i>	Little Bunting	Unc.	Unc.	Unc.
112	Хрустан	<i>Eudromias morinellus</i>	Eurasian dotterel	x	x	F	257	Лапландский подорожник	<i>Calcarius lapponicus</i>	Lapland longspur	W	x	x
113	Кречётка	<i>Chettusia gregaria</i>	Sociable lapwing	N	M	x	258	Пуночка	<i>Plectrophenax nivalis</i>	Snow bunting	W	x	x

114	Чибис	<i>Vanellus vanellus</i>	Northern Lapwing	N	M	F	259	Зяблик	<i>Fringilla coelebs</i>	Common chaffinch	N	M	F
115	Камнешарка	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone	x	x	F	260	Юрок, или Вьюрок	<i>Fringilla montifringilla</i>	Brambling	x	x	F
116	Ходулочник	<i>Himantopus himantopus</i>	Black-winged Stilt	N	M	x	261	Зеленушка	<i>Carduelis [Chloris] chloris</i>	Greenfinch	V	x	x
117	Шилоклювка	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Avocet	N	M	x	262	Чиж	<i>Spinus spinus</i>	Eurasian siskin	Po BS	x	F
118	Кулик-сорока	<i>Haematopus ostralegus</i>	Oystercatcher	N	M	F	263	Черноголовый щегол	<i>Carduelis carduelis</i>	European goldfinch	N	W	x
119	Черныш	<i>Tringa ochropus</i>	Green Sandpiper	N	M	F	264	Обыкновенная чечётка	<i>Acanthis flammea</i>	Common redpoll	RwS	x	x
120	Фифи	<i>Tringa glareola</i>	Wood Sandpiper	N	M	F	265	Пепельная чечётка	<i>Acanthis hornemanni</i>	Arctic redpoll	W	x	x
121	Большой улит	<i>Tringa nebularia</i>	Greenshank	N	x	F	266	Коноплянка	<i>Acanthis cannabina</i>	Common linnet	N	M	F
122	Травник	<i>Tringa totanus</i>	Redshank	N	M	F	267	Урагус	<i>Uragus sibiricus</i>	Siberian long-tailed rosefinch	W	x	x
123	Щеголь	<i>Tringa erythropus</i>	Spotted Redshank	x	x	F	268	Чечевица	<i>Carpodacus erythrinus</i>		N	M	F
124	Поручейник	<i>Tringa stagnatilis</i>	Marsh Sandpiper	N	M	F	269	Сибирская чечевица	<i>Carpodacus roseus</i>	Pallas's rosefinch	V	x	x
125	Степная тиркушка	<i>Glareola nordmanni</i>	Black-winged pratincole	V	x	x	270	Щур	<i>Pinicola enucleator</i>	Pine grosbeak	W	x	x
126	Сизая чайка	<i>Larus canus</i>	Common gull	N	M	F	271	Клёст-сосновик	<i>Loxia pytyopsittacus</i>	Parrot crossbill	V	x	x
127	Хохотунья	<i>Larus cachinnans</i>	Caspian Gull	N	M	F	272	Клёст-еловик	<i>Loxia curvirostra</i>	Red crossbill	W	No mS	x
128	Черноголовый хохотун	<i>Larus ichthyæetus</i>	Pallas's Gull	Po BS	x	F	273	Белокрылый клёст	<i>Loxia leucoptera</i>	Two-barred crossbill	V	x	x
129	Клуша	<i>Larus fuscus</i>	Lesser black-backed gull	x	x	F	274	Обыкновенный снегирь	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Eurasian bullfinch	W	x	x
130	Чайка озерная	<i>Larus ridibundus</i>	Black-headed Gull	N	M	F	275	Серый снегирь	<i>Pyrrhula cineracea</i>	Baikal bullfinch	W	x	x
131	Морской голубок	<i>Larus genei</i>	Slender-billed gull	V	x	x	276	Обыкновенный дубонос	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Hawfinch	W	x	F
132	Малая чайка	<i>Larus minutus</i>	Little gull	N	M	F	277	Домовый воробей	<i>Passer domesticus</i>	House sparrow	N	S	K
133	Белощёкая крачка	<i>Chlidonias hybridus</i>	Whiskered tern	Unc.	Unc.	Unc.	278	Полевой воровей	<i>Passer montanus</i>	Tree sparrow	N	S	Nom S

Сизые голуби (*Columba livia*) широко известны своим синантропным поведением и часто связаны с птицефабриками. Следовательно, голуби были частым объектом исследований на наличие вирусов гриппа, что можно увидеть в обзоре Abolnik [20].

Отряд воробьинообразных включает более половины всех известных видов птиц, разделенных почти на 150 семейств. Хотя существует много тысяч видов воробьинообразных, большинство синантропных видов ограничено семью семействами: Corvidae (вороны, вороны, сойки и сороки), Hirundae (ласточки), Sturnidae (скворцы), Turdidae (дрозды и малиновки), Passeridae (воробьиные), Fringillidae (зяблики) и Icteridae (трупияловы). Воробьинообразные из других семейств могут встречаться или даже быть обычным явлением на фермах, но большинство видов за пределами этих семейств вряд ли будут играть значительную роль в динамике вирусов гриппа, основанной на поведении (т.е. ограниченном взаимодействии с домашней птицей или общими ресурсами) или физиологических характеристиках. Например, многие воробьинообразные в первую очередь насекомоядные, поэтому нельзя ожидать, что они будут делить и загрязнять пищевые ресурсы основных видов-хозяев вирусов гриппа.

В 2004 г. в Японии высокопатогенный грипп типа H5N1 был выделен из камышовых ворон (*C. macrorhynchos*) после вспышки среди домашней птицы [21]. Точно так же высокопатогенный грипп типа H5N1 был выделен от двух лесных ворон в Индии после вспышек среди домашних птиц в этой стране [22], а также от черных и лесных ворон вблизи очагов вспышек в Бангладеш [23]. Эти исследования показывают, что врановые, как правило, восприимчивы к высокопатогенному гриппу, но имеется ограниченная информация о низкопатогенных вирусах гриппа у этих птиц.

Ласточки обычно встречаются в открытых местах обитания, и поэтому они могут быть очень распространены на некоторых фермах. Эти виды являются почти исключительно насекомоядными, что может ограничивать их взаимодействие с домашней птицей или общими ресурсами. Тем не менее, вирусы субтипа H4, H9, H10 и H11 были выделены из трех ласточек, отобранных в Словакии [24].

Европейские скворцы (*Sturnus vulgaris*) – основной синантропный вид семейства Sturnidae. Вирусная РНК была обнаружена как минимум пятью группами исследователей суммарно у 26 птиц из 1451 отобранной птицы (1,79%) [25–29].

Два вида в семействе Passeridae являются синантропами: евразийский полевой воробей (*Passer montanus*) и домашний воробей (*Passer domesticus*). Оба вида очень распространены вдоль границы между городом и деревней. Во многих исследованиях были отобраны образцы от воробьев для определения наличия вируса гриппа. В 6 исследованиях, в которых сообщалось о наблюдении за воробьями, наличие РНК вирусов гриппа составило 0,64% [30–35].

Тем не менее, все описанные случаи диагностирования носительства вируса гриппа типа А являются единичными и спорадическими, что не может говорить о постоянной циркуляции этих вирусов в

популяциях птиц, не относящихся к группе водно-околоводных в указанных отрядах.

Вирусы гриппа типа А имеют наибольшую значимость для общественного здравоохранения, поскольку они потенциально могут вызывать пандемию гриппа (например, подтипы вируса птичьего гриппа H5N1 и H9N2). Поэтому, возможность того, что некоторые штаммы вирусов гриппа А будут мутировать, превращаясь в формы, передаваемые между людьми и порождая крупные пандемии гриппа, является предметом серьезной озабоченности [36]. Вспышки высоко патогенных штаммов вирусов птичьего гриппа способны вызывать значительные экономические потери для птицеводства.

Распространение вирусов гриппа птиц в природе неразрывно связано с миграционными перемещениями птиц [37]. Границы географических популяций определены на основании данных кольцевания и достаточно динамичны, так как многим видам уток и гусей свойственны межпопуляционные связи и обмен особями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в начале XX столетия в окрестностях Омска встречено около 200 видов птиц, из них 125 видов гнездящихся [3]. В середине XX столетия в Омске и окрестностях отмечено 126 видов птиц из 16 отрядов. В городе обитал 61 вид [38]. По другим данным в Омске найдено 167 видов птиц из 15 отрядов [39].

Нами внесено в список орнитофауны лесостепи и степи Среднего Прииртышья пребывания 290 видов птиц, в лесной зоне Омской области к настоящему времени встречено 230 видов. Такое различие биоразнообразия птиц связано с относительной бедностью экосистем лесной зоны птицами, а с другой стороны и недостаточной исследованностью этой территории Прииртышья в орнитологическом плане, что требует дальнейших работ.

Среди 290 видов птиц Среднего Прииртышья 48 видов (16,6%) относятся к естественным хозяевам вирусов гриппа А. Из них, как минимум 40 видов относятся к пролетным, а 25 видов из них являются гнездящимися на этой территории. Учитывая, что через территорию Среднего Прииртышья пролегал 3 крупнейших пролетных пути птиц, с учетом значительного количества водно-болотных угодий создаются предпосылки массового одномоментного скопления разных популяций и видов перелетных птиц – переносчиков вирусов и соответственно высокая вероятность обмена вирусными геномами друг с другом с дальнейшим их распространением в новые регионы. Требуется дальнейшее изучение территории Среднего Прииртышья в плане мониторинга циркуляции вирусов, переносимых мигрирующими птицами. Это позволит провести выбор и конкретизацию «горячих точек» Среднего Прииртышья для их вхождения в мониторинговую сеть наблюдения за гриппом птиц на территории РФ.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа была выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ФТМ №122032300158-5.

ACKNOWLEDGMENT

The study was supported by the State funded budget of FRC FTM, project 122032300158-5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Есипова С.А., Смагулов Б.К., Кулагина Е.В., Мезенцева О.В., Карасев И.Е. География Омской области. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. 103 с.
- Шухов И.Н. Птицы средней и северной части прииртышской Сибири (список и распространение). Омск: Издательство Сибирского института сельского хозяйства и лесоводства, 1928. Вып. 1/6. Т. 10. С. 216–240.
- Лавров С.Д. Птицы окрестностей Омска и их хозяйственное значение // Труды Сибирской сельскохозяйственной академии. Омск: 1925. Т. 4. С. 1–20.
- Корш П.В. О сроках сезонных миграций некоторых видов птиц в лесостепи Омской области // Перелетные птицы и их роль в распространении арбовирусов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1969. С. 91–94.
- Корш П.В., Каденаци А.Н. О массовой гибели уток морянок и турпанов в Омской области // Известия Омского отделения Географического общества СССР. 1961. Вып. 4 (11). С. 111–113.
- Соловьев С.А. Летопись исследования птиц юга Омского Прииртышья // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Наука и образование: Проблемы и перспективы», Часть 1 «Естественные науки», Тара, 24–25 марта, 2005. С. 158–166.
- Соловьев С.А. Хронология исследований орнитокомплексов юга Омского Прииртышья // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Наука и образование: Проблемы и перспективы», Часть 1 «Естественные науки», Тара, 24–25 марта, 2005. С. 153–157.
- Berthold P., Heine G., Querner U., Syroechkovski E. Zum vorkommen der Mönchsgrasmücke an der östlichen Verbreitungsgrenze in Westsibirien // Ornithologische Mitteilungen. 2001. V. 53. N 5. P. 161–164.
- Равкин Ю.С., Юдкин В.А., Жуков В.С., Вартапетов Л.Г., Миловидов С.П., Торопов К.В., Покровская И.В., Цыбулин С.М., Адам А.М., Фомин Б.Н., Ананин А.А., Блинова Т.К., Соловьев С.А., Шор Е.Л., Вахрушев А.А., Ануфриев В.М., Козленко А.Б., Тертицкий Г.М., Равкин Е. Классификация птиц Западно-Сибирской равнины по сходству распределения // Сибирский экологический журнал. 2000. Т. 7. N 3. С. 337–345.
- Соловьев С.А. Птицы Омска и его окрестностей. Новосибирск: Наука, 2005. 295 с.
- Бианки Л.В. Перелет птиц // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: Том XXIII (45). СПб: Семеновская Типолитография, 1898. С. 222–225
- Veen J., Yurlov A.K., Delany S.N., Mihantiev A.I., Selivanova M.A., Boere G.C. An atlas of movements of Southwest Siberian waterbirds. The Netherlands: Wetlands International, Wageningen, 2005. 60 p.
- Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses // Microbiological Reviews. 1992. 56. pp. 152–179. DOI: 10.1128/MMBR.56.1.152-179.1992
- Hinshaw V.S., Webster R.G., Turner B. The perpetuation of orthomyxoviruses and paramyxoviruses in Canadian waterfowl // Canadian Journal of Microbiology. 1980. V. 26. pp. 622–629. DOI: 10.1139/m80-108
- Shriner S.A., Root J.J. A Review of Avian Influenza A Virus Associations in Synanthropic Birds // Viruses. 2020. V. 23. Iss. 12(11). P. 1209. DOI: 10.3390/v12111209
- Kocan A.A., Snelling J., Greiner E.C. Some infectious and parasitic diseases in Oklahoma raptors // Journal of Wildlife Diseases. 1977. V. 13. P. 304–306. DOI: 10.7589/0090-3558-13.3.304
- Goyal S.M., Jindal N., Chander Y., Ramakrishnan M.A., Redig P.T., Sreevatsan S. Isolation of mixed subtypes of influenza A virus from a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) // Virology Journal. 2010. Iss. 7. P. 1–4. DOI: 10.1186/1743-422X-7-174
- Jennelle C.S., Carstensen M., Hildebrand E.C., Cornicelli L., Wolf P., Grear D.A., Ip H.S., Vandalen K.K., Minicucci L.A. Surveillance for highly pathogenic avian influenza virus in wild birds during outbreaks in domestic poultry, Minnesota, USA, 2015 // Emerging Infectious Diseases. 2016. Iss. 22. P. 1278–1282. DOI: 10.3201/eid2207.152032
- Globig A., Staubach C., Sauter-Louis C., Dietze K., Homeier-Bachmann T., Probst C., Gethmann J., Depner K.R., Grund C., Harder T.C., Starick E., Pohlmann A., Höper D., Beer M., Mettenleiter T.C., Conraths F.J. Highly Pathogenic Avian Influenza H5N8 Clade 2.3.4.4b in Germany in 2016/2017 // Frontiers in Veterinary Science. 2018. Iss. 4. P. 240. DOI: 10.3389/fvets.2017.00240
- Abolnik A. A current review of avian influenza in pigeons and doves (Columbidae) // Veterinary Microbiology. 2014. Iss. 170. P. 181–196. DOI: 10.1016/j.vetmic.2014.02.042
- Tanimura N., Tsukamoto K., Okamatsu M., Mase M., Imada T., Nakamura K., Kubo M., Yamaguchi S., Irishio W., Hayashi M., Nakai T., Yamauchi A., Nishimura M., Imai K. Pathology of fatal highly pathogenic H5N1 avian influenza virus infection in large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) during the 2004 outbreak in Japan // Veterinary Pathology. 2006. V. 43(4). P. 500–509. DOI: 10.1354/vp.43-4-500
- Nagarajan S., Tosh C., Murugkar H.V., Venkatesh G., Katare M., Jain R., Behera P., Khandia R., Tripathi S., Kulkarni D.D., Dubey S.C. Isolation and molecular characterization of a H5N1 virus isolated from a Jungle crow (*Corvus macrorhynchos*) in India // Virus Genes. 2010. V. 41(1). P. 30–36. DOI: 10.1007/s11262-010-0477-4
- Khan S.U., Berman L., Haider N., Gerloff N., Rahman M.Z., Shu B., Rahman M., Dey T.K., Davis T.C., Das B.C., Balish A., Islam A., Teifke J.P., Zeidner N., Lindstrom S., Klimov A., Donis R.O., Luby S.P., Shivaprasad H.L., Mikolon A.B. Investigating a crow die-off in January–February 2011 during the introduction of a new clade of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 into Bangladesh // Archive Virology. 2014. V. 159(3). P. 509–518. DOI: 10.1007/s00705-013-1842-0
- Gronosova P., Kabat P., Trnka A., Betakova T. Using nested RT-PCR analyses to determine the prevalence of avian influenza viruses in passerines in western Slovakia, during summer 2007 // Scandinavian journal of infectious diseases. 2008. V. 40. P. 954–957. DOI: 10.1080/00365540802400576
- Shriner S.A., Root J.J., Lutman M.W., Kloft J.M., VanDalen K.K., Sullivan H.J., White T.S., Milleson M.P., Hairston J.L., Chandler S.C., Wolf P.C., Turnage C.T., McCluskey B.J., Vincent A.L., Torchetti M.K., Gidlewski T., DeLiberto T.J. Surveillance for highly pathogenic H5 avian influenza virus in synanthropic wildlife associated with poultry farms during an acute outbreak // Scientific Reports. 2016. V. 4. N 6. P. 36237. DOI: 10.1038/srep36237
- Nestorowicz A., Kawaoka Y., Bean W.J., Webster R.G. Molecular analysis of the hemagglutinin genes of Australian H7N9 influenza viruses: Role of passerine birds in maintenance or transmission? // Virology. 1987. V. 160. P. 411–418. DOI: 10.1016/0042-6822(87)90012-2
- Qin Z., Clements T., Wang L., Khatri M., Pillai S.P.S., Zhang Y., Lejeune J.T., Lee C.W. Detection of influenza viral gene in European starlings and experimental infection. Influenza Respir // Viruses. 2011. V. 5. P. 268–275. DOI: 10.1111/j.1750-2659.2010.00190.x
- Račnik J., Slavec B., Trilar T., Zadavec M., Dovč A., Krapež U., Barlič-Maganja D., Zorman Rojs O. Evidence of avian influenza virus and paramyxovirus subtype 2 in wild-living passerine birds in Slovenia // European Journal of Wildlife Research. 2008. V. 54. P. 529–532. DOI: 10.1007/s10344-007-0164-5
- Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Прилипов А.Г., Дерябин П.Г., Федякина И.Т., Галкина И.В., Киреев Д.Е., Фролов А.В., Аканина Д.С., Усачева О.В., Шляпникова О.В., Поглазов А.Б., Морозова

- Т.Н., Прошина Е.С., Гребенникова Т.В., Забережный А.Д., Яковлев С.С., Щербак Л.О., Шаповалов А.В., Жалин М.В., Руденко В.П., Пичуев А.Е., Литвин К.Е., Варкентин А.В., Стещенко В.В., Харитонов С.П., Самохвалов Е.И., Альховский С.В., Алипер Т.И., Мартыновченко В.В., Лысенко С.Н., Власов Н.А., Непоклонов Е.А. Расшифровка эпизоотической вспышки среди диких и домашних птиц на юге европейской части России в декабре 2007 г. // Вопросы вирусологии. 2008. Т. 53. N 4. С. 18–23.
30. Ellis T.M., Bousfield R.B., Bissett L.A., Dyrting K.C., Luk G.S.M., Tsim S.T., Sturm-Ramirez K., Webster R.G., Guan Y., Peiris J.S.M. Investigation of outbreaks of highly pathogenic H5N1 avian influenza in waterfowl and wild birds in Hong Kong in late 2002 // *Avian Pathology*. 2004. V. 33. P. 492–505. DOI: 10.1080/03079450400003601
31. Kou Z., Lei F.M., Yu J., Fan Z.J., Yin Z.H., Jia C.X., Xiong K.J., Sun Y.H., Zhang X.W., Wu X.M., Gao X.B., Li T.X. New genotype of avian influenza H5N1 viruses isolated from tree sparrows in China // *Journal of Virology*. 2005. V. 79(24). P. 15460–15466. DOI: 10.1128/JVI.79.24.15460-15466.2005
32. Poetranto E.D., Yamaoka M., Nastro A.M., Krisna L.A., Rahman M.H., Wulandari L., Yudhawati R., Ginting T.E., Makino A., Shinya K., Kawaoka Y. An H5N1 highly pathogenic avian influenza virus isolated from a local tree sparrow in Indonesia // *Microbiol Immunol*. 2011. V. 55(9). P. 666–672. DOI: 10.1111/j.1348-0421.2011.00361.x
33. Zhao B., Zhang X., Zhu W., Teng Z., Yu X., Gao Y., Wu D., Pei E., Yuan Z., Yang L., Wang D., Shu Y., Wu F. Novel avian influenza A(H7N9) virus in tree sparrow, Shanghai, China, 2013 // *Emerging Infectious Diseases*. 2014. V. 20(5). P. 850–853. DOI: 10.3201/eid2005.131707
34. Su S., Xing G., Wang J., Li Z., Gu J., Yan L., Lei J., Ji S., Hu B., Gray G.C., Yan Y., Zhou J. Characterization of H7N2 Avian Influenza Virus in Wild Birds and Pikas in Qinghai-Tibet Plateau Area // *Scientific Reports*. 2016. V. 24. Iss. 6. P. 30974. DOI: 10.1038/srep30974
35. Cerda-Armijo C., de León M.B., Ruvalcaba-Ortega I., Chablé-Santos J., Canales-Del-Castillo R., Peñuelas-Urquides K., Rivera-Morales L.G., Menchaca-Rodríguez G., Camacho-Moll M.E., Contreras-Cordero J.F., Guzmán-Velasco A., González-Rojas J.I. High Prevalence of Avian Influenza Virus Among Wild Waterbirds and Land Birds of Mexico // *Avian Diseases*. 2020. V. 64(2). P. 135–142. DOI: 10.1637/0005-2086-64.2.135
36. Птичий грипп и другие виды зоонозного гриппа. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(avian-and-other-zoonotic\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)) (дата обращения: 06.03.2023)
37. Алексеев А.Ю., Мурашкина Т.А., Джамалутдинов Д.М., Абдуллаев С.С., Ахмедрабаданов Х.А., Шаршов К.А. Анализ миграций птиц водного и околоводного комплекса на территории республики Дагестан и обоснование выбора ключевых точек мониторинга гриппа типа А // *Юг России: экология, развитие*. 2019. Т. 14(1). С. 137–149. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149
38. Федоров В.Г., Кантаева Л.Н. Материалы к орнитофауне города Омска и его окрестностей // *Материалы IV научной конференции зоологов пединститутов, Горький, 1970. С. 396–397.*
39. Миловидов С.П., Шевырнов С.З. Птицы города Омска // *Вопросы биологии*. Томск: Изд-во ТГУ, 1977. С. 15–18.
40. Археология. Неолит Северной Евразии. Москва: Наука, 1996. 379 с.
3. Lavrov S.D. *Ptitsy okrestnostei Omska i ikh khozyaistvennoe znachenie* [Birds of the environs of Omsk and their economic importance]. Omsk, Siberian Agricultural Academy Publ., 1925, no. 4, pp. 1–20. (In Russian)
4. Korsh P.V. *O srokhakh sezonnykh migratsii nekotorykh vidov ptits v lesostepi Omskoi oblasti* [On the timing of seasonal migrations of some bird species in the forest-steppe of the Omsk region]. *Pereletnye ptitsy i ikh rol' v rasprostraneni arbovirusov* [Migratory birds and their role in the spread of arboviruses]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1969, pp. 91–94. (In Russian)
5. Korsh P.V., Kadenatsi A.N. On the mass death of ducks long-tailed ducks and scoter in the Omsk region. *Izvestiya Omskogo otdeleniya Geograficheskogo obshchestva SSSR* [Proceedings of the Omsk Branch of the Geographical Society of the USSR]. 1961, no. 4 (11), pp. 111–113. (In Russian)
6. Soloviev S.A. Letopis' issledovaniya ptits yuga Omskogo Priirtysh'ya [Chronicle of bird research in the south of the Omsk Irtysh region]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Nauka i obrazovanie: Problemy i perspektivy», Chast' 1 «Estestvennye nauki», Tara, 24–25 marta, 2005* [Science and education: Problems and prospects. Materials of the scientific-practical conference with international participation 24-25 03. 2005. Part 1. Natural sciences. Tara, 2005], pp. 158–166. (In Russian)
7. Soloviev S.A. Khronologiya issledovaniy ornitokompleksov yuga Omskogo Priirtysh'ya [Chronology of studies of ornithocomplexes in the south of the Omsk Irtysh region]. *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Nauka i obrazovanie: Problemy i perspektivy», Chast' 1 «Estestvennye nauki», Tara, 24-25 marta, 2005* [Science and education: Problems and prospects. Materials of the scientific-practical conference with international participation 24-25 03. 2005. Part 1. Natural sciences. Tara, 2005], pp. 153–157. (In Russian)
8. Berthold P., Heine G., Querner U. et al. Zum vorkommen der Mönchsgrasmücke an der östlichen Verbreitungsgrenze in Westsibirien. *Ornithol. Mitteil.* 2001, vol. 53, no. 5, pp. 161–164. (In German)
9. Ravkin Yu.S., Yudkin V.A., Zhukov V.S., Vartapetov L.G., Milovidov S.P., Toropov K.V., Pokrovskaya I.V., Tsybulin S.M., Adam A. J.M., Fomin B.N., Ananin A.A., Blinova T.K., Soloviev S.A., Shor E.L., Vakhrushev A.A., Anufriev V.M., Kozlenko A.B., Tertitsky G.M., Ravkin E. Classification of birds of the West Siberian Plain according to the similarity of distribution. *Sibirskiy e'kologicheskij zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. 2000, vol. 7, no. 3, pp. 337–345. (In Russian)
10. Soloviev S.A. *Ptitsy Omska i ego okrestnostei* [Birds of Omsk and its environs]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 295 p. (In Russian)
11. Bianchi L.V. Flight of birds. *Entsiklopedicheskii slovar' Brokgauza i Efrona* [Encyclopedic Dictionary of Brockhaus and Efron]. St. Petersburg, Semyonovskaya Publ., 1898, no. XXIII (45). pp. 222–225. (In Russian)
12. Veen J., Yurlov A.K., Delany S.N., Mihantiev A.I., Selivanova M.A., Boere G.C. An atlas of movements of Southwest Siberian waterbirds. The Netherlands, Wetlands International, Wageningen, 2005, 60 p.
13. Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses. *Microbiological Reviews*, 1992, no. 56, pp. 152–179. DOI: 10.1128/MMBR.56.1.152-179.1992
14. Hinshaw V.S., Webster R.G., Turner B. The perpetuation of orthomyxoviruses and paramyxoviruses in Canadian waterfowl. *Canadian Journal of Microbiology*, 1980, no. 26, pp. 622–629. DOI: 10.1139/m80-108
15. Shriner S.A., Root J.J. A Review of Avian Influenza A Virus Associations in Synanthropic Birds. *Viruses*, 2020, vol. 23, no. 12(11), pp. 1209. DOI: 10.3390/v12111209
16. Kocan A.A., Snelling J., Greiner E.C. Some infectious and parasitic diseases in Oklahoma raptors. *Journal of Wildlife*

- Diseases*, 1977, no. 13, pp. 304–306. DOI: 10.7589/0090-3558-13.3.304
17. Goyal S.M., Jindal N., Chander Y., Ramakrishnan M.A., Redig P.T., Sreevatsan S. Isolation of mixed subtypes of influenza A virus from a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*). *Virology Journal*, 2010, no. 7, pp. 1–4. DOI: 10.1186/1743-422X-7-174
 18. Jennelle C.S., Carstensen M., Hildebrand E.C., Cornicelli L., Wolf P., Grear D.A., Ip H.S., Vandalen K.K., Minicucci L.A. Surveillance for highly pathogenic avian influenza virus in wild birds during outbreaks in domestic poultry, Minnesota, USA, 2015. *Emerging Infectious Diseases*, 2016, no. 22, pp. 1278–1282. DOI: 10.3201/eid2207.152032
 19. Globig A., Staubach C., Sauter-Louis C., Dietze K., Homeier-Bachmann T., Probst C., Gethmann J., Depner K.R., Grund C., Harder T.C., Starick E., Pohlmann A., Höper D., Beer M., Mettenleiter T.C., Conraths F.J. Highly Pathogenic Avian Influenza H5N8 Clade 2.3.4.4b in Germany in 2016/2017. *Frontiers in Veterinary Science*, 2018, no. 4, pp. 240. DOI: 10.3389/fvets.2017.00240
 20. Abolnik C. A current review of avian influenza in pigeons and doves (Columbidae). *Veterinary Microbiology*, 2014, no. 170, pp. 181–196. DOI: 10.1016/j.vetmic.2014.02.042
 21. Tanimura N., Tsukamoto K., Okamatsu M., Mase M., Imada T., Nakamura K., Kubo M., Yamaguchi S., Irishio W., Hayashi M., Nakai T., Yamauchi A., Nishimura M., Imai K. Pathology of fatal highly pathogenic H5N1 avian influenza virus infection in large-billed crows (*Corvus macrorhynchos*) during the 2004 outbreak in Japan. *Veterinary Pathology*, 2006, no. 43(4), pp. 500–509. DOI: 10.1354/vp.43-4-500
 22. Nagarajan S., Tosh C., Murugkar H.V., Venkatesh G., Katare M., Jain R., Behera P., Khandia R., Tripathi S., Kulkarni D.D., Dubey S.C. Isolation and molecular characterization of a H5N1 virus isolated from a Jungle crow (*Corvus macrorhynchos*) in India. *Virus Genes*, 2010, no. 41(1), pp. 30–36. DOI: 10.1007/s11262-010-0477-4
 23. Khan S.U., Berman L., Haider N., Gerloff N., Rahman M.Z., Shu B., Rahman M., Dey T.K., Davis T.C., Das B.C., Balish A., Islam A., Teifke J.P., Zeidner N., Lindstrom S., Klimov A., Donis R.O., Luby S.P., Shivaprasad H.L., Mikolon A.B. Investigating a crow die-off in January-February 2011 during the introduction of a new clade of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 into Bangladesh. *Archives Virology*, 2014, no. 159(3), pp. 509–518. DOI: 10.1007/s00705-013-1842-0
 24. Gronesova P., Kabat P., Trnka A., Betakova T. Using nested RT-PCR analyses to determine the prevalence of avian influenza viruses in passerines in western Slovakia, during summer 2007. *Scandinavian journal of infectious diseases*, 2008, no. 40, pp. 954–957. DOI: 10.1080/00365540802400576
 25. Shriner S.A., Root J.J., Lutman M.W., Kloft J.M., VanDalen K.K., Sullivan H.J., White T.S., Milleson M.P., Hairston J.L., Chandler S.C., Wolf P.C., Turnage C.T., McCluskey B.J., Vincent A.L., Torchetti M.K., Gidlewski T., DeLiberto T.J. Surveillance for highly pathogenic H5 avian influenza virus in synanthropic wildlife associated with poultry farms during an acute outbreak. *Scientific Reports*, 2016, vol. 4, no. 6, pp. 36237. DOI: 10.1038/srep36237
 26. Nestorowicz A., Kawaoka Y., Bean W.J., Webster R.G. Molecular analysis of the hemagglutinin genes of Australian H7N7 influenza viruses: Role of passerine birds in maintenance or transmission? *Virology*, 1987, no. 160, pp. 411–418. DOI: 10.1016/0042-6822(87)90012-2
 27. Qin Z., Clements T., Wang L., Khatri M., Pillai S.P.S., Zhang Y., Lejeune J.T., Lee C.W. Detection of influenza viral gene in European starlings and experimental infection. *Influenza Respir. Viruses*, 2011, no. 5, pp. 268–275. DOI: 10.1111/j.1750-2659.2010.00190.x
 28. Račnik J., Slavec B., Trilar T., Zdravc M., Dovč A., Krapež U., Barlič-Maganja D., Zorman Rojs O. Evidence of avian influenza virus and paramyxovirus subtype 2 in wild-living passerine birds in Slovenia. *European Journal of Wildlife Research*, 2008, no. 54, pp. 529–532. DOI: 10.1007/s10344-007-0164-5
 29. L'vov D.K., Shchelkanov M.Iu., Prilipov A.G., Deriabina P.G., Fediakina I.T., Galkina I.V., Kireev D.E., Frolov A.V., Akanina D.S., Usacheva O.V., Shliapnikova O.V., Poglavov A.B., Morozova T.N., Proshina E.S., Grebennikova T.V., Zaberezhnyi A.D., Iakovlev S.S., Shcherbakova L.O., Shapovalov A.B., Zhalin M.V., Rudenko V.P., Pichuev A.E., Litvin K.N., Varkentin A.V., Steshenko V.V., Kharitonov S.P., Proshina E.S., Samokhvalov E.I., Al'khovskii S.V., Aliper T.I., Martynovchenko V.V., Lysenko S.N., Vlasov N.A., Nepoklonov E.A. Interpretation of the epizootic outbreak among wild and domestic birds in the south of the European part of Russia in December 2007. *Voprosy virusologii [Vopr Virusol]*. 2008, vol. 53, no. 4, pp. 18–23. (In Russian)
 30. Ellis T.M., Bousfield R.B., Bissett L.A., Dyrting K.C., Luk G.S.M., Tsim S.T., Sturm-Ramirez K., Webster R.G., Guan Y., Peiris J.S.M. Investigation of outbreaks of highly pathogenic H5N1 avian influenza in waterfowl and wild birds in Hong Kong in late 2002. *Avian Pathology*, 2004, no. 33, pp. 492–505. DOI: 10.1080/03079450400003601
 31. Kou Z., Lei F.M., Yu J., Fan Z.J., Yin Z.H., Jia C.X., Xiong K.J., Sun Y.H., Zhang X.W., Wu X.M., Gao X.B., Li T.X. New genotype of avian influenza H5N1 viruses isolated from tree sparrows in China. *Journal of Virology*, 2005, vol. 79, no. 24, pp. 15460–15466. DOI: 10.1128/JVI.79.24.15460-15466.2005
 32. Poetranto E.D., Yamaoka M., Nastro A.M., Krisna L.A., Rahman M.H., Wulandari L., Yudhawati R., Ginting T.E., Makino A., Shinya K., Kawaoka Y. An H5N1 highly pathogenic avian influenza virus isolated from a local tree sparrow in Indonesia. *Microbiol Immunol*, 2011, vol. 55, no. 9, pp. 666–672. DOI: 10.1111/j.1348-0421.2011.00361.x
 33. Zhao B., Zhang X., Zhu W., Teng Z., Yu X., Gao Y., Wu D., Pei E., Yuan Z., Yang L., Wang D., Shu Y., Wu F. Novel avian influenza A(H7N9) virus in tree sparrow, Shanghai, China, 2013. *Emerging Infectious Diseases*, 2014, no. 5, pp. 850–853. DOI: 10.3201/eid2005.131707
 34. Su S., Xing G., Wang J., Li Z., Gu J., Yan L., Lei J., Ji S., Hu B., Gray G.C., Yan Y., Zhou J. Characterization of H7N2 Avian Influenza Virus in Wild Birds and Pikas in Qinghai-Tibet Plateau Area. *Scientific Reports*, 2016, vol. 24, no. 6, pp. 30974. DOI: 10.1038/srep30974
 35. Cerda-Armijo C., de León M.B., Ruvalcaba-Ortega I., Chablé-Santos J., Canales-Del-Castillo R., Peñuelas-Urquides K., Rivera-Morales L.G., Menchaca-Rodríguez G., Camacho-Moll M.E., Contreras-Cordero J.F., Guzmán-Velasco A., González-Rojas J.I. High Prevalence of Avian Influenza Virus Among Wild Waterbirds and Land Birds of Mexico. *Avian Diseases*, 2020, vol. 64, no. 2, pp. 135–142. DOI: 10.1637/0005-2086-64.2.135
 36. *Ptichii gripp i drugie vidy zoonoznogo grippa [Avian influenza and other types of zoonotic influenza]*. Available at: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(avian-and-other-zoonotic\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(avian-and-other-zoonotic)) (accessed 06.03.2023) (In Russian)
 37. Alekseev A.Yu., Murashkina T.A., Jamalutdinov J.M., Abdullaev S.S., Akhmedrabadanov K.A., Sharshov K.A. Analysis of migration of aquatic and semiaquatic birds on the territory of the republic of Dagestan and justification of the choice of key points of monitoring of influenza A virus. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 1, pp. 137–149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-137-149
 38. Fedorov V.G., Kantaeva L.N. Materialy k ornitofaune goroda Omska i ego okrestnostei [Materials for the avifauna of the city of Omsk and its environs]. *Materialy IV nauchnoi konferentsii zoologov pedinstitutov* [Materials of the IV scientific conference of zoologists of pedagogical institutes]. Gorky, 1970, pp. 396–397. (In Russian)
 39. Milovidov S.P., Shevymogov S.Z. Birds of the city of Omsk. In: *Voprosy biologii* [Biology questions], Tomsk, 1977, pp. 15–18. (In Russian)
 40. *Arkhologiiya. Neolit Severnoi Evrazii* [Archeology. Neolithic of Northern Eurasia]. Moscow, Nauka Publ., 1996, 379 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей А. Соловьев и Федор С. Соловьев проводили наблюдения за птицами и выполнили орнитологические описания. Александр Г. Мархаев и Александр Ю. Алексеев провели обработку и описание результатов, выделили виды птиц – естественных хозяев вирусов гриппа А. 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

Sergey A. Soloviev and Fedor S. Soloviev conducted bird observations and performed ornithological descriptions. Alexander G. Marhaev and Alexander Yu. Alekseev carried out the processing and description of the results, identified the species of birds-the natural hosts of influenza A viruses. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Александр Г. Мархаев / Alexander G. Marhaev <https://orcid.org/0000-0001-5418-4261>

Сергей А. Соловьев / Sergey A. Soloviev <https://orcid.org/0000-0003-0725-2940>

Федор С. Соловьев / Fedor S. Soloviev <https://orcid.org/0009-0003-2361-7249>

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

Оригинальная статья / Original article
УДК 630*1:57.045
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-34-45

Климатический сигнал в годичных слоях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на юго-восточной границе его ареала в бассейне р. Урал

Сергей Е. Кучеров^{1,2}, Светлана В. Кучерова³, Василий Б. Мартыненко¹, Павел В. Вельмовский²

¹Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

²Институт степи Уральского отделения РАН, Оренбург, Россия

³Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

Контактное лицо

Сергей Е. Кучеров, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН; 450054 Россия, г. Уфа, проспект Октября, 69.
Тел. +79872464380
Email skucherov@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7734-1725>

Формат цитирования

Кучеров С.Е., Кучерова С.В., Мартыненко В.Б., Вельмовский П.В. Климатический сигнал в годичных слоях дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) на юго-восточной границе его ареала в бассейне р. Урал // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 34-45. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-34-45

Получена 9 сентября 2022 г.
Прошла рецензирование 14 октября 2022 г.
Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Выявление и анализ климатического сигнала, содержащегося в годичных слоях дуба черешчатого на юго-восточной границе своего ареала на территории России (бассейн реки Урал).

Материал и методы. Материалам для исследования были годичные слои в образцах древесины дуба черешчатого, взятых на трех участках в южной части хребта Дзяу-тубе. Измерения ширины годичных слоев были выполнены на бинокулярном микроскопе МБС и на измерительном комплексе Lintab с программным пакетом TSAP-Win™. Построение хронологий радиального прироста осуществлялось в программе ARSTAN. Дендроклиматический анализ проводился в пакете TreeClim в среде программирования R.

Результаты. Лимитирующим климатическим фактором для радиального прироста дуба черешчатого на юго-восточной границе своего ареала является количество атмосферных осадков за зимне-весенний сезон и начальный период вегетации и в наибольшей степени с суммой осадков марта–мая. Показано, что сила этого климатического сигнала в годичных слоях дуба не была постоянной во времени. В динамике этого сигнала характерно наличие локальных участков его снижения, начало которых приурочено к годам массовых размножений непарного шелкопряда.

Заключение. Начиная с начала 80-х гг. XX столетия произошло значительное уменьшение связи прироста с количеством осадков за март–май. Причиной этого изменения, по нашему мнению, могло быть сильное изменение состояния деревьев и древостоев, вызванное воздействием сильной дефолиации дуба непарным шелкопрядом.

Ключевые слова

Бассейн реки Урал, хребет Дзяу-тубе, дуб черешчатый, *Quercus robur*, радиальный прирост, климатический сигнал.

The climatic signal in tree rings of the common oak (*Quercus robur* L.) on the south-eastern border of its range in the Ural River basin, Russia

Sergey E. Kucherov^{1,2}, Svetlana V. Kucheroва³, Vasilii B. Martynenko¹ and Pavel V. Velmovskiy²

¹Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

³Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Principal contact

Sergey E. Kucherov, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 69 October Ave, Ufa, Russia 450054. Tel. +79872464380

Email skucherov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7734-1725>

How to cite this article

Kucherov S.E., Kucheroва S.V., Martynenko V.B., Velmovskiy P.V. The climatic signal in tree rings of the common oak (*Quercus robur* L.) on the south-eastern border of its range in the Ural River basin, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 34-45. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-34-45

Received 9 September 2022

Revised 14 October 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. The objective of this study was to identify and analyze the climatic signal contained in the tree-rings of common oak on the southeastern border of its range in Russia (Ural River basin).

Material and Methods. The materials for the study were tree-rings in samples of common oak wood from three sites in the southern part of the Dziau-tyube ridge. Measurements of ring-width were performed on the MBS binocular microscope and on the Lintab measuring complex with the TSAP-WinTM software package. The construction of tree-ring chronologies was carried out in the ARSTAN program. Dendroclimatic analysis was carried out in the R package treeclim.

Results. The limiting climatic factors for the radial growth of the common oak on the southeastern border of its range are precipitation during the winter-spring season and the initial period of vegetation and to the greatest extent with the precipitation in March-May. It was shown that the strength of this climatic signal in oak tree rings was not constant over time. The dynamics of this signal are characterized by the presence of local periods of decline, the beginning of which is timed to the years of mass gypsy moth outbreaks.

Conclusions. Since the beginning of the 1980s, there has been a significant decrease in the relationship of radial growth with the amount of precipitation for March-May. The reason for this change, in our opinion, could be a strong change in the condition of trees and stands caused by the consistent impact of strong oak defoliation caused by Gypsy moths and late spring frosts.

Key Words

Ural River basin, Dziautyube Ridge, common oak, *Quercus robur*, tree-rings, climatic signal.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования по изучению влияния климатических условий на состояние и динамику количественных показателей прироста деревьев имеют особо важное значение в районах с недостаточным увлажнением, к которым относится лесостепная часть Южного Урала, расположенная в бассейне р. Урал. В этом районе проходит юго-восточная граница дубовых лесов лесостепной зоны Восточной Европы. Дубняки района

исследования, находясь на границе своего ареала, подвержены воздействию аномальных погодных воздействий [1–3], а также таких негативных воздействий, как массовые размножения непарного шелкопряда и пожары [1; 3–8]. В данной работе представлены результаты дендроклиматического анализа радиального прироста дуба черешчатого, произрастающего на хребте Дзяу-тубе, Южный Урал (рис. 1).



Рисунок 1. Дубравная лесостепь в южной части хребта Дзяутубе

Figure 1. Oak forest-steppe in the southern part of the Dzyautyube ridge

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на хребте Дзяу-тубе, расположенном в бассейне реки Урал в междуречье рек Сакмары и Куруила, на территории двух субъектов Российской Федерации – Республики Башкортостан и Оренбургской области [9]. В этом регионе расположены самые крупные массивы малоизмененных горно-лесных и горно-степных угодий Уральского и Приволжского федеральных округов. Здесь находятся две особо охраняемые природные территории регионального и федерального рангов – Государственный природный зоологический заказник республиканского значения «Шайтан-Тау», организованный 02 июля 1970 года (площадь 30,5 тыс. га), и Государственный природный заповедник «Шайтан-Тау», созданный 09 октября 2014 года (площадь 6,725 тыс. га) [10; 11]. Дубняки, в основном, располагаются на платообразной верхней части хребта. Для этих лесов характерен богатый флористический состав, сочетание в травостое лесных, луговых, опушечных и степных видов. Характерной особенностью этих лесов является наличие в подлеске и особенно на опушках степных кустарников – вишни степной, чилиги, шиповника коричневого, ракитника и др. [5].

Для выявления климатического сигнала в радиальном приросте дуба черешчатого и его временной изменчивости было заложено три тест-полигона (ТП) в южной части хребта Дзяу-тубе, два из которых (ТП1, ТП3) расположены на территории заповедника «Шайтан-тау» (рис. 2, табл. 1). ТП1 расположен в дубняке на ровной поверхности в самой южной части хребта, ТП3 расположен в дубняке на восточном, юго-восточном склоне (2–3°) в 5 км к северу от ТП1. ТП2 расположен в дубняке в 4 км к северо-востоку от ТП3. Все эти дубняки расположены на платообразном гребне хребта. Образцы древесины (керы) брали из нижней части стволов на минимальной высоте (15–40 см) от уровня земли. Измерения ширины годичных слоев были выполнены на бинокулярном микроскопе МБС и на измерительном комплексе Lintab с программным пакетом TSAP-Win™ [12]. Датировка годичных слоев радиального прироста проводилась перед проведением измерений на основе выявленных реперных годичных слоев.

Для исключения (из полученных после измерения рядов прироста) изменчивости, не связанной с климатом, проводилась стандартизация исходных рядов прироста в программе ARSTAN [13]. Возрастные кривые вычислялись с использованием

кубических сплайнов длиной 30–40 лет [14]. Стандартизированные ряды прироста деревьев каждого ТП усреднялись для получения хронологий радиального прироста для данного ТП. Критерием оценки надежности хронологий является статистика EPS (expressed population signal), значение которой

показывает, в какой степени реальная хронология отражает гипотетическую, представленную бесконечным количеством деревьев [15]. При значениях $EPS \geq 0,85$ хронология считается достаточно представительной [16]. При анализе начальные участки хронологий, на которых $EPS < 0,85$, были исключены.

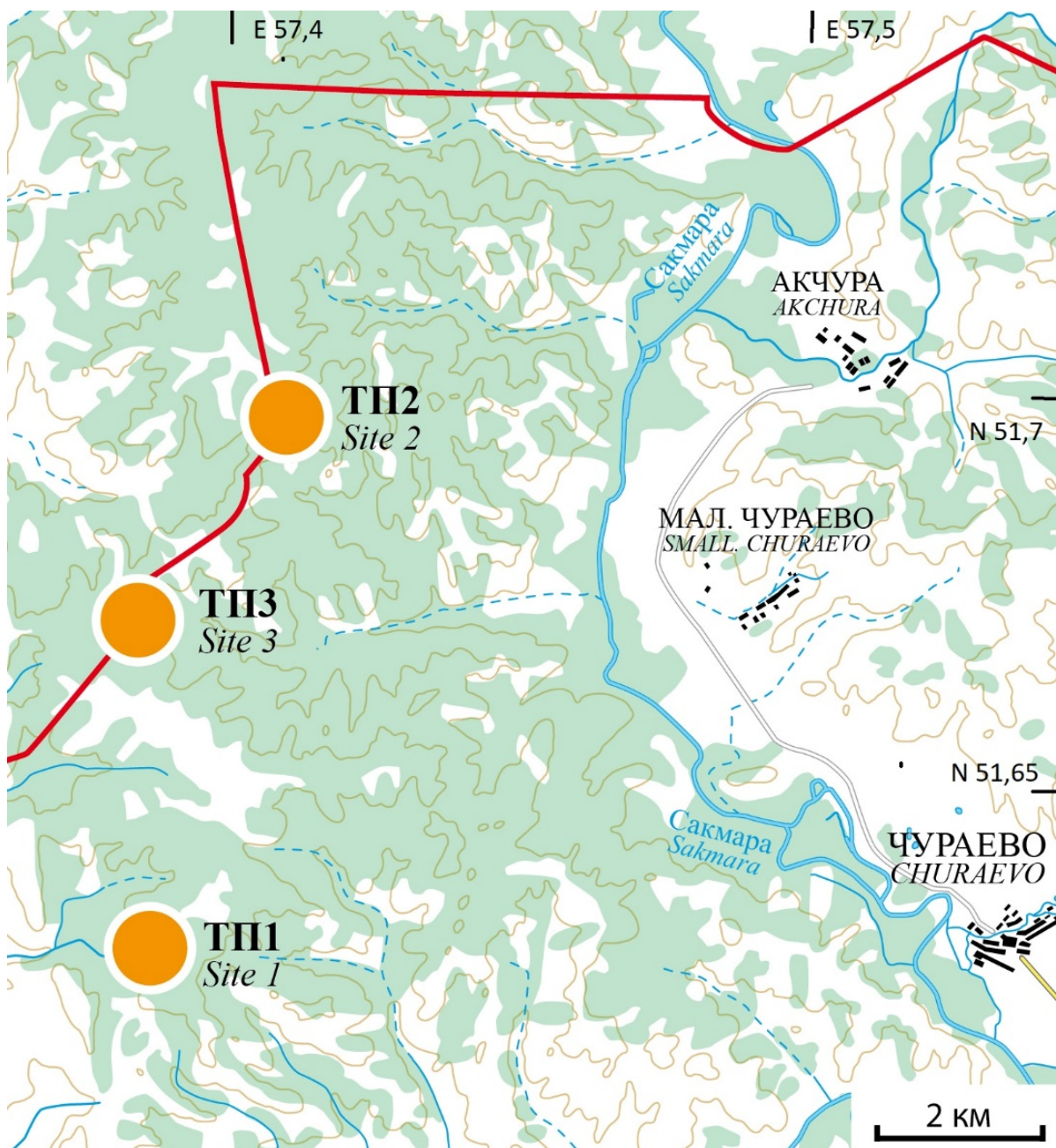


Рисунок 2. Расположение тест-полигонов (ТП) в южной части хребта Дзю-тубе
Figure 2. Location of test sites (TS) in the southern part of the Dzyautyube ridge

Метеорологические данные (количество месячных осадков и средние месячные температуры воздуха) за период 1901–2019 были взяты из базы данных CRU TS (Climatic Research Unit gridded Time Series) 4,05 [17] с пространственным разрешением $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ по широте и долготе, которые покрывают территорию с расположенными на ней ТП ($51,0^\circ$ – $51,5^\circ$ с.ш., $57,0^\circ$ – $57,5^\circ$ в.д.). Данные доступны на сайте Королевского метеорологического института Нидерландов (the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://climexp.knmi.nl/>).

Для оценки климатического сигнала в хронологиях древесных колец и их стабильности во времени, мы вычисляли скользящие коэффициенты корреляции между хронологиями радиального прироста и климатическими данными (средняя температура и количество осадков) за период с предыдущего сентября по текущий сентябрь на 35-летних интервалах и лагом в 5 лет. Корреляции хронологий прироста с сезонными климатическими переменными определялись с использованием дендроклиматического окна, т.е. первого и последнего

месяца периода, используемого для определения климатических предикторов, вместе с продолжительностью сезона, которая затем перекрывается на один месяц назад во времени. Для первичной климатической переменной (осадки) корреляция вычисляется как коэффициент линейной корреляции Пирсона, а для вторичной (температура), вычислялась частная корреляция. Расчеты проводились в пакете TreeClim [18] в среде R 4.1.2 [19].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Протяженность полученных хронологий радиального прироста варьирует от 87 (ТП3) до 212 (ТП2) лет (см. табл. 1). Коэффициент чувствительности хронологий, отражающий степень изменчивости радиального прироста год от года, находится в интервале от 0,25 до 0,29, что свидетельствует о среднем уровне чувствительности прироста дуба в районе исследования (хронология считается чувствительной при значении коэффициента $>0,3$) (см. табл. 1). Среднее значение коэффициента корреляции между стандартизованными рядами прироста деревьев в пределах одного ТП имеет достаточно высокие значения (см. табл. 1), что отражает высокое сходство реакции прироста деревьев на воздействие комплекса внешних факторов среды.

Коэффициент корреляции между хронологиями прироста на интервале 1935–2013 гг. равен 0,07 (между ТП2 и ТП3), 0,33 (между ТП1 и ТП3) и 0,51 (между ТП1 и ТП2). Столь большое различие сходства между хронологией ТП3 и хронологиями ТП1 и ТП2 свидетельствует о сильном влиянии на прирост на этом временном интервале факторов не климатической природы. Этим фактором является сильная дефолиация дуба непарным шелкопрядом, происходящая в даже близко расположенных дубняках со смещением в один год [7; 20]. На более раннем интервале 1851–1934 гг. коэффициент корреляции между хронологиями ТП1 и ТП2 значительно больше, чем на интервале 1935–2013 гг. (0,76 против 0,51). Это свидетельствует о большей доле в изменчивости прироста дуба климатической компоненты (общий фактор) на более раннем интервале времени.

Отклик радиального прироста дуба на климатические переменные для всех ТП характеризуется положительной связью с осадками как осенне-зимне-весеннего сезона, так и с осадками периода вегетации, и отрицательной связью с температурой весенне-летних месяцев текущего года на большей части 35-летних скользящих периодов (см. рис. 3А, 3В, 3С).

Таблица 1. Статистические показатели хронологий радиального прироста дуба

Table 1. Statistics of oak ring-width chronologies

Показатель Parameter	№ ТП / № Test site		
	1	2	3
Количество деревьев в хронологиях Number of trees in chronologies	96	28	42
Интервал хронологий Time span of chronologies	1835–2013	1803–2014	1932–2018
MS	0,26	0,29	0,25
r_{cp}	0,507	0,547	0,476
EPS$>0,85$	1851*	1825*	1936*

Примечание: MS – коэффициент чувствительности хронологий; r_{cp} – среднее значение коэффициента корреляции между рядами индексов радиального прироста деревьев на ТП; * – первый год хронологии, начиная с которого EPS $>0,85$

Note: MS – coefficient of sensitivity of chronologies; r_{av} – the average value of the correlation coefficient between the series of indices of the radial growth of trees on the TS; * – the first year of the chronology, starting from EPS $>0,85$

Для осадков периода, предшествующего вегетационному сезону, наиболее сильная связь с приростом на ТП1 обнаружена с осадками октября и декабря прошлого года, марта и апреля текущего года (см. рис. 3А). Причем, с осадками октября связь уменьшалась при продвижении от ранних интервалов (1909–1943 гг.; 1914–1945 и т.д.) к более поздним. Начиная с интервала 1939–1973 гг. и последующих за ним значения коэффициента корреляции уже не достоверны (см. рис. 3А). Для осадков декабря картина на этом ТП обратная: на ранних интервалах значения коэффициента корреляции не достоверны, а на поздних, начиная с интервала 1949–1983 гг. достоверно положительные (см. рис. 3А). Для осадков текущего года на ТП1 наиболее сильная положительная связь с приростом выявлена в марте – на первой половине интервалов, с осадками апреля – на последних интервалах, с осадками мая и июня, как и с осадками марта – на первой половине интервалов (см. рис. 3А). Таким образом, на ТП1 произошло общее ослабление связи прироста с осадками марта и с осадками первых двух месяцев вегетационного периода (май, июнь). Со

средними месячными температурами на ТП1 достоверная отрицательная связь прироста обнаружена с температурой апреля, мая, июня и августа (см. рис. 3А), причем с температурой августа – только на первой половине интервалов времени.

На ТП2 наиболее сильная связь прироста с осадками прошлого года выявлена с осадками декабря, причем, как и на ТП1, связь возрастала при продвижении от более ранних интервалов к более поздним (см. рис. 3В – ТП2 и рис. 3А – ТП1). Для осадков текущего года на ТП2 положительная достоверная связь с приростом выявлена на первой половине интервалов с осадками марта, апреля, мая, июня и июля (см. рис. 3В). То есть, на этом ТП связь прироста с осадками весенне-летнего периода проявилась сильнее, чем на ТП1. Связь прироста с осадками весенне-летнего периода, так же как и на ТП1, имела явную тенденцию к ослаблению при продвижении от ранних интервалов к более поздним. На ТП2 достоверная отрицательная связь прироста выявлена с температурой марта, мая, июня и июля (см. рис. 3В).

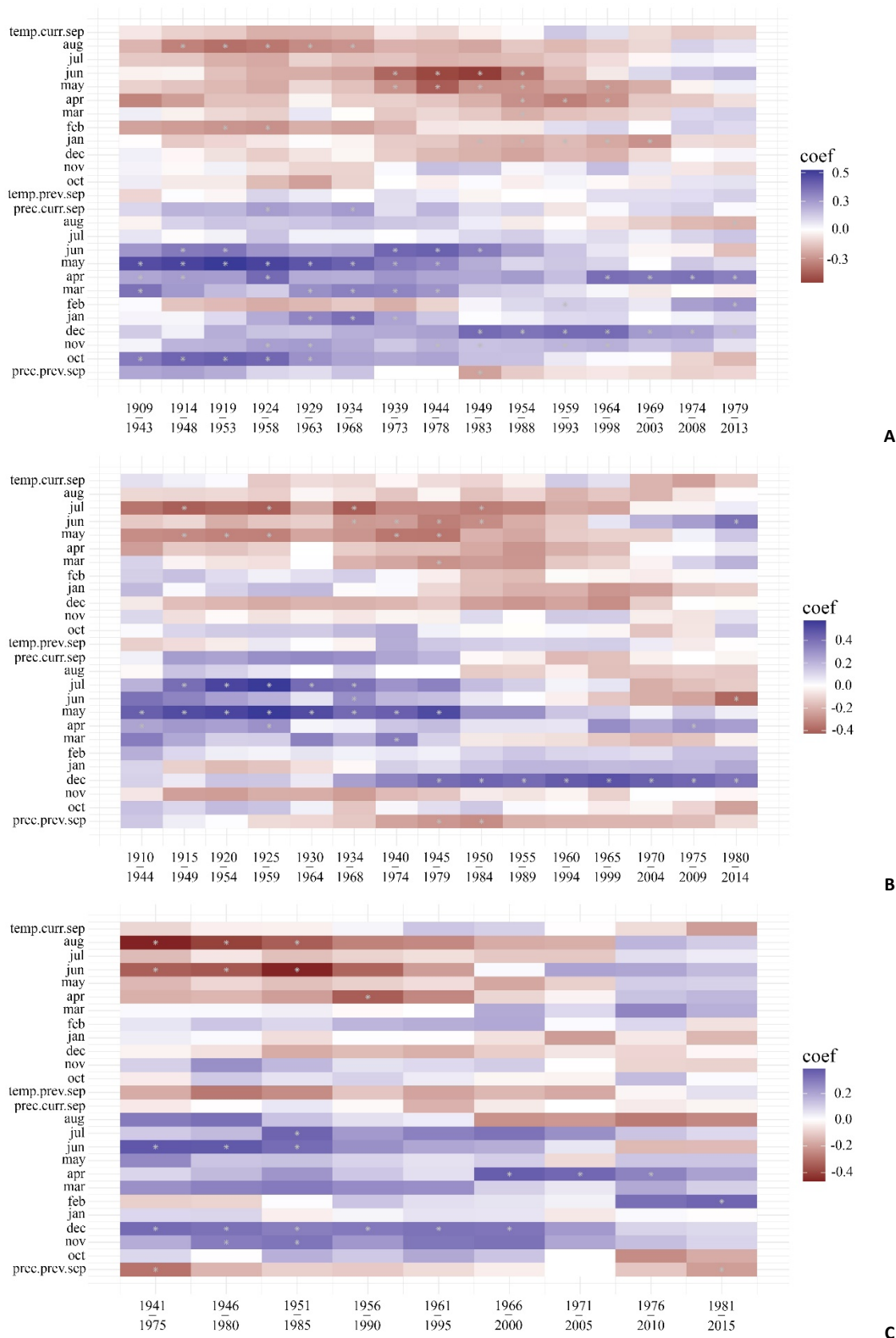


Рисунок 3. Графики коэффициента корреляции между хронологиями радиального прироста дуба тест-полигонов с температурой (temp.) и осадками (prec.) для месяцев с сентября предшествующего года (prev. sep), по сентябрь текущего года (curr. sep): А – ТП1, В – ТП2, С – ТП3. Скользящая корреляция проведена в окнах 35 лет, с шагом в 5 лет на интервале 1901–2013 гг. для ТП 1 и ТП 2 и на интервале 1936–2015 гг. для ТП 3. * – корреляции, значимые на уровне 0.05

Figure 3. Plot of moving correlation between the chronologies of the radial growth of oak test sites to temperature (temp.) and precipitation (prec.) for the months from the previous September (prev. sep) to the current September (curr. sep): A – Site 1, B – Site 2, C – Site 3. The moving correlation is carried out in windows of 35 yr, offset by 5 years in the interval 1901–2013 for Site 1 and Site 2 and in the interval 1936–2015 for Site 3. * – significant correlations at the level of 0.05

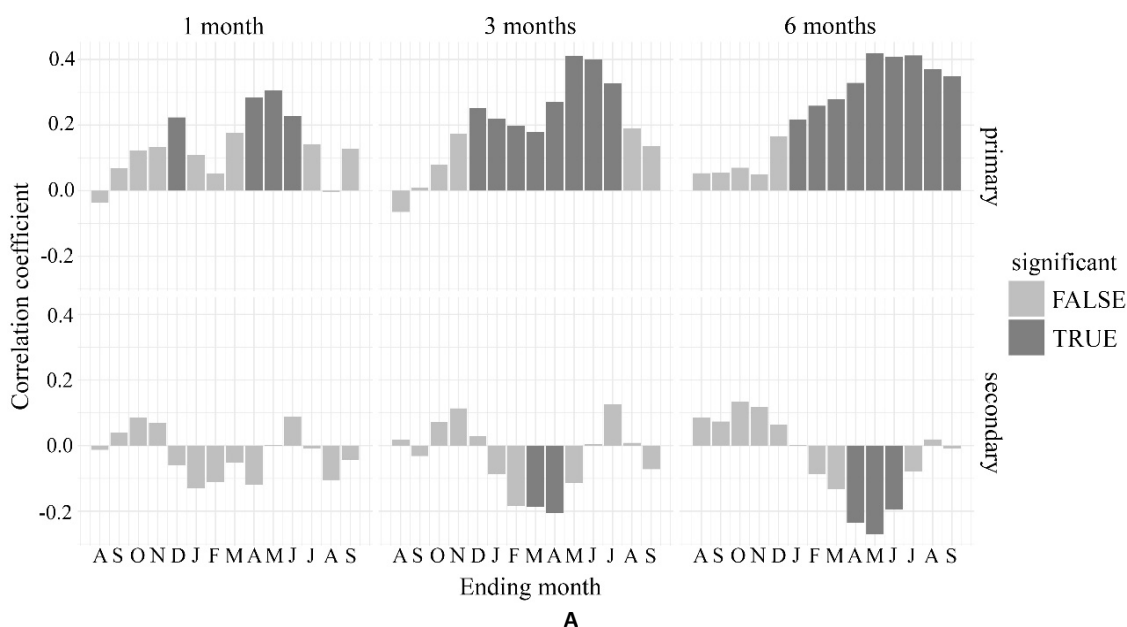
На ТПЗ связь прироста с осадками осенне-зимнего периода характерна для ноября и декабря (см. рис. 3С). Причем, в отличие от ТП1 и ТП2 связь прироста с осадками декабря на последних интервалах, начиная с 1971–2005 гг., перестала иметь достоверные значения (сравни рис. 3С – ТПЗ с рис. 3А – ТП1 и рис. 3В – ТП2). Для осадков текущего года на ТПЗ положительная достоверная связь с приростом обнаружена с осадками июня и июля на первой половине интервалов, а с осадками апреля – на второй половине интервалов времени (см. рис. 3С). На ТПЗ достоверная отрицательная связь с температурой присутствует только на первой половине интервалов для марта, июня и августа. Стоит отметить, что только в июне на всех ТП присутствует одновременно достоверная положительная связь прироста с осадками, и отрицательная – с температурой. Положительная связь прироста с осадками мая, июня и июля свидетельствует о лимитирующей роли летних осадков на прирост дуба в районе исследования. Такая связь прироста с осадками характерна для прироста лиственницы и сосны в регионах с недостаточным увлажнением, к которым относятся лесостепная зона России и островные боры в степной зоне [1; 21–27].

Анализ связи прироста дуба с сезонными климатическими переменными проводился для трех сезонов продолжительностью в 1, 3 и 6 месяцев, с дендроклиматическим окном продолжительностью 14 месяцев, начинающимся в августе предыдущего года и заканчивающимся в сентябре текущего года (см. рис. 4). Расчеты подтвердили для всех сезонов ведущую роль количества осадков в динамике прироста. Для сезона из 3-х месяцев максимальные достоверные значения коэффициента корреляции прироста с осадками обнаружены на всех ТП с сезоном марта–мая (пятые колонки на гистограммах, считая справа налево, см. рис. 4). Для сезона из 6-ти месяцев, максимальные достоверные значения коэффициента корреляции прироста с осадками, также, как и для сезона из 3 месяцев, выявлены для сезона, в котором конечным месяцем является май (пятые колонки на гистограммах, считая справа налево, см. рис. 4). Этот сезон (декабрь–май) объединяет осадки декабря предшествующего года, осадки зимне-весеннего периода текущего года

(январь–апрель), и осадки мая (первого месяца периода вегетации). Таким образом, для прироста дуба в районе исследования лимитирующим климатическим фактором являются осадки зимне-весеннего периода, и осадки начала периода вегетации.

Представляет интерес вопрос, была ли связь прироста с осадками сезонов стабильной во времени. Для этого мы проанализировали связь прироста с осадками марта–мая на скользящих 35-летних интервалах с шагом в 1 год, для которых, как было показано выше (см. рис. 4), значения коэффициента корреляции прироста с осадками этого сезона на всех ТП максимальны. Было установлено, что на ТП1 и ТП2 на первой половине интервалов с 1902–1936 гг. до 1946–1980 гг., связь прироста с осадками марта–мая была достоверно высокой (0,5–0,7 на ТП1, 0,45–0,6 на ТП2) (см. рис. 5А и рис. 5В). Начиная с интервала 1947–1981 гг., на обоих ТП произошло резкое снижение связи до значений коэффициента корреляции 0,43 (ТП1) и 0,27 (ТП2), с продолжающимся в дальнейшем снижении (см. рис. 5А и рис. 5В). На ТПЗ, для которого длина хронологии значительно меньше, чем на ТП1 и ТП2, также присутствует тенденция к уменьшению связи прироста с осадками марта–мая. (рис. 5С).

Для всех ТП характерно наличие локальных участков снижения связи, начало которых приурочено к 1981, 1993 и 2002 гг. (см. рис. 5). Ранее [3; 8], на основе анализа радиального прироста дуба было установлено, что в районе исследования в 1980 и 1993 гг. происходила сильная дефолиация дуба непарным шелкопрядом. Дефолиация дуба непарным шелкопрядом в 2002 г. наблюдалась нами непосредственно [7; 28]. Как видно (см. рис. 5), начальные годы локального уменьшения связи прироста с осадками совпадают с годами сильной дефолиации дуба непарным шелкопрядом. Резкое снижение связи прироста с осадками на ТП1 и ТП2 не свидетельствует о резком изменении климатических условий, которые имеют плавные тенденции как увеличению, так и снижению (см. рис. 6). Очевидно, резкое уменьшение связи прироста с осадками на ТП1 и ТП2 после 1980 г. связано с резким изменением состояния деревьев и древостоев.



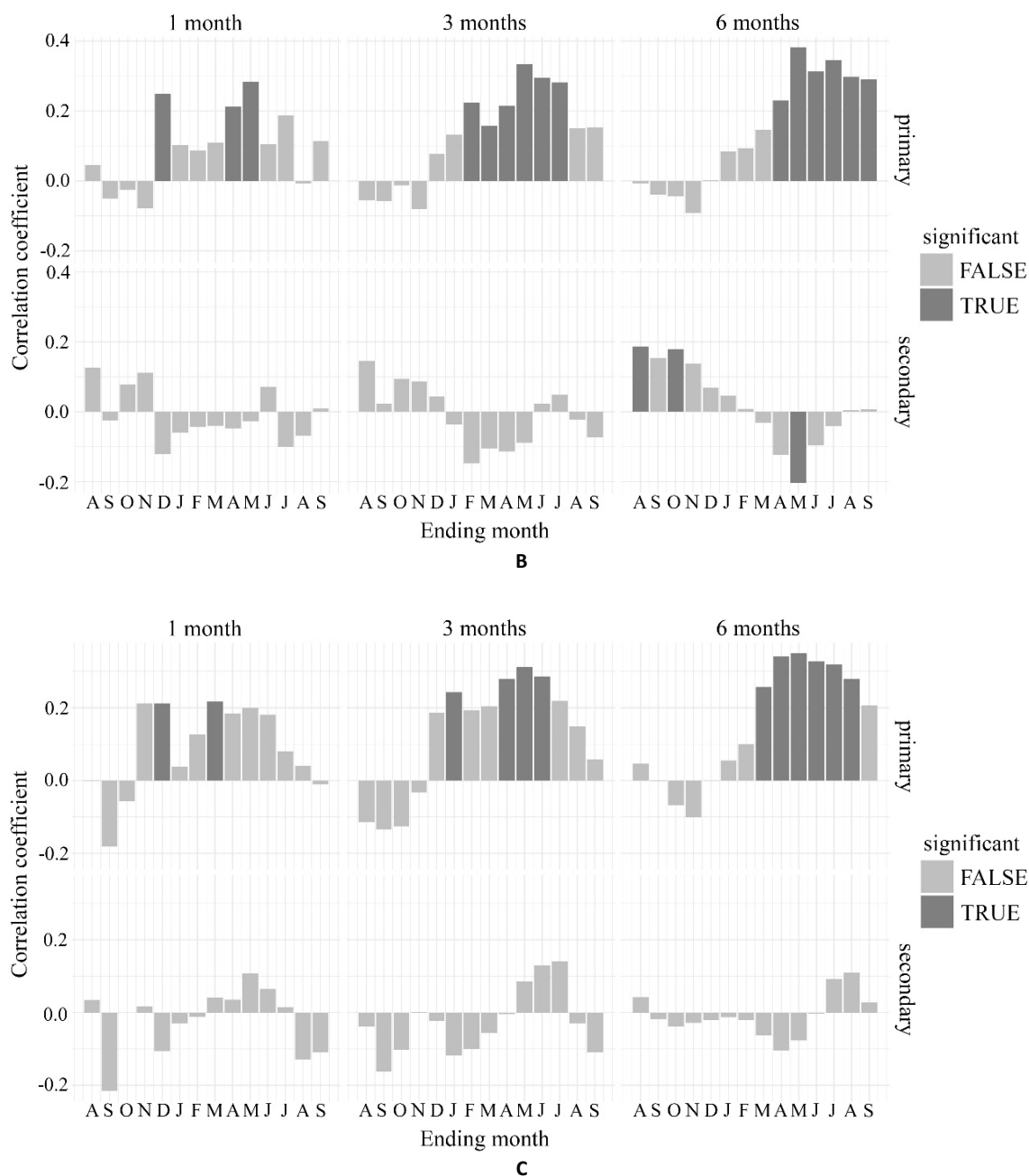


Рисунок 4. Корреляционная связь хронологий радиального прироста тест-полигонов с сезонными осадками (основная переменная, парные коэффициенты корреляции Пирсона, верхние панели) и температурой (вторичная переменная, частные коэффициенты корреляции, нижние панели) продолжительностью 1, 3 и 6 месяцев:

A – ТП1, B – ТП2, C – ТП3. Латинскими буквами по шкале абсцисс показаны названия последних в сезоне месяцев, начиная с августа (A) предшествующего года по сентябрь (S) текущего года. Для сезона из трех месяцев справа налево по оси абсцисс S соответствует месяцам с июля по сентябрь текущего года, A – месяцам с июня по август текущего года и т.д. Значимые (TRUE) на уровне 0.05 корреляции выделены темным цветом

Figure 4. Correlation of chronologies of radial increment of test polygons with seasonal precipitation (main variable, pairwise Pearson correlation coefficients, upper panels) and temperature (secondary variable, partial correlation coefficients, bottom panels) duration of 1, 3 and 6 months: A – Site 1, B – Site 2, C – Site 3. Latin letters on the x-axis show the names of the last months in the season, starting from August (A) of the previous year to September (S) of the current year. For a season of three months, from right to left the x-axis S – corresponds to the months from July to September of the current year, A – to the months from June to August of the current year, and so on. Significant (TRUE) correlations at the 0.05 level are highlighted in dark grey.

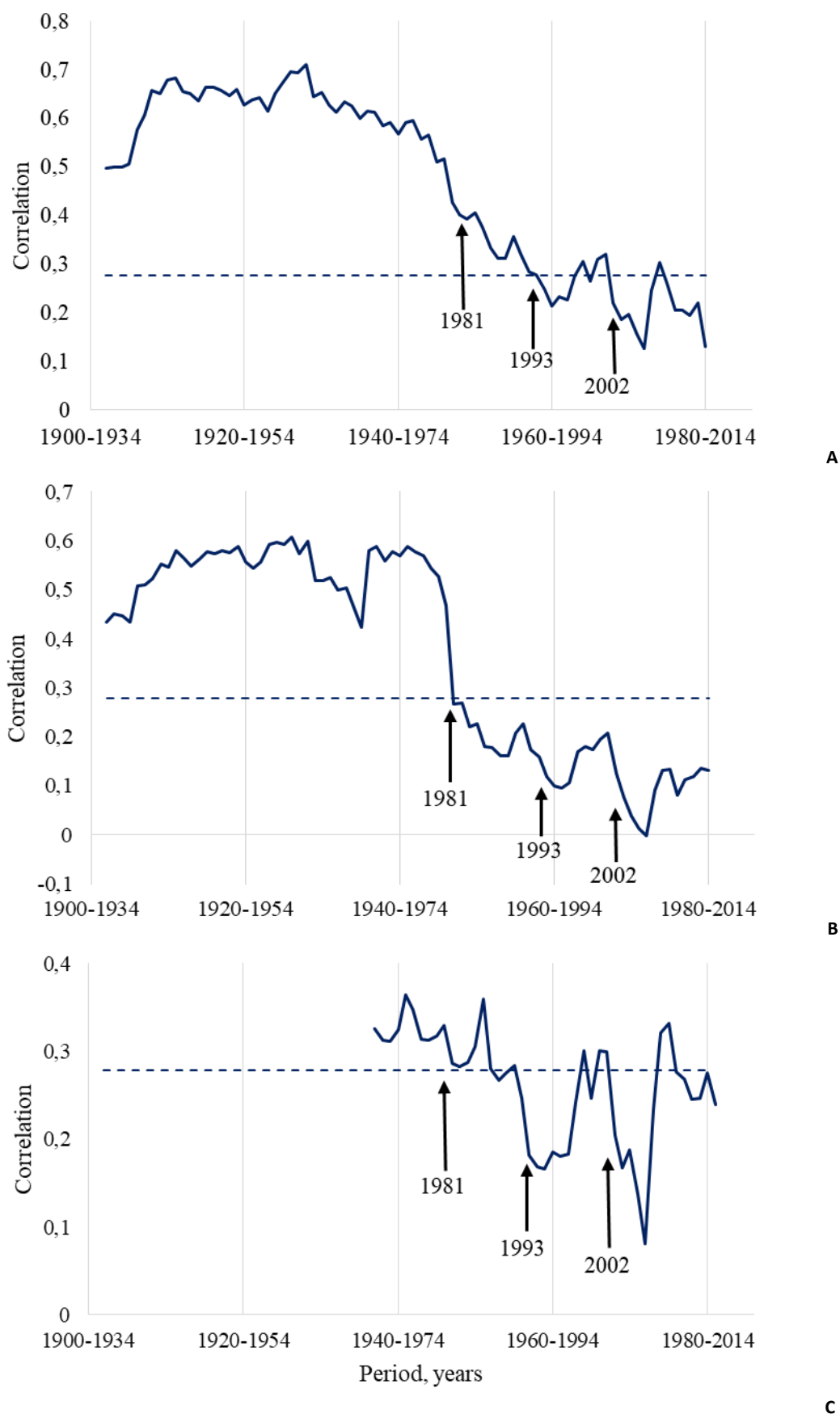


Рисунок 5. Графики коэффициента корреляции на 35-летних интервалах между хронологиями радиального прироста дуба тест-полигонов с осадками марта–мая: А – ТП1, В – ТП2, С – ТП3
Значения выше пунктирной линии достоверны на уровне 0,05

Figure 5. Plot of moving correlation function at 35-year intervals between the chronologies of the radial growth of the oak in the test-polygons with precipitation for March–May: A – Site 1, B – Site 2, C – Site 3
Values above the dotted line are significant at the 0.05 level

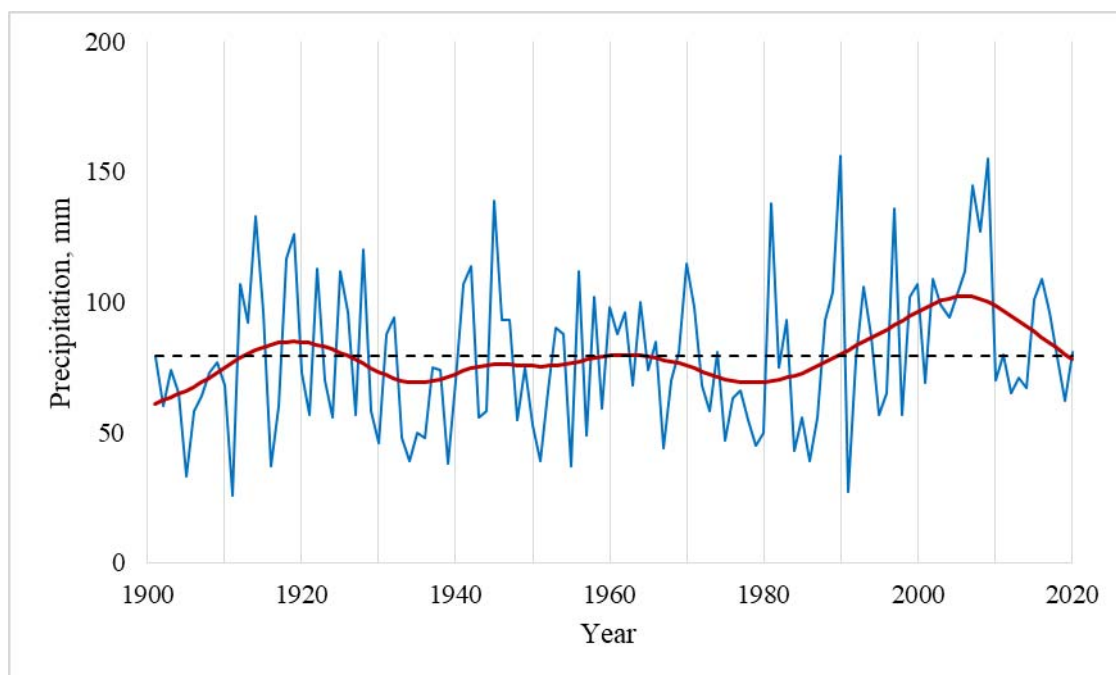


Рисунок 6. Осадки марта–мая, жирная линия – сглаженные значения, пунктирная линия – среднее значение на интервале 1901–2020 гг.

Figure 6. Precipitation in March–May: bold line – smoothed values; dotted line – average value for the interval 1901–2020

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что для радиального прироста дуба черешчатого на юго-восточной границе своего ареала лимитирующим климатическим фактором является количество атмосферных осадков за зимне-весенний сезон и начальный период вегетации. Установлено, что сила этого климатического сигнала в годовых слоях дуба не была постоянной за период имеющихся метеоданных. Начиная с начала 80-х гг. XX столетия произошло значительное уменьшение связи прироста с количеством осадков зимне-весеннего сезона и начального периода вегетации. Уменьшение климатического сигнала не может быть связано с изменением климатических условий, которые имеют плавные тенденции как увеличению, так и снижению. Причиной такого изменения, по нашему мнению, могло быть сильное изменение состояния деревьев и древостоев, вызванное воздействием сильной дефолиации дуба непарным шелкопрядом.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Инструментальная часть работы и построение хронологий прироста дуба выполнена в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) № АААА–А21–121011190016. Дендроклиматический анализ и обобщение результатов выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–14–00003, <https://rscf.ru/project/22-14-00003/>

ACKNOWLEDGMENT

The instrumental part of the work and the construction of chronologies of oak growth were carried out within the framework of the research work of the Official Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IS Ural Branch, Russian Academy of Sciences) No. АААА–А21–121011190016. Dendroclimatic analysis and

generalisation of the results were supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 22–14–00003, <https://rscf.ru/project/22-14-00003/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кучеров С.Е. Влияние массовых размножений листогрызущих насекомых и климатических факторов на радиальный прирост древесных растений: Дис. ... канд. биол. Наук. Свердловск. Ин-т экологии растений и животных УрО АН СССР. 1988. 212 с.
2. Кучеров С.Е. Идентификация календарных лет с поздними весенними заморозками на основе анатомической структуры годовичных колец дуба черешчатого на Зилаирском плато (Южный Урал) // Экология. 2021. N 5. С. 354–362. DOI: 10.31857/S0367059721050103
3. Кучеров С.Е., Кучерова С.В. Усыхание дуба на юго-восточной границе ареала в связи с воздействием повреждающих факторов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. N 3(4). С. 1341–1343.
4. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семёнов В.А., Чибилёв А.А. Оценка метеорологических факторов пожарной опасности на территории Южного Урала // География и природные ресурсы. 2022. N 2. С. 161–168. DOI: 10.15372/GIPR20220217
5. Кучеров Е.В., Мулдашев А.А., Мукатанов А.Х. Дубравная лесостепь на хребте Шайтан-тау и вопросы ее охраны. Уфа: Уфимский научный центр РАН, 1994. 186 с.
6. Кучеров С.Е. Влияние непарного шелкопряда на радиальный прирост дуба черешчатого // Лесоведение. 1990. N 2. С. 20–29.
7. Кучеров С.Е. Динамика радиального прироста дуба черешчатого на хребте Шайтан-Тау после массового размножения непарного шелкопряда в 2002, 2003 гг. // Вестник ОГУ. 2009. N 6 (100). С. 179–181.
8. Кучеров С.Е. Реконструкция массовых размножений непарного шелкопряда на Зилаирском плато на основе анализа радиального прироста дуба черешчатого //

Журнал сибирского федерального университета. Биология. 2011. N 4. С. 405–415.

9. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. Екатеринбург: Уро РАН, 2008. 312 с.

10. Чибилёв А.А. Заповедник «Шайтан-Тай» – эталон дубравной лесостепи на Южном Урале. Оренбург: Печатный дом «Димур», 2015. 144 с.

11. Чибилёв А.А., Павлейчик В.М., Вельмовский П.В. К организации лесостепного государственного природного заповедника «Шайтан-Тай» на территории Оренбургской области РФ // Лесоразведение и сохранение биологического и ландшафтного разнообразия аридных экосистем: история, современное состояние и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, Уральск, 05–06 ноября 2010 года. Уральск: РГКП «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана». 2010. С. 21–24.

12. Rinn F. TSAP V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: RINTECH. 1996. 263 p.

13. Cook E.R., Krusic P.J. Program ARSTAN (Version 41d). Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, 2005.

14. Cook E.R., Peters K. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies // *Tree-Ring Bull.* 1981. V. 41. P. 45–53.

15. Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated time series, with application in dendrochronology and hydrometeorology // *J. of Climate and Applied Meteorology.* 1984. V. 23. P. 201–213.

16. Briffa K.R., Jones P.D. Basic chronology statistics and assessment // *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences.* Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990, pp. 137–152.

17. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset // *Scientific data.* 2020, vol. 7, no. 1, pp. 1–18. DOI: 10.1038/s41597-020-0453-3.

18. Zang C., Biondi F. Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships // *Ecography.* 2015. V. 38. N 4. P. 431–436. DOI: 10.1111/ecog.01335

19. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 10.06.2022)

20. Кучеров С.Е., Кучерова С.В. Динамика усыхания дуба на южной оконечности Южного Урала в связи с массовыми размножениями непарного шелкопряда и пожарами // *Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки.* 2014. N 17 (188). Вып. 28. С. 60–636.

21. Агафонов Л.И., Кукарских В.В. Изменение климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // *Экология.* 2008. N 3. С. 173–180.

22. Агафонов Л.И., Гурская М.А., Кукарских В.В., Бубнов М.О., Дэви Н.М., Галимова А.А. Островные боры Южного Урала и ленточные боры Алтая как объекты дендроклиматических исследований // *Экология.* 2021. N 5. С. 325–334. DOI: 10.31857/S0367059721050036

23. Васильев Д.Ю., Кучеров С.Е., Семенов В.А., Чибилёв А.А. Реконструкция атмосферных осадков по радиальному приросту сосны обыкновенной на Южном Урале // *Доклады российской академии наук. Науки о Земле.* 2020. Т. 490. N 1. С. 37–42. DOI: 10.1134/S1028334X20010110

24. Кучеров С.Е. Реконструкция летних осадков на Южном Урале за последние 375 лет на основе анализа радиального прироста лиственницы Сукачева // *Экология.* 2010. N 4. С. 248–256.

25. Кучеров С.Е., Васильев Д.Ю., Мулдашев А.А. Реконструкция осадков мая–июня по радиальному

приросту сосны обыкновенной на Бугульминско-Белебеевской возвышенности для территории Башкирии // *Экология.* 2016. N 2. С. 83–93. DOI: 10.7868/S0367059716010078

26. Babushkina E., Zhirnova D., Belokopytova L., Tychkov I., Vaganov E., Krutovsky K. Response of Four Tree Species to Changing Climate in a Moisture-Limited Area of South Siberia // *Forests.* 2019. V. 10. Article ID 999. DOI: 10.3390/f10110999

27. Solomina O., Davi N., D'Arrigo R., Jacoby G. Tree-ring reconstruction of Crimean drought and lake chronology correction // *Geophysical Research Letters.* 2005. V. 32 (L19704). DOI: 10.1029/2005GL023335

28. Кучеров С.Е., Мулдашев А.А., Кучерова С.В. Влияние низовых пожаров на дубняки хребта Шайтан-Тай // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2011. Т. 13. N 5 (2). С. 90–92.

REFERENCES

- Kuchеров С.Е. Vliyanie massovykh razmnozhenii listogryzushchikh nasekomykh i klimaticheskikh faktorov na radial'nyi prirost drevesnykh rastenii: Dis. ... kand. biol. nauk [Influence of mass outbreaks of leaf-eating insects and climatic factors on the radial growth of woody plants: Dis. ... cand. biol. Sciences]. Sverdlovsk, Institute of Ecology of Plants and Animals, Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR Publ., 1988, 212 p. (In Russian)
- Kuchеров С.Е. Identification of calendar years with late spring frosts based on the anatomical structure of annual rings of the common oak on the Zilair plateau (Southern Urals). *Russian Journal of Ecology*, 2021, vol. 52, no. 5, pp. 383–390. DOI: 10.1134/S106741362105009X
- Kuchеров С.Е., Кучерова С.В. Drying up of oak on the south-eastern border of area in the impact of damaging factors. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk [Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]*. 2013, vol. 15, no. 3(4), pp. 1341–1343. (In Russian)
- Vasiliev D.Yu., Kuchеров С.Е., Semenov V.A., Chibilev A.A. Assessing meteorological factors of fire hazard on the Southern Urals. *Geography and natural resources*, 2022, vol. 43, no. 2, pp. 175–181. DOI: 10.15372/GIPR20220217
- Kuchеров С.Е., Мулдашев А.А., Муканов А.Х. et al. *Dubravnyaya lesostep' na khrebe Shaitan-tau i voprosy ee okhrany* [Oak forest-steppe on the Shaitan-tau ridge and issues of its protection]. Ufa, Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ., 1994, 186 p. (In Russian)
- Kuchеров С.Е. The influence of lymantria dispar on the radial increment of *Quercus robur*. *Lesovedenie [Lesovedenie]*. 1990, no. 2, pp. 20–29. (In Russian)
- Kuchеров С.Е. Dynamics of radial growth of common oak on the Shaitan-Tau ridge after gypsy moth mass outbreaks in 2002, 2003. *Vestnik OGU [Bulletin of OSU]*. 2009, no. 6 (100), pp. 179–181 (In Russian)
- Kuchеров С.Е. The reconstruction of gypsy moth outbreaks on the Zilair Plateau by oak-tress radial growth analysis. *Zhurnal sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya [Journal of the Siberian Federal University. Biology]*. 2011, no. 4, pp. 405–415. (In Russian)
- Chibilev A.A. *Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya* [Ural basin: history, geography, ecology]. Yekaterinburg, UrO RAN Publ., 2008, 312 p. (In Russian)
- Chibilev A.A. *Zapovednik «Shaitan-Tau» – etalon dubravnoi lesostepi na Yuzhnom Urale* [The Shaitan-Tau reserve is the standard of the oak forest-steppe in the Southern Urals]. Orenburg, Dimur Publ., 2015, 144 p. (In Russian)
- Chibilev A.A., Pavleychik V.M., Velmovsky P.V. K organizatsii lesostepnogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Shaitan-Tau» na territorii Orenburgskoi oblasti RF [To the organization of the forest-steppe state nature

reserve "Shaitan-Tau" on the territory of the Orenburg region of the Russian Federation]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Lesorazvedenie i sokhranenie biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya aridnykh ekosistem: istoriya, sovremennoe sostoyanie i perspektivy"*, Ural'sk, 05-06 noyabrya 2010 goda [Proceedings of the international scientific and practical conference "Afforestation and conservation of biological and landscape diversity of arid ecosystems: history, current state and prospects", Ural'sk, November 05–06, 2010]. Ural'sk, State Enterprise "West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanir Khan" Publ., 2010, pp. 21–24. (In Russian)

12. Rinn F. TSAP V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg, RINNTECH, 1996, 263 p.

13. Cook E.R., Krusic P.J. Program ARSTAN (Version 41d). Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, 2005.

14. Cook E.R., Peters K. The smoothing spline: A new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bull.*, 1981, vol. 41, pp. 45–53.

15. Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated time series, with application in dendrochronology and hydrometeorology. *J. of Climate and Applied Meteorology*, 1984, vol. 23, pp. 201–213.

16. Briffa K.R., Jones P.D. Basic chronology statistics and assessment. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990, pp. 137–152.

17. Harris I., Osborn T.J., Jones P., Lister D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific data*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 1–18. DOI:10.1038/s41597-020-0453-3

18. Zang C., Biondi F. Treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*, 2015, vol. 38, no. 4, pp. 431–436. DOI: 10.1111/ecog.01335

19. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org> (accessed 10.06.2022)

20. Kuchеров S.E., Kuchерова S.V. Dynamics of drying of oak at the southern end of the South Urals in connection with the gypsy moth outbreaks and fires. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya Estestvennyye nauki* [Nauchnye Vedomosti BelGU. Series Natural Sciences]. 2014, vol. 28, no. 17 (188), pp. 60–636. (In Russian)

21. Agafonov L.I., Kukarskikh V.V. Climate changes in the past century and radial increment of pine in the Southern Ural steppe. *Ekologiya* [Ecology]. 2008, no. 3, pp. 173–180. (In Russian)

22. Agafonov L.I., Gurskaya M.A., Kukarskikh V.V., Bubnov M.O., Devi N.M., Galimova A.A. Insular pine forests of the Southern Urals and ribbon pine forests of Altai as objects of dendroclimatic research. *Russian Journal of Ecology*, 2021, vol. 52, no. 5, pp. 349–357. DOI: 10.31857/S0367059721050036

23. Vasiliev D.Yu., Kuchеров S.E., Semenov V.A., Chibilev A.A. Reconstruction of Precipitation by Radial Growth of Scots Pine in the Southern Urals. *Doklady Earth Sciences*, 2020, vol. 490, part 1, pp. 31–35. DOI: 10.1134/S1028334X20010110

24. Kuchеров S.E. Reconstruction of Summer Precipitation in the Southern Urals Over the Last 375 Years Based on Analysis of Radial Increment in the Siberian Larch. *Russian Journal of Ecology*, 2010, vol. 41, no. 4, pp. 284–292. DOI: 10.1134/S1067413610040028

25. Kuchеров S.E., Vasiliev D.Yu., Muldashev A.A. Reconstruction of May–June precipitation from the radial growth of Scots pine on the Bugulma-Belebeev Upland for the territory of Bashkiria. *Russian Journal of Ecology*, 2016, vol. 47, iss. 2, pp. 115–124. DOI: 10.1134/S1067413616010070

26. Babushkina E., Zhirnova D., Belokopytova L., Tychkov I., Vaganov E., Krutovsky K. Response of Four Tree Species to Changing Climate in a Moisture-Limited Area of South Siberia. *Forests*, 2019, vol. 10, article id 999. DOI: 10.3390/f10110999

27. Solomina O., Davi N., D'Arrigo R., Jacoby G. Tree-ring reconstruction of Crimean drought and lake chronology correction. *Geophysical Research Letters*, 2005, vol. 32 (L19704). DOI: 10.1029/2005GL023335

28. Kuchеров S.E., Muldashev A.A., Kuchерова S.V. Influence of samaras on oak forests of the Shaitan-Tau Ridge. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2011, vol. 13, no. 5 (2), pp. 90–92. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей Е. Кучеров определил объекты исследования, провел анализ полученных результатов, написал рукопись. Светлана В. Кучерова участвовала в сборе первичного материала и оформлении статьи. Василий Б. Мартыненко принимал участие в обсуждении и интерпретации результатов. Павел В. Вельмовский осуществил поиск литературных источников и принимал участие в оформлении материалов. 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

Sergey E. Kuchеров identified the objects of research, analysed the results and wrote the manuscript. Svetlana V. Kuchерова participated in the collection of primary material and the design of the article. Vasilii B. Martynenko participated in the discussion and interpretation of the results. Pavel V. Velmovskiy carried out a search for literary sources and participated 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 declares no conflict of interest.

ORCID

Сергей Е. Кучеров / Sergey E. Kuchеров <https://orcid.org/0000-0001-7734-1725>

Светлана В. Кучерова / Svetlana V. Kuchерова <https://orcid.org/0000-0002-4901-6850>

Василий Б. Мартыненко / Vasilii B. Martynenko <https://orcid.org/0000-0002-9071-3789>

Павел В. Вельмовский / Pavel V. Velmovskiy <https://orcid.org/0000-0002-0492-6850>

Оригинальная статья / Original article
УДК 631.45:938.6
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-46-53

Флористическое районирование высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа

Маржан А.-М. Астамирова^{1,2}, Муса А. Тайсумов^{1,2}, Аминат С. Абдурзакова²,
Раиса С. Магомадова², Фатима С. Омархаджиева²

¹Академия наук Чеченской Республики, Грозный, Россия

²Чеченский государственный педагогический университет, Грозный, Россия

Контактное лицо

Муса А. Тайсумов, доктор биологических наук,
вице-президент Академии наук Чеченской
Республики; 364022 Россия, г. Грозный,
В. Алиева, 17 а.
Тел. +79298903213
Email musa_taisumov@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5053-8816>

Формат цитирования

Астамирова М.А.-М., Тайсумов М.А.,
Абдурзакова А.С., Магомадова Р.С.,
Омархаджиева Ф.С. Флористическое
районирование высокогорных ландшафтов
Центрального и Северо-Восточного Кавказа //
Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, N 1. С.
46-53. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-46-53

Получена 22 июля 2022 г.
Прошла рецензирование 14 октября 2022 г.
Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Проведение флористического районирования высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа.

Материал и методы. Список облигатных петрофитов составлен по результатам обработки собственных полевых сборов авторов и с учетом сведений из флористических сводок и определителей. Оценка сходства видового состава флоры высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа выполнена по коэффициентам Жаккара и Сёренсена-Чекановского.

Результаты. На основе проведенного анализа сходства флористических списков откорректированы географические границы и выделено три флористических района петрофильной высокогорной флоры

Заключение. Проведенный анализ сходства петрофильных флор территории высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа показывает, что для неё необходимо скорректировать границы имеющейся схемы флористического районирования, т.к. коэффициенты сходства флористических списков свидетельствуют о возможности объединения ряда районов на основании малой степени отличия флор друг от друга и наличии достаточного количества видов, ареалы которых являются объединяющими.

Ключевые слова

Центральный и Северо-Восточный Кавказ, флора, флористические районы.

Floristic zoning of high-mountain landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus

Marzhan A.-M. Astamirova^{1,2}, Musa A. Taysumov^{1,2}, Aminat S. Abdurzakova²,
Raissa S. Magomadova² and Fatima S. Omarkhadzhieva²

¹Academy of Sciences of the Chechen Republic, Grozny, Russia

²Chechen State Pedagogical University, Grozny, Russia

Principal contact

Musa A. Taysumov, Doctor of Biological Sciences,
Vice-President of the Academy of Sciences of the
Chechen Republic; 17 a V. Alieva St., Grozny, Russia
364022.

Tel. +79298903213

Email musa_taisumov@mail.ru

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

How to cite this article

Astamirova M.A.-M., Taysumov M.A., Abdurzakova
A.S., Magomadova R.S., Omarkhadzhieva F.S.
Floristic zoning of high-mountain landscapes of the
Central and North-Eastern Caucasus. *South of
Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1,
pp. 46-53. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-
2023-1-46-53

Received 22 July 2022

Revised 14 October 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. To carry out floristic zoning of high-mountain landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus.

Material and Methods. A list of obligate petrophytes was compiled based on the results of processing the authors' own field collections and taking into account information from floristic reports and determinants. The assessment of the similarity of species composition of the flora of the high-mountain landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus was carried out according to the Jaccard and Sørensen-Chekanovskiy coefficients.

Results. Based on the analysis of similarity of floristic lists, the geographical boundaries were corrected and three floristic regions of petrophilic high-mountain flora were identified.

Conclusion. This analysis of the similarity of the petrophilic floras of the high-mountain landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus has shown that it is necessary to correct the boundaries of the existing scheme of floristic zoning, since the similarity of coefficients of floristic lists indicates the possibility of combining a number of areas based on a small degree of difference between their floras and the presence of a significant number of species whose ranges are unifying.

Key Words

Central and North-Eastern Caucasus, flora, floristic regions.

ВВЕДЕНИЕ

Проблеме флористического районирования Кавказа, частью которого является исследуемая территория, посвящено немало работ, начиная с классического исследования Н.И. Кузнецова [1]. В целом районирование горных территорий на флористической основе представляет особую проблему, требующую учета многих факторов, в том числе геоморфологии региона и современного состояния флористических комплексов.

При исследовании любой флоры важным аспектом является выяснение вопроса её положения в различных системах флористического (и ботанико-географического) районирования поверхности суши земного шара. Во многих региональных работах по флоре Российского Кавказа использована схема флористического районирования А.И. Галушко [2], позднее дополненная и незначительно видоизменённая А.Л. Ивановым [3; 4]. Эта схема использована при написании конспектов флоры некоторых районов России – Карачаево-Черкесии [5], Чеченской республики [6], Центральной и Восточной части Главного кавказского хребта [7]. Подобные издания есть и для других территорий, где проведено детальное флористическое районирование. В «Конспекте флоры Ингушетии» [8] и в «Конспекте флоры Дагестана» [9] выделение районов основано на физико-географическом и геоботаническом принципах. Для территорий Кабардино-Балкарии и Северной Осетии таких исследований не проводилось и флора территорий этих республик не инвентаризирована.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящем исследовании мы использовали схему районирования территории Кавказа, в основе которой лежит схема А.А. Гроссгейма [10], где проведены выделы фитохорионов до флористических округов. Эта схема усовершенствована Ю.Л. Меницким [11] в плане детального районирования до флористических районов. По выражению автора схема «представляет собой двухступенчатую схему естественно-исторических районов, удобную для указания распространения растений, где каждый район является многомерной ботанико-географической и флористической единицей» [11]. Т.е. в основе схемы лежит удобство пользования, но никак не анализ флористических комплексов, характерных для того или иного района. На основе этой схемы построен «Конспект флоры Кавказа» [12], и последнее время она используется в некоторых капитальных работах, например, таких, как «Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа» [13] и др. Для выяснения фитогеографического положения высокогорий Центрального и Северо-Восточного Кавказа нами также проанализированы глобальные схемы районирования земного шара: А.И. Толмачёва [14], А.Л. Тахтаджяна [15; 16], Р.В. Камелина [17], а также разработанную для Кавказа схему Р.И. Гагидзе [18; 19].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Позиция изучаемой территории в иерархической системе флористического районирования суши нами оценивается следующим образом:

Голарктическое царство Древнесредиземноморское (Тетисовое) подцарство Среднеевропейская область Кавказско-Европейская подобласть

1. Кавказская (Эльбруско-Казбекская) провинция

1.1. Кубанский округ

1.1.1. В.Кум. – Верхне-Кумский район

1.2. Терский округ

1.2.1. Малк. – Малкинский район

1.2.2. В.Тер. – Верхнетерский район

2. Дагестанская (Тушетско-Дагестанская) провинция

2.1. Тушетский округ

2.1.1. Ассо-Арг. – Ассо-Аргунский район

2.2. Дагестанский округ

2.2.1. В.Сулак. – Верхнесулакский район

2.2.2. Ман.-Самур. – Манас-Самурский район

Границы флористических районов высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа показаны на рисунке 1. Границы эти в нашем исследовании условные, поскольку проведены с учётом флор более значительных территорий, включающих среднегорья, низкотерра и равнинные участки. Корректировка границ возможна после статистической обработки флористических списков.

Характеристика районов

Кавказская (Эльбруско-Казбекская) провинция

Кубанский округ. На исследуемой территории округ представлен одним Верхне-Кумским районом.

Верхне-Кумский район расположен в восточной части Кубанского округа и его юго-восточная граница проходит по Кумо-Малкинскому водоразделу. Южная граница проходит по дну Северо-Юрской депрессии, западная – по водоразделу рек Кума и Кубань, северная – по высокогорьям Скалистого хребта. Флора района насчитывает 244 вида, из которых 47 эндемичных (но не для этого района: 5 эвриэндемиков, 42 субэндемика). Только в этом районе встречается 1 вид – *Nossaea pumila*.

Терский округ. Занимает территорию от Эльбурского массива до массива г. Казбек. Включает два района: Малкинский и Верхнетерский.

Малкинский район. На востоке его граница проходит по водоразделу бассейнов рек Урух и Чегем, на западе по водоразделу верховий рек Малка и Кубань, южная граница – по Главному Кавказскому хребту, северная – по высокогорьям Скалистого хребта. Количество видов 279, из которых 9 стеноэндемиков: *Viola meyeriana*, *Sempervivum ingwersenii*, *Saxifraga dinnikii*, *Bupleurum subnivale*, *Cruciata elbrussica*, *C. valentinae*, *Galium pseudopolycarpon*, *Pedicularis balkharica*, *Campanula valentinae*. Только в этом районе встречаются два общекавказских эндемика – *Oberna pubicaulis* и *Cirsium cephalotes*. Кроме того, на территории района зафиксировано 5 эвриэндемиков и 48 субэндемиков.

В таблице 1 приведены сравнительные данные о количественном составе флор разных районов, включая эндемичные виды.

Верхнетерский район. Восточная граница района проходит по водоразделу рек Терека и Ассы, северная и южная – продолжение границ предыдущего района. В составе флоры 305 видов, из которых 1 стеноэндемик – *Campanula besenginica*. На территории района насчитывается 11 эвриэндемиков и 58 субэндемиков. Других видов, характерных только для этого района, нет.

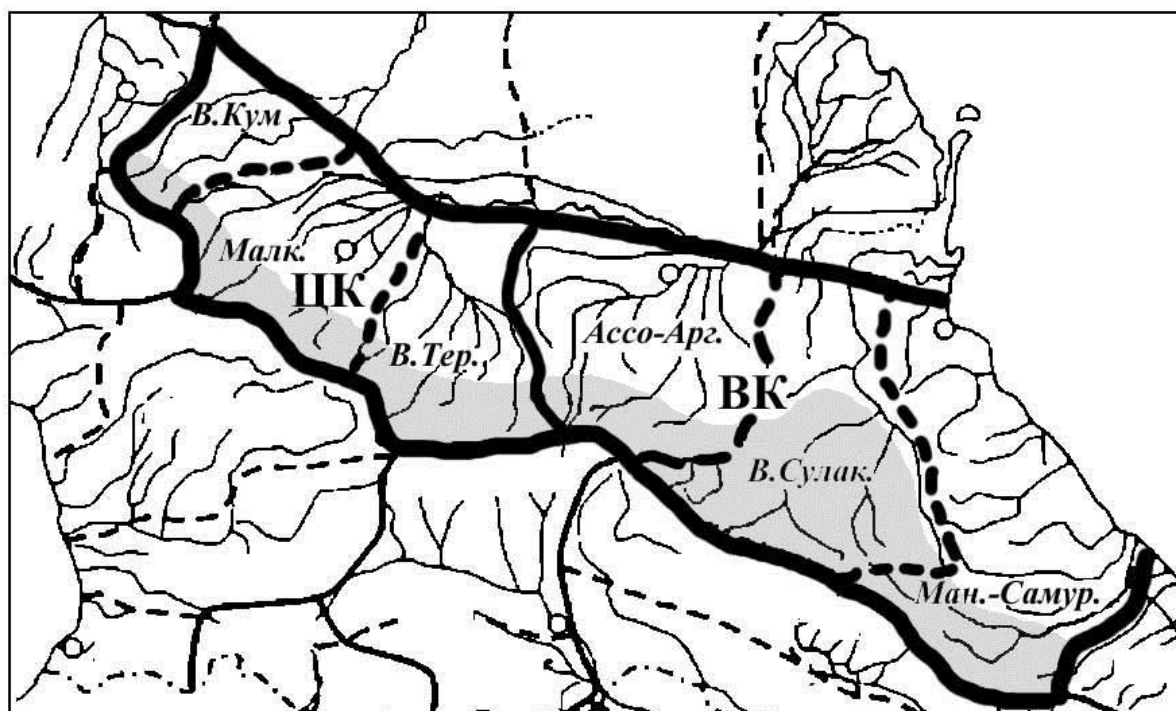


Рисунок 1. Флористические районы высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа
Figure 1. Floristic regions of alpine landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus

Таблица 1. Сравнительные данные по петрофильной флоре высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа
Table 1. Comparative data on the petrophilic flora of the alpine landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus

№	Флористический район Floristic region	Количество видов Number of species			
		Всего видов Total species	Стеноэндемики Stenoendemic	Эвриэндемики Euryendemic	Субэндемики Subendemic
1	Верхне-Кумский Verkhne-Kumskiy	244	-	5	42
2	Малкинский Malkinskiy	279	9	5	48
3	Верхнетерский Verkhneterskiy	305	1	11	58
4	Ассо-Аргунский Asso-Argunskiy	321	4	11	60
5	Верхнесулакский Verkhnesulakskiy	275	1	5	59
6	Манас-Самурский Manas-Samurskiy	281	7	5	56
		Общее для всех районов число видов – 179 Total number of species for all regions – 179			

Дагестанская (Тушетско-Дагестанская) провинция

Тушетский округ. В состав округа на изучаемой территории входит один **Ассо-Аргунский район**, границы которого на востоке доходят до водораздела рек Андийское Койсу и Шароаргун. Территория района включает высокогорья Тушетии (Грузия), Республики Ингушетии и Чеченской Республики. В районе насчитывается 321 вид, в том числе 6 стеноэндемиков – *Ranunculus tebulossicus*, *R. argunensis*, *Erysimum subnivale*, *Campanula argunensis*, *Festuca inguschetica*, *Poa primaе*. Кроме них в состав флоры входят 11 эвриэндемиков и 60 субэндемиков. Специфических видов нет.

Дагестанский округ. Занимает территорию Высокогорного и Внутригорного Дагестана до бассейна

р. Самур и государственной границы с Азербайджаном. Два района – Верхнесулакский и Манас-Самурский.

Верхнесулакский район. Охватывает Высокогорный и Внутригорный Дагестан в пределах бассейнов верховий рек Андийское Койсу, Аварское Койсу, Каракойсу и Казикумухское Койсу. Один стеноэндемик – *Viola bogosensis*, 5 эвриэндемиков и 59 субэндемиков.

Манас-Самурский район. Занимает высокогорья Дагестана в верховьях бассейнов рек Самур и Карасамур. Стеноэндемиков 7 – *Cerastium daghestanicum*, *Erysimum babadagensis*, *Vicia larissae*, *Campanula galushkoi*, *Erigeron schalbusi*, *Pyrethrum galushkoi*, *Allium samurense*. Специфических для данного района видов 4 – *Astragalus beckerianus*, *A. polyphyllus*, *Asperula*

glomerata, *Campanula fominii*. Из эндемиков других категорий 5 эвриэндемиков и 56 субэндемиков.

Количество видов, общих для всех районов, составляет 179, что не превышает половины значения количества видов ни для одного района, что может свидетельствовать об относительно небольшой величине оригинальности флор исследуемых районов по отношению друг к другу (но не относительно к флорам других территорий).

Важным показателем флористического богатства является количественная характеристика флоры, что обычно используется для сравнения разных флор (в данном случае флор разных флористических районов) и уточнении границ выделов на флористической основе. Основным методом такого сравнения – статистическая обработка флористических списков, при помощи которой могут быть получены достоверные математические характеристики, показывающие степень сходства одной флоры с другой и в целом по отдельным флористическим районам всей изучаемой территории. Конечным итогом такого сравнения может быть графическое выражение соотношений степени сходства районов друг с другом (дендрит) и внесение коррективов в схему флористического районирования.

При проведении такого сравнения флористического состава разных районов петрофильной флоры высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа применена методика подсчёта коэффициентов сходства по Жаккару и Сёренсену-Чекановскому [20]:

В полученных дендритах (рис. 2, 3) ход их расщепления показывает, что наибольшее сходство по флористическому составу показывают районы Ман.-Самур.-В.Сул. и Малк.-В.Кум., к первой паре районов близок Ассо-Арг. Наименьшее сходство наблюдается между плеядами второго уровня.

Исходя из флористических списков и хода расщепления дендритов нами скорректирована схема флористического районирования территории петрофильной флоры высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа (рис. 4). В результате выделено три флористических района:

1. Эльбрусский район. Занимает территорию высокогорий от Кубано-Малко-Кумского водораздела до водораздела рек Чегем и Урух, т.е. объединяет высокогорные части Верхне-Кумского и Малкинского районов, петрофильные флоры которых проявляют высокую степень сходства (коэффициенты сходства Жаккара и Сёренсена-Чекановского равны соответственно 0,83 и 0,90). Также объединяющим фактором являются общие ареалы 10 видов – *Minuartia brotheriana*, *Saxifraga scleropoda*, *Oxytropis meyeri*, *Eritrichium caucasicum*, *Euphrasia hirtella*, *E. petiolaris*, *Rhinanthus schischkini*, *Carex capillaries*, *Briza marcowiczii*, *Festuca sommieri*.

2. Казбекский район простирается далее на восток до Терек-Ассинского водораздела и соответствует высокогорной части Верхнетерского района в схеме районирования территории Кавказа [11]. Проявляет наименьшую степень сходства с соседними районами (коэффициенты сходства с Малкинским 0,72 и 0,97, с Ассо-Аргунским – 0,81 и 0,89). Этим районом ограничен ареал лишь одного вида – *Campanula besenginica* [11].

3. Тушетско-Дагестанский район объединяет высокогорные части трёх районов – Ассо- Аргунского, Верхне-Сулакского и Манас-Самурского, которые имеют наибольшие значение коэффициентов сходства (соответственно 0,96 и 0,92, 0,98 и 0,96). Эти районы объединяют также и общие ареалы 27 видов, таких как *Ranunculus arachnoideus*, *R. caucasicus*, *Cerastium cerastoides*, *Silene humilis*, *S. caucasica*, *Arabis farinaceae*, *Didymophysa aucheri*, *Draba longisiliqua*, *D. incompta*.

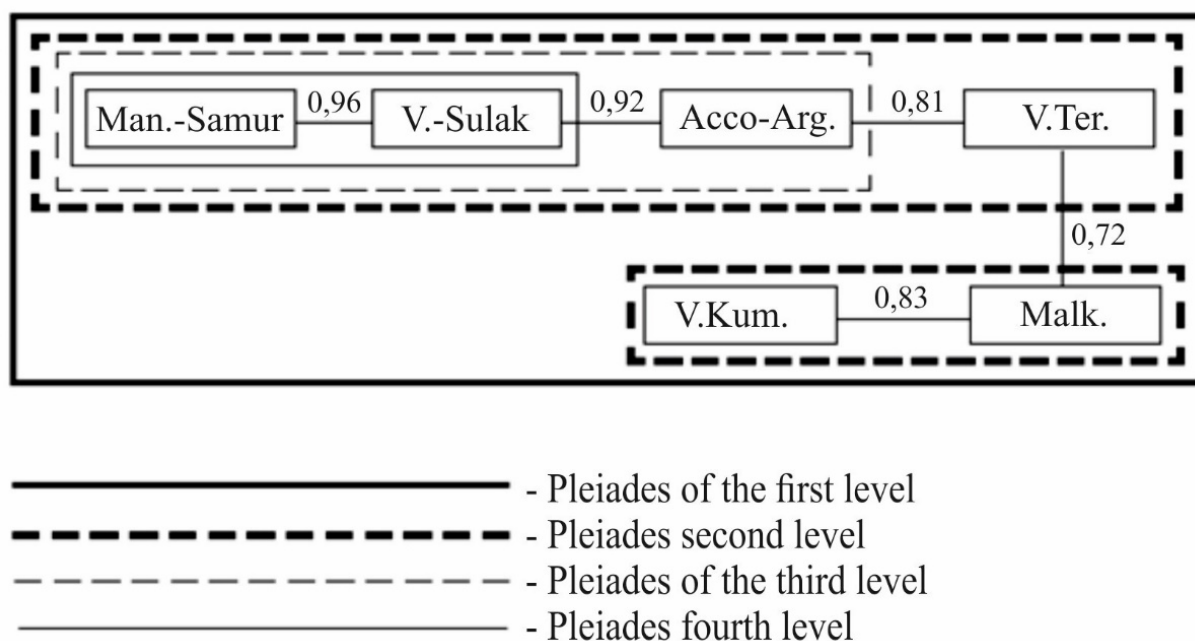


Рисунок 2. Дендрит, построенный методом максимального корреляционного пути на основе коэффициента сходства флористических списков Жаккара K_j

Figure 2. Tree diagram constructed according to the maximum correlation path method based on the Jaccard coefficient of similarity (Kj) of floristic lists

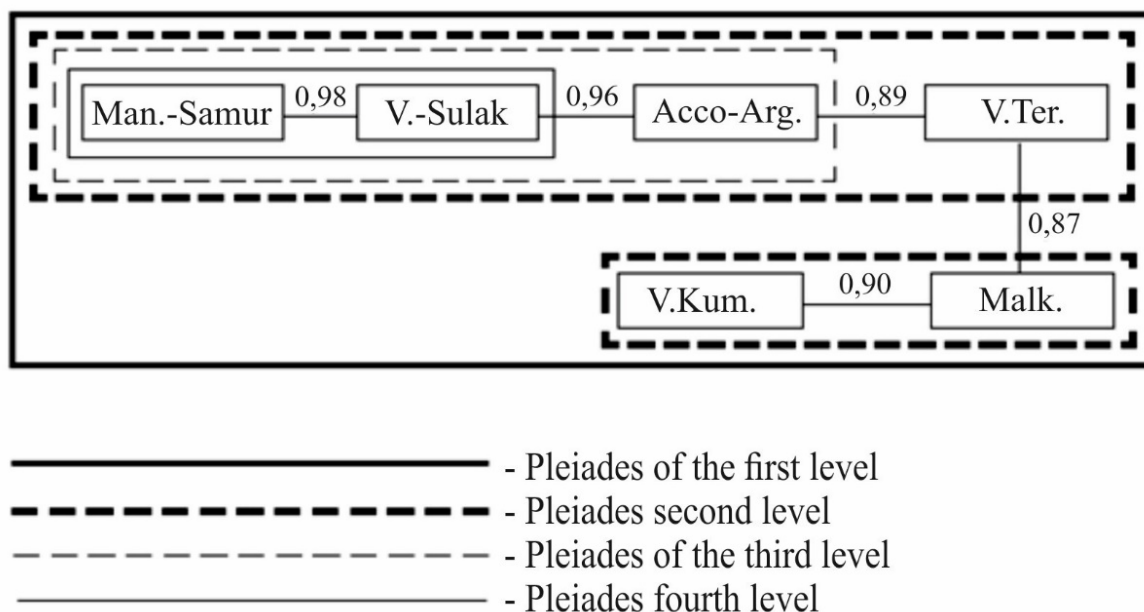


Рисунок 3. Дендрит, построенный методом максимального корреляционного пути на основе коэффициента сходства флористических списков Сёренсена-Чекановского K_{SC}

Figure 3. Tree diagram constructed according to the maximum correlation path method based on the Sørensen-Czekanowski coefficient of similarity (K_{SC}) of floristic lists

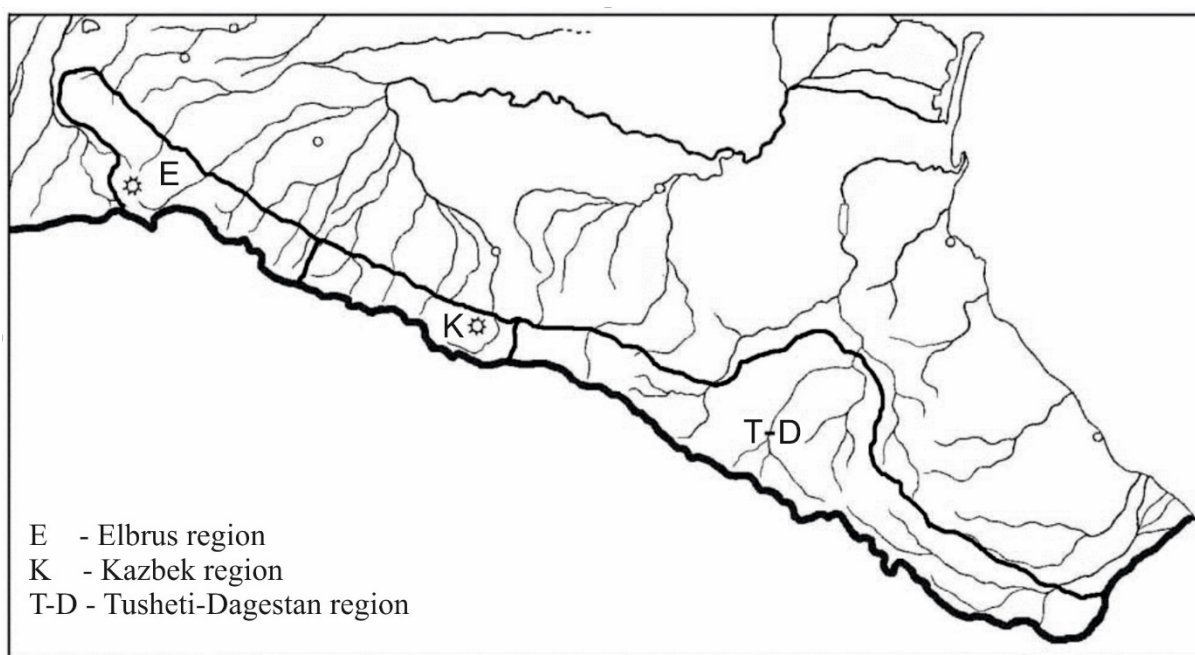


Рисунок 4. Флористические районы высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа

Figure 4. Floristic regions of alpine landscapes of the Central and North-Eastern Caucasus

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведённый анализ сходства петрофильных флор территории высокогорных ландшафтов Центрального и Северо-Восточного Кавказа показывает, что для неё необходимо скорректировать границы имеющейся схемы флористического районирования, т.к. коэффициенты сходства флористических списков свидетельствуют о возможности объединения ряда районов на основании малой степени отличия флор друг от друга и наличии достаточного количества видов, ареалы которых являются объединяющими.

Автохтонные видообразовательные процессы в исследуемой флоре проходили на основе гетерохронных волн миграции из отдалённых и прилегающих территорий Древнего Средиземья. Модель флорогенеза включает три этапа, сопровождавшихся миграционными волнами и видообразовательными процессами. Миграционный путь флористических элементов пролегал через Малый Кавказ на исследуемую территорию и трансформировался в двух крупных видообразовательных центрах – Эльбрусском и Самурском и нескольких малых.

Формирование эндемичного ядра флоры следует территориально связывать с Эльбрусским горным массивом и горными массивами правобережья Самура, суммарно же наибольшее количество эндемиков всех категорий сосредоточено во флористических районах северной части Восточного Кавказа. Подавляющее большинство собственно эндемичных видов относятся к неоэндемикам, которые формировались на кавказской генетической основе, четвертую часть видов составляют палеоэндемики, проявляющие армяно-ирано-туранские связи, слабые связи прослеживаются с центрально-азиатскими видами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов Н.И. Принципы деления Кавказа на ботанико-географические провинции // Записки Императорской АН по физико-математическому отделению. 1909. Т. 24. N 1. 174 с.
2. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Ростов: Изд-во РГУ, 1978–1980. Т. 2. 317 с.; Т. 3. 350 с.; Т. 4. 327 с.
3. Иванов А.Л. Флора Предкавказья и ее генезис. Ставрополь: Изд-во СГУ, 1998. 204 с.
4. Иванов А.Л., Ковалёва О.А. Анализ флоры петрофитов Российского Кавказа. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. 184 с.
5. Шильников Д.С. Конспект флоры Карачаево-Черкесии. Ставрополь: Изд-во АРГУС, 2010. 384 с.
6. Умаров М.У., Тайсумов М.А. Конспект флоры Чеченской Республики. Грозный: Изд-во АН ЧР, 2011. 151 с.
7. Астамирова М.А.-М. Конспект верхнеальпийской флоры центральной и восточной части Главного Кавказского хребта. Грозный, 2014. 124 с.
8. Тайсумов М.А., Омархаджиева Я.С. Анализ флоры Чеченской Республики. Грозный: АН ЧР, 2012. 320 с.
9. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Махачкала: Изд-во ИД «Эпоха», 2009. Т. I. 320 с.; Т. II. 248 с.; Т. III. 304 с.; Т. IV. 232 с.
10. Гроссгейм А.А. Флора Кавказа, 2-е изд., 1939-1967. Баку: Изд. Азерб. ФАН СССР, 1939. Т. 1. 404 с.; Т. 2. 284 с.; Т. 3. 322 с.; Т. 4. 314 с.; Т. 5. 456 с.; Т. 6. 424 с.; Т. 7. 894 с.
11. Меницкий Ю.Л. Проект «Конспект флоры Кавказа». Карта районов флоры // Ботанический журнал. 1991. Т. 76. N 11. С. 1513–1521.
12. Конспект флоры Кавказа / Под редакцией А.Л. Тахтаджяна. СПб: Изд-во СПбГУ, 2003. Т. I. 204 с.; Т. II. 467 с.; Т. III(1). 469 с.; Т. III(2). 623 с.
13. Литвинская С.А., Муртазалиев Р.А. Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созоология, экология. Краснодар, 2009. 439 с.
14. Толмачёв А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
15. Тахтаджян А.Л. Флористическое деление суши // Жизнь растений. М.: Просвещение, 1974. Т. 1. С. 117–153.
16. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 248 с.
17. Камелин Р.В. Флористическое районирование суши: новое решение некоторых проблем // Ботанический журнал. 2012. Т. 97. N 12. С. 1481–1487.
18. Гагнидзе Р.И. Ботанико-географический анализ флороценотического комплекса субальпийского высокоотравья Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1974. 276 с.
19. Гагнидзе Р.И. Задачи и актуальные вопросы ботанической географии Кавказа // Заметки по систематике и географии растений. Тбилиси: Мецниереба, 2004. Вып. 44-45. С. 8–52.
20. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1984. 286 с.

REFERENCES

1. Kuznetsov N.I. Principles of dividing the Caucasus into botanical and geographical provinces. Zapiski Imperatorskoi AN po fiziko-matematicheskomu otdeleniyu [Notes of the Imperial Academy of Sciences on the Physics and Mathematics Department]. 1909, vol. 24, no. 1, 174 p. (In Russian)
2. Galushko A.I. *Flora Severnogo Kavkaza* [Flora of the North Caucasus]. Rostov, Russian State University Publ., 1978–1980, vol. 2, 317 p.; vol. 3, 350 p.; vol. 4, 327 p. (In Russian)
3. Ivanov A.L. *Flora Predkavkaz'ya i ee genezis* [Flora of Ciscaucasia and its genesis]. Stavropol, SGU Publ., 1998, 204 p. (In Russian)
4. Ivanov A.L., Kovaleva O.A. *Analiz flory petrofitov Rossiiskogo Kavkaza* [Analysis of the petrophyte flora of the Russian Caucasus]. Stavropol, NCFU Publ., 2014, 184 p. (In Russian)
5. Shilnikov D.S. *Konspekt flory Karachaevo-Cherkessii* [Synopsis of the flora of Karachay-Cherkessia]. Stavropol, ARGUS Publ., 2010, 384 p.
6. Umarov M.U., Taysumov M.A. *Konspekt flory Chechenskoi Respubliki* [Synopsis of the flora of the Chechen Republic]. Grozny, Academy of Sciences of the ChR Publ., 2011, 151 p. (In Russian)
7. Astamirova M.A.-M. *Konspekt verkhneal'piiskoi flory tsentral'noi i vostochnoi chasti Glavnogo Kavkazskogo khrebta* [Synopsis of the Upper Alpine flora of the central and eastern part of the main Caucasian ridge]. Grozny, 2014, 124 p. (In Russian)
8. Taisumov M.A., Omarkhadzhieva Ya.S. *Analiz flory Chechenskoi Respubliki* [Analysis of the flora of the Chechen Republic]. Grozny, AN ChR Publ., 2012, 320 p. (In Russian)
9. Murtazaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana* [Synopsis of the flora of Dagestan]. Makhachkala, Epoch Publ., 2009, vol. I, 320 p.; vol. II, 248 p.; vol. III, 304 p.; vol. IV, 232 p. (In Russian)
10. Grossgeim A.A. *Flora Kavkaza, 2-e izd., 1939-1967* [Flora of the Caucasus. 2nd ed., 1939-1967]. Baku, Azerbaijan FAN USSR Publ., 1939, vol. 1, 404 p.; vol. 2, 284 p.; vol. 3, 322 p.; vol. 4, 314 p.; vol. 5, 456 p.; vol. 6, 424 p.; vol. 7, 894 p. (In Russian)
11. Menitsky Yu.L. Project "Summary of the flora of the Caucasus". Map of flora areas. Botanicheskii zhurnal [Botanical journal]. 1991, vol. 76, no. 11, pp. 1513–1521. (In Russian)
12. Takhtajyan A.L., ed. *Konspekt flory Kavkaza* [Abstract of the flora of the Caucasus]. St. Petersburg, St. Petersburg State University Publ., 2003, vol. I, 204 p.; vol. II, 467 p.; vol. III (1), 469 p.; vol. III (2), 623 p. (In Russian)
13. Litvinskaya S.A., Murtazaliev R.A. *Kavkazskii element vo flore Rossiiskogo Kavkaza: geografiya, sozologiya, ekologiya* [Caucasian element in the flora of the Russian Caucasus: geography, sozology, ecology]. Krasnodar, 2009, 439 p. (In Russian)
14. Tolmachev A.I. *Vvedenie v geografiyu rastenii* [Introduction to plant geography]. Leningrad, Leningrad State University Publ., 1974, 244 p. (In Russian)
15. Takhtadzhyan A.L. Floristic division of land. Zhizn' rastenii [Plant life]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1974, vol. 1, pp. 117–153. (In Russian)
16. Takhtadzhyan A.L. *Floristicheskie oblasti Zemli* [Floristic regions of the Earth]. Leningrad, Nauka Publ., 1978, 248 p. (In Russian)
17. Kamelin R.V. Floristic zoning of land: a new solution to some problems. Botanicheskii zhurnal [Botanical journal]. 2012, vol. 97, no. 12, pp. 1481–1487. (In Russian)
18. Gagnidze R.I. *Botaniko-geograficheskii analiz floro-tsneticheskogo kompleksa subal'piiskogo vysokotrav'ya Kavkaza* [Botanical and geographical analysis of the floro-tsnetic complex of the subalpine tall grasses of the Caucasus]. Tbilisi, Metsniereba Publ., 1974, 276 p. (In Russian)
19. Gagnidze R.I. Tasks and topical issues of the botanical geography of the Caucasus. In: *Zametki po sistematike i geografii rastenii* [Notes on systematics and geography of

plants]. Tbilisi, Metsniereba Publ., 2004, iss. 44–45, pp. 8–52. (In Russian)

20. Schmidt V.M. *Matematicheskie metody v botanike* [Mathematical methods in botany]. Leningrad, Leningrad University Publ., 1984, 286 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Маржан А.-М. Астамирова, Муса А. Тайсумов, проанализировали данные и написали рукопись. Аминат С. Абдурзакова, Раиса С. Магомадова и Фатима С. Омархаджиева собрали гербарный материал. 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

Marzhan A.-M. Astamirova and Musa A. Taysumov analysed the data and wrote the manuscript. Aminat S. Abdurzakova, Raiza S. Magomadova and Fatima S. Omarkhadzhieva collected herbarium material. 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

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

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

Аминат С. Абдурзакова / Aminat S. Abdurzakova <https://orcid.org/0000-0002-6811-2629>

Раиса С. Магомадова / Raiza S. Magomadova <https://orcid.org/0000-0001-6658-9354>

Фатима С. Омархаджиева / Fatima S. Omarkhadzhieva <https://orcid.org/0000-0002-4298-4875>

Оригинальная статья / Original article
УДК 582.59 (470.57)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-54-61

Распространение орхидей в верхней части бассейна р. Урал и перспективы создания новых ООПТ

Ильгиз В. Суюндуков¹, Гульфира Н. Кильдиярова²

¹Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета, Сибай, Россия

²Государственный природный биосферный заповедник «Шульган-Таш», Иргизлы, Россия

Контактное лицо

Ильгиз В. Суюндуков, доктор биологических наук, декан естественно-математического факультета, Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета; 453838 Россия, г. Сибай, ул. Белова, 21.
Тел. +79639001725
Email sujundukov11@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2472-6060>

Формат цитирования

Суюндуков И.В., Кильдиярова Г.Н.
Распространение орхидей в верхней части бассейна р. Урал и перспективы создания новых ООПТ // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 54-61. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-54-61

Получена 7 октября 2022 г.
Прошла рецензирование 30 ноября 2022 г.
Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Провести ботанико-географический анализ видов сем. Orchidaceae в верхней части бассейна р. Урал, дать рекомендации по организации особо охраняемых природных территорий.

Материал и методы. Исследование распространения орхидей проведено как по результатам собственных полевых экспедиций, так и литературным данным и гербарным сборам, хранящимся в местных и центральных гербариях (UFA, SWER, LE, MW). Ценопопуляционные исследования проводили в соответствии с разработками отечественных ученых популяционно-онтогенетической школы Т.А. Работнова и А.А. Уранова.

Результаты. Выявлен видовой состав орхидей, проведен их ареалогический, эколого-ценотический, ценопопуляционный анализ в верхней части бассейна р. Урал. Несмотря на широкое географическое распространение большинство видов сем. Orchidaceae характеризуются узкой эколого-ценотической приуроченностью. Редкая встречаемость орхидей в условиях степной и лесостепной зон рассматриваемой территории связана как с погодно-климатическими, так и с антропогенными воздействиями. Ценопопуляции большинства видов малочисленные, онтогенетические спектры – неполночленные.

Выводы. На хозяйственно освоенных территориях виды семейства Orchidaceae не произрастают. Оставшиеся местонахождения орхидей связаны в основном с труднодоступными для антропогенного воздействия ландшафтами. В связи с этим для сохранения степных и лесостепных ландшафтов Урала необходимо дальнейшее развитие системы особо охраняемых природных территорий. Наиболее перспективными для этой цели являются хребты Крыкты и Ирендык, отличающиеся уникальным ландшафтным и биологическим разнообразием.

Ключевые слова

Виды семейства Orchidaceae, распространение, бассейн р. Урал, особо охраняемые природные территории, эколого-ценотический анализ.

Distribution of orchids in the upper basin of the Ural River and questions of nature conservation

Ilgiz V. Suyundukov¹ and Gulfira N. Kildiyarova²

¹Sibay Institute (branch), Bashkir State University, Sibay, Russia

²Shulgan-Tash State Nature Biosphere Reserve, Irgizla village, Russia

Principal contact

Ilgiz V. Suyundukov, Doctor of Biology Sciences, Dean, Natural Sciences and Mathematics Faculty, Sibay Institute (branch), Bashkir State University Russia; 21 Belova St, Sibay, Russia 453838.

Tel. +79639001725

Email suyundukov11@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2472-6060>

How to cite this article

Suyundukov I.V., Kildiyarova G.N. Distribution of orchids in the upper basin of the Ural River and questions of nature conservation. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 54-61. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-54-61

Received 7 October 2022

Revised 30 November 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. Conduct a botanical and geographical analysis of the species of the fam. Orchidaceae in the upper part of the Ural River basin and provide recommendations on the organization of specially protected natural areas.

Material and Methods. The study of the distribution of orchids was carried out both on the basis of the results of our own field expeditions and on literature and herbarium collections stored in local and central herbaria (UFA, SWER, LE, MW). The coenopopulation studies were carried out in accordance with generally accepted methods.

Results. The species composition of orchids was revealed and their arealogical, ecological-coenotic, coenopopulation analysis was undertaken in the upper part of the Ural River basin. Despite the wide range, most species of the fam. Orchidaceae are characterised by a narrow ecological-coenotic confinement. The low occurrence of orchids in the conditions of the steppe and forest-steppe zones of the territories under consideration is associated with both weather-climatic and anthropogenic impacts. The coenopopulations of most species are small and the ontogenetic spectra are incomplete.

Conclusions. Species of the family Orchidaceae do not grow in economically developed territories. The remaining locations of orchids are mainly associated with landscapes that are difficult to access for anthropogenic impact. In order to preserve the steppe and forest-steppe landscapes of the Urals it is necessary to further develop the system of specially protected natural areas. The most promising for this purpose are the Krykty and Irendyk ranges, which are distinguished by their unique landscape and biological diversity.

Key Words

Species of the family Orchidaceae, distribution, Ural River basin, specially protected natural areas, ecological and cenotic analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Виды сем. Orchidaceae, как одни из наиболее уязвимых компонентов экосистем, являются индикаторами хозяйственной нарушенности территорий. Орхидеи по всему миру стали символом охраны природы. В данной работе проведен ботанико-географический анализ видов сем. Orchidaceae в верхней части бассейна

р. Урал и даны рекомендации по организации особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Около 20% площади Республики Башкортостан (РБ) относится к бассейну р. Урал [1], который вначале тянется узкой полосой с севера на юг РБ по восточному склону хребта Уралтау, а затем, расширяясь, охватывает весь юг республики (рис. 1).

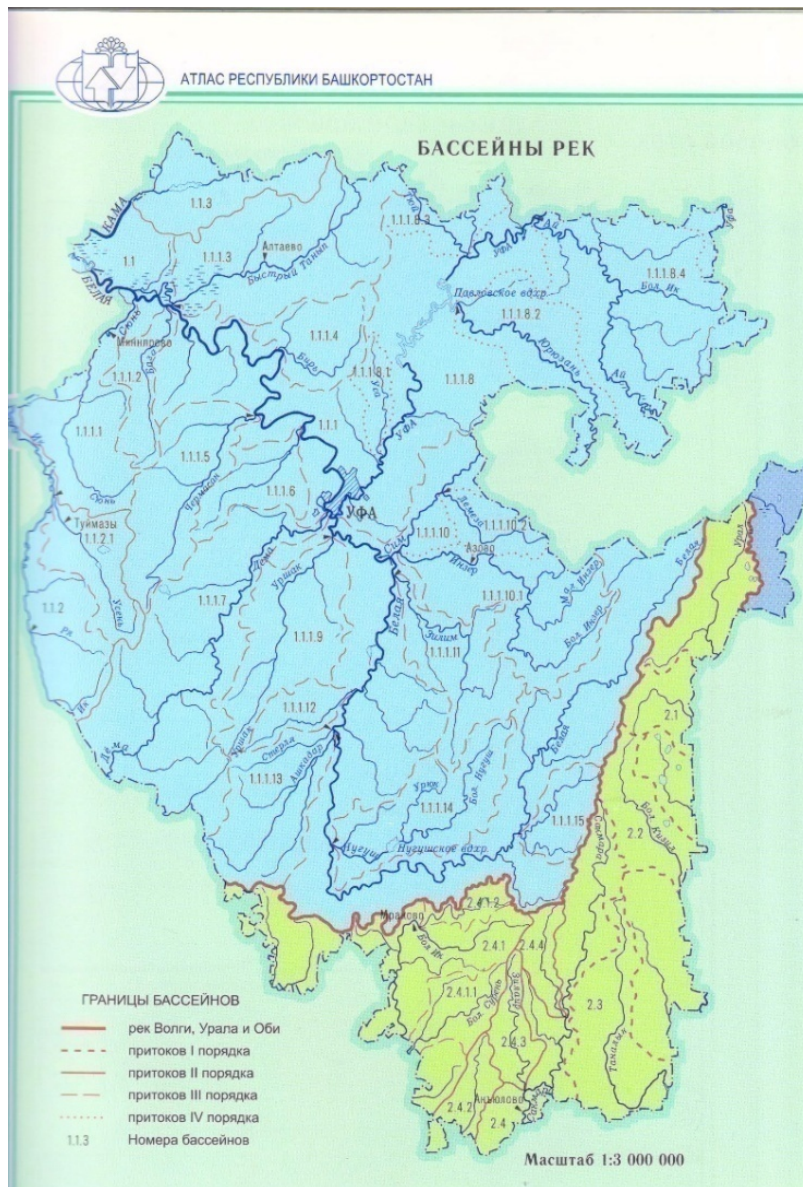


Рисунок 1. Бассейны рек в Республике Башкортостан [1]

Примечание: Светло-зеленым цветом обозначен бассейн р. Урал

Figure 1. The river basins of the Republic of Bashkortostan [1]

Note: Light green indicates the basin of the Ural River

Притоками I порядка р. Урал являются: рр. Малый и Большой Кизил, Таналык, Сакмара; II порядка – Большой Ик, Касмарка, Зилаир, Крепостной Зилаир. На рассматриваемой территории можно выделить следующие зоны растительности: бореально-лесная (в основном в северной части), лесостепная и степная (в восточной и южной частях). По занимаемой площади преобладают лесостепная и степная зоны. По одной из классификаций [2] бассейн р. Урал в РБ, в целом, относится к трем ботанико-географическим районам: лесостепной район восточного склона Южного Урала,

лесной и лесостепной район Зилаирского плато, Зауральский степной район.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексное изучение видов сем. Orchidaceae начато нами еще с 1999 г. [3]. Исследование распространения орхидей проведено как по результатам собственных полевых экспедиций, так и литературным данным и гербарным сборам, хранящимся в местных и центральных гербариях (UFA, SWER, LE, MW). Ценопопуляционные исследования проводили в соответствии с

разработками отечественных ученых популяционно-онтогенетической школы Т.А. Работнова и А.А. Уранова [4]. Типы ареалов даны по И.В. Татаренко [5], типы геоэлементов по Ю.Д. Клеопову [6], характеристики экологических и ценологических групп – по П.В. Куликову [7].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего на рассматриваемой территории произрастает 24 вида сем. Orchidaceae (табл. 1), что составляет 65% от флоры орхидей РБ (всего 37 таксонов). Это достаточно высокое видовое разнообразие, если учесть небольшие размеры анализируемой территории. Наибольшим числом видов представлен род *Dactylorhiza*, насчитывающий 5 видов; род *Cypripedium* представлен тремя видами, по два вида насчитывают роды *Epipactis* и *Neottia*. Остальные роды представлены во флоре по одному виду.

Большинство видов сем. Orchidaceae характеризуются широкими ареалами. Евразиатским типом ареала обладают 11 видов, голарктическим – 7. Меньшим числом видов представлены евросибирский

(3 вида) и европейский (1 вид) типы ареала (табл. 1). В соответствии с классификацией Ю.Д. Клеопова [6], 4 типа геоэлемента (бореальный, европейский, евразийский, южносибирский) представлены в одинаковой мере. Так, бореальным типом геоэлемента характеризуются: *Corallorhiza trifida*, *Cypripedium calceolus*, *C. guttatum*, *Goodyera repens*, *Listera cordata*, *Malaxis monophyllos*. На рассматриваемой нами территории распространение этих видов связано также, в основном, с хвойными лесами. К европейскому типу геоэлемента относятся: *Dactylorhiza ochroleuca*, *D. fuchsii*, *D. russowii*, *Neottia ustulata*, *Neottia nidus-avis*. Пять видов относятся к южносибирскому типу геоэлемента: *Cypripedium macranthon*, *Neottianthe cucullata*, *Orchis militaris*, *Platanthera bifolia*, *Spiranthes amoena*.

Все орхидеи являются влаголюбивыми и произрастают в условиях умеренного или хорошего увлажнения (табл. 1). В основном это – мезофиты (11 видов) или гигрофиты (6 видов), либо смешанные к ним группы. Среди видов нет ксерофитов, есть только ксеромезофиты (*Dactylorhiza viridis*, *Neottia ustulata*).

Таблица 1. Типы ареалов, эколого-ценотические группы видов сем. Orchidaceae бассейна р. Урал в Республике Башкортостан

Table 1. Types of habitats, ecological and coenotic groups of species of the fam. Orchidaceae in the basin of the Ural River in the Republic of Bashkortostan

Вид Species	Тип ареала* Habitat type	Тип геоэлемента* Geoelement type	Экологическая группа* Ecological group	Ценологическая группа* Coenotic group
<i>Corallorhiza trifida</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	бореальный boreal	мезогигрофит mesohygrophYTE	болотно-лесной marsh-forest
<i>Cypripedium calceolus</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	бореальный boreal	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Cypripedium guttatum</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	бореальный boreal	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Cypripedium macranthon</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	южносибирский south-siberian	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	гигрофит hygrophYTE	болотно-луговой marsh-meadow
<i>Dactylorhiza ochroleuca</i>	европейский European (E)	европейский european	гигрофит hygrophYTE	лугово-болотный meadow-marsh
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	евросибирский Eurosiberian (E-S)	европейский european	гигромезофит hygromesophyte	болотно-лесной marsh-forest
<i>Dactylorhiza russowii</i>	евросибирский Eurosiberian (E-S)	европейский european	гигрофит hygrophYTE	болотный marsh
<i>Dactylorhiza viridis</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	голарктический holarctic	ксеромезофит xeromesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Epipactis helleborine</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	мезофит mesophyte	опушечно-лесной edge-forest
<i>Epipactis palustris</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	гигрофит hygrophYTE	лугово-болотный meadow-marsh
<i>Goodyera repens</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	бореальный boreal	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Gymnadenia conopsea</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	мезофит mesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Herminium monorchis</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	мезогигрофит mesohygrophYTE	болотно-луговой marsh-meadow
<i>Liparis loeselii</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	связующий вид, тяготеющий к европейскому типу linking species, tending to the european type	гигрофит hygrophYTE	болотный marsh

<i>Listera cordata</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	бореальный boreal	мезогигрофит mesohygrophyte	болотно-лесной marsh-forest
<i>Malaxis monophyllos</i>	голарктический Holarctic (E-A-NA)	бореальный boreal	мезофит mesophyte	опушечно-лесной edge-forest
<i>Neotinea ustulata</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	европейский european	ксеромезофит xeromesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Neottia nidus-avis</i>	евросибирский Eurosiberian (E-S)	европейский european	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Neottia ovata</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	евразийский eurasian	мезофит mesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Neottianthe cucullata</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	южносибирский south-siberian	мезофит mesophyte	лесной forest
<i>Orchis militaris</i>	евразиатский Eurasian (E-A)	южносибирский south-siberian	гигромезофит hygromesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Platanthera bifolia</i>	европейско-малоазиатско-сибирский European-Asia minor-Siberian (E-Am-S)	южносибирский south-siberian	мезофит mesophyte	опушечно-луговой edge-meadow
<i>Spiranthes amoena</i>	восточноевропейско-сибирско-дальневосточный Eastern European-Siberian-Far Eastern (EE-S-FE)	южносибирский south-siberian	гигрофит hygrophyte	лугово-болотный meadow-marsh

Примечание: *Типы ареалов даны по И.В. Татаренко [5], типы геоэлементов по Ю.Д. Клеопову [6], характеристики экологических и ценоотических групп даны по П.В. Куликову [7]

Note: *Types of habitats are given according to I.V. Tatarenko [5], types of geoelements according to Yu.D. Kleopov [6] and the characteristics of ecological and coenotic groups are given according to P.V. Kulikov [7]

Многие орхидеи в пределах ареала встречаются в различных типах растительных сообществ. В соответствии с классификацией П.В. Куликова [7], по фитоценотической приуроченности выявленные виды относятся к следующим группам: лесной, болотно-лесной, болотно-луговой, лугово-болотный, болотный, опушечно-луговой, опушечно-лесной (табл. 1). Все типы этих фитоценозов формируются в условиях умеренного или обильного увлажнения. Преобладают виды лесной, болотно-луговой, опушечно-луговой ценоотических групп. Ценоотические группы видов закономерно соотносятся с экологическими типами по отношению к увлажнению.

Из 24 видов орхидей 20 являются редкими и включены в Красную книгу Республики Башкортостан (РБ) [8]. В РБ к видам, находящимся под угрозой исчезновения (I категория редкости) относятся 6 видов: *Cypripedium macranthon*, *Herminium monorchis*, *Liparis loeselii*, *Malaxis monophyllos*, *Neotinea ustulata*, *Spiranthes amoena* (табл. 2). Для этих видов в РБ известны единичные местонахождения, популяции их малочисленны. Также особое внимание заслуживают виды, включенные в Красную книгу Российской Федерации [9]: *Cypripedium calceolus*, *C. macranthon*, *Liparis loeselii*, *Neotinea ustulata*, *Orchis militaris*.

В верхней части бассейна р. Урал орхидеи встречаются редко (табл. 2). Многие виды известны с единичных местонахождений. Связано это, в большей степени, с формированием в условиях дефицитного увлажнения степной и лесостепной растительности, а орхидеи, будучи мезофитами и гигрофитами, предпочитают более влажные местообитания. Проведенный нами анализ показал, что как число видов, так и их местонахождений снижаются в ряду уменьшения влажности: бореально-лесная зона –

лесостепная зона – степная зона. Многие местонахождения орхидей на рассматриваемой нами территории связаны интразональными типами растительности, прежде всего с разного типа болотами и лугами.

Повсеместно распространенными являются: *Dactylorhiza incarnata*, *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*, которые не относятся к охраняемым растениям и не включены в Красные книги. По сравнению с остальными видами большим числом местонахождений характеризуются опушечно-луговой вид *Gymnadenia conopsea* (15 местонахождений) и лесной вид *Cypripedium calceolus* (10 местонахождений).

Одним из важнейших параметров популяций является численность составляющих их особей. Как правило, более жизнеспособными являются крупные популяции, а малочисленные рискуют исчезнуть даже в результате случайных причин (заморозки, пожары, скармливание, сбор на букеты и др.). Популяции многих изученных видов малочисленные, состоят из единичных или десятков особей (табл. 2). Более крупными, насчитывающими сотни или тысячи особей, являются популяции *Listera cordata*, *Orchis militaris*, *Dactylorhiza incarnata*, *Epipactis palustris*, *Herminium monorchis*. Виды с малочисленными популяциями являются уязвимыми также в связи с неполноценным типом онтогенетической структуры. Как правило, в них отсутствуют особи молодых онтогенетических групп. Большей численностью и полночленным онтогенетическим составом характеризуются виды, для которых основным способом самоподдержания популяций является семенное размножение: виды рода *Dactylorhiza*, *Gymnadenia conopsea*, *Herminium monorchis*, *Orchis militaris*, *Platanthera bifolia*.

Таблица 2. Некоторые эколого-биологические характеристики видов сем. Orchidaceae бассейна р. Урал в Республике Башкортостан**Table 2.** Some ecological and biological characteristics of species of the fam. Orchidaceae in the basin of the Ural River in the Republic of Bashkortostan

Вид Species	Число известных местонахождений Number of known locations	Численность особей в популяциях Number of individuals in populations	Тип онтогенетической структуры популяций Type of ontogenetic structure of populations	Категория редкости в Красной книге Category of rarity in the Red Book	
				КК РБ Red Book of the Republic of Bashkortostan (2021)	КК РФ Red Book of the Russian Federation (2008)
<i>Corallorhiza trifida</i>	2	единично singly	нет данных no data	3	-
<i>Cypripedium calceolus</i>	10	единично, десятки singly, dozens	неполночный incomplete	3	3
<i>Cypripedium guttatum</i>	5	десятки dozens	неполночный incomplete	3	-
<i>Cypripedium macranthon</i>	2	единично singly	неполночный incomplete	1	3
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	повсеместно everywhere	десятки, сотни dozens, hundreds	полночный complete	-	-
<i>Dactylorhiza ochroleuca</i>	2	десятки dozens	полночный complete	2	-
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	2	десятки dozens	полночный complete	3	-
<i>Dactylorhiza russowii</i>	2	сотни hundreds	полночный complete	2	-
<i>Dactylorhiza viridis</i>	4	единично singly	неполночный incomplete	2	-
<i>Epipactis helleborine</i>	повсеместно everywhere	десятки dozens	неполночный incomplete	-	-
<i>Epipactis palustris</i>	4	десятки, редко сотни dozens, rarely hundreds	неполночный incomplete	3	-
<i>Goodyera repens</i>	2	десятки dozens	неполночный incomplete	3	-
<i>Gymnadenia conopsea</i>	15	десятки, редко сотни dozens, rarely hundreds	полночный complete	3	-
<i>Herminium monorchis</i>	6	десятки, или сотни dozens, or hundreds	полночный complete	1	-
<i>Liparis loeselii</i>	2	единично singly	неполночный incomplete	1	2
<i>Listera cordata</i>	1	тысячи thousands	полночный complete	3	-
<i>Malaxis monophyllos</i>	2	единично singly	неполночный incomplete	1	-
<i>Neottia ustulata</i>	4	единично singly	неполночный incomplete	1	2
<i>Neottia nidus-avis</i>	повсеместно everywhere	единично singly	полночный complete	-	-
<i>Neottia ovata</i>	2	единично singly	неполночный incomplete	3	-
<i>Neottianthe cucullata</i>	4	десятки dozens	полночный complete	3	3
<i>Orchis militaris</i>	4	сотни, часто тысячи hundreds, often thousands	полночный complete	2	3
<i>Platanthera bifolia</i>	4	десятки dozens	полночный complete	-	-
<i>Spiranthes amoena</i>	1	единично singly	неполночный incomplete	1	-

Также важным фактором в распространении видов сем. Orchidaceae являются антропогенные воздействия. На хозяйственно освоенных территориях: близ населенных пунктов, на возделываемых полях, в лесопосадках, на интенсивных пастбищах эти растения не способны произрастать. Многие местонахождения орхидей вне ООПТ связаны с труднодоступными для антропогенного воздействия ландшафтами – горы, хребты, леса, заболоченные территории, болота и др.

В условиях продолжающегося хозяйственного освоения территорий ООПТ выполняют важнейшую

роль в сохранении природы. По результатам проведенных исследований нам удалось способствовать в организации некоторых охраняемых территорий, например, комплексного природного заказника «Урал-тау» и памятника природы «Болото Нурок» (табл. 3). Первый охватывает, в частности, исток р. Урал. На его территории, кроме прочих редких видов, выявлено произрастание 10 видов орхидей. В условиях лесостепного Зауралья на болоте «Нурок» нами выявлено уникальное сочетание редких видов растений, в том числе 7 видов орхидей.

Таблица 3. Наличие видов орхидей в некоторых ООПТ, расположенных в бассейне р. Урал

Table 3. Presence of orchids species in some Specially Protected Natural Areas located in the basin of the Ural River

№	Административный р-н Administrative district	Название ООПТ Name SPNA	Виды Species
1	Учалинский Uchalinsky	заказник «Урал-тау» Ural-tau Reserve	<i>Corallorhiza trifida</i> , <i>Cypripedium calceolus</i> , <i>C. guttatum</i> , <i>Dactylorhiza incarnata</i> , <i>D. fuchsii</i> , <i>Goodyera repens</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> , <i>Listera cordata</i> , <i>Neottia ovata</i> , <i>Platanthera bifolia</i>
2	Абзелиловский Abzelilovsky	памятник природы «Болото Нурок» Boloto Nurok Natural Monument	<i>Cypripedium macranthon</i> , <i>Dactylorhiza incarnata</i> , <i>D. ochroleuca</i> , <i>D. russowii</i> , <i>Epipactis palustris</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> , <i>Herminium monorchis</i>
3	Абзелиловский Abzelilovsky	природный парк «Крыкты»* Krurtu Natural Park	<i>Cypripedium macranthon</i> , <i>C. calceolus</i> , <i>C. guttatum</i> , <i>Dactylorhiza viridis</i> , <i>Epipactis helleborine</i> , <i>Gymnadenia conopsea</i> , <i>Goodyera repens</i> , <i>Neotinea ustulata</i> , <i>Neottianthe cucullata</i> , <i>Neottia nidus-avis</i>

Примечание: *проектируемый природный парк

Note: *projected natural park

Несмотря на относительную развитость системы ООПТ в РБ имеются вопросы дальнейшего ее развития. Все крупные заповедники и национальный парк «Башкирия» РБ в свое время были организованы, по-видимому, спонтанно и располагаются в горно-лесной зоне. В степной и лесостепной зоне республики отсутствуют крупные ООПТ со строгим режимом охраны.

Создание национального парка в истоках и верховьях бассейна р. Урал (хр. Крыктытау и хр. Ирендык) было предложено еще А.А. Чибиловым [10]. Действительно, эти хребты, расположенные в зоне лесостепи и степи, являются перспективными территориями для организации природного или национального парка в связи с их уникальным ландшафтным и биологическим разнообразием. На хребте Крыкты, по самым скромным подсчетам, отмечено наличие более 50 «краснокнижных» видов [11]. Еще в 2002 году на хребтах Крыкты и Ирендык Постановлением кабинета министров РБ были зарезервированы площади в качестве природного парка. Однако эти ООПТ так и не были учреждены.

В связи с нависшей угрозой промышленной разработки месторождений меди на хребте Крыкты в 2020 году была создана комиссия для ознакомления с ситуацией на месте под руководством академика РАН, вице-президента Русского географического общества (РГО) А.А. Чибилова [11]. Члены комиссии и участники научно-экспедиционной группы РГО пришли к мнению [12], что территория хребта Крыкты располагает уникальным комплексом, соответствующим статусу национального природного парка, позволяющим

включить его в Стратегию развития сети ООПТ Российской Федерации до 2030 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный ботанико-географический анализ одних из самых чувствительных компонентов ландшафтов – видов сем. Orchidaceae в верхней части бассейна р. Урал показал, что негативное влияние на распространение и численность популяций оказывают не только неблагоприятные для орхидей природно-климатические условия степной и лесостепной зон, но и антропогенные воздействия. Ценопопуляции большинства видов малочисленные, онтогенетические спектры – неполночленные. На хозяйственно освоенных территориях: близ населенных пунктов, на возделываемых полях, на сенокосных угодьях, в лесопосадках, на интенсивных пастбищах эти растения не произрастают. Оставшиеся местонахождения орхидей связаны с труднодоступными для антропогенного воздействия ландшафтами: горы, хребты, леса, заболоченные территории, болота и др. Для сохранения степных и лесостепных ландшафтов Урала необходимо дальнейшее развитие системы особо охраняемых природных территорий. Наиболее перспективными для организации особо охраняемых природных территорий являются хребты Крыкты и Ирендык, отличающиеся уникальным ландшафтным и биологическим разнообразием.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Опубликовано при поддержке гранта РГО – Международная конференция «Трансграничные геоэкологи-

ческие проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

ACKNOWLEDGMENT

Published with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference “Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атлас Республики Башкортостан. Уфа: Китап, 2005. 419 с.
2. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Изд-е 2-е, перераб. Уфа: Издательский центр «Медиа-Принт», 2010. 414 с.
3. Суюндуков И.В. Стратегии жизни некоторых видов сем. Orchidaceae (Juss.) и вопросы охраны орхидей на Южном Урале: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Уфа, 2014. 43 с.
4. Воронцова Л.И. и др. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 214 с.
5. Татаренко И.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М.: Аргус, 1996. 207 с.
6. Клеопов Ю.Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР. Киев: Наук. Думка, 1990. 352 с.
7. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург-Миасс: «Геотур», 2005. 537 с.
8. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 1: Растения и грибы / под ред. д-ра биол. наук, проф. В.Б. Мартыненко. 3-е изд., доп. и переработ. М.: Студия онлайн, 2021. 392 с.
9. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М.: Тов. науч. изд. КМК, 2008. 854 с.
10. Чибилев А.А. Урал: природное разнообразие и евро-азиатская граница. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 160 с.
11. Суюндуков И.В., Янтурин С.И. Из истории покушений помывленных гигантов на экологическую целостность хребта Крыктытау // Материалы международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие территорий: теория и практика», Сибай, 2020. С. 240–241.
12. Члены РГО рекомендуют создать ООПТ в районе ландшафтов хребта Крыктытау. Официальный сайт РГО. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/chleny-rgo-rekomenduyut-sozdat-oot-v-rayone-landshaftov-hrebta-kryktytau> (дата обращения: 26.10.2020)

REFERENCES

1. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Kitap Publ., 2005, 419 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ильгиз В. Суюндуков, Гульфира Н. Кильдиярова собрали материал, анализировали и интерпретировали результаты исследований. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

2. *Reyestr osobo okhranyayemykh prirodnnykh territoriy Respubliki Bashkortostan* [Register of specially protected natural territories of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, "Media-Print" Publ., 2010, 2nd ed., 414 p. (In Russian)
3. Suyundukov I.V. *Strategii zhizni nekotorykh vidov sem. Orchidaceae (Juss.) i voprosy okhrany orkhidей na Yuzhnom Urale* [Life strategies of some species of this fam. Orchidaceae (Juss.) and issues of orchid protection in the Southern Urals]. Abstract of the thesis. dis. ... Doctors of Biol. Sciences. Ufa, 2014, 43 p. (In Russian)
4. Vorontsova L.I. et al. *Tsenopopulyatsii rasteniy (osnovnyye ponyatiya i struktura)* [Coenopopulations of plants (basic notions and structure)]. Moscow, Nauka Publ., 1976, 214 p. (In Russian)
5. Tatarenko I.V. *Orkhidnyye Rossii: zhiznennyye formy, biologiya, voprosy okhrany* [Orchids of Russia: life forms, biology, conservation issues]. Moscow, Argus Publ., 1996, 207 p. (In Russian)
6. Kleopov Yu.D. *Analiz flory shirokolistvennykh lesov yevropeyskoy chasti SSSR* [Analysis of the flora of broad-leaved forests in the European part of the USSR]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1990, 352 p. (In Russian)
7. Kulikov P.V. *Konspekt flory Chelyabinskoy oblasti (sosudistyye rasteniya)* [Summary of the flora of the Chelyabinsk region (vascular plants)]. Yekaterinburg-Miass, "Geotur" Publ., 2005, 537 p. (In Russian)
8. *Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan: Rasteniya i griby* [Red Book of the Republic of Bashkortostan: Plants and fungi]. Moscow, Studio online Publ., 2021, vol. 1, 392 p. (In Russian)
9. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (Rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (Plants and fungi)]. Moscow, KMK Scientific Press Ltd., 2008, 854 p. (In Russian)
10. Chibilev A.A. *Ural: prirodnoye raznoobrazie i yevro-aziatskaya granitsa* [Ural: natural diversity and the Euro-Asian border]. Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2011, 160 p. (In Russian)
11. Suyundukov I.V., Yanturin S.I. Iz istorii pokusheniy pomyslennykh gigantov na ekologicheskuyu tselostnost' khrebta Kryktytau [From the history of attempts by industrial giants on the ecological integrity of the Kryktytau ridge]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ustoychivoye razvitiye territoriy: teoriya i praktika»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Sustainable development of territories: theory and practice»]. Sibay, 2020, pp. 240–241. (In Russian)
12. Members of the Russian Geographical Society recommend creating protected areas in the landscape area of the Kryktytau ridge. Available at: <https://www.rgo.ru/ru/article/chleny-rgo-rekomenduyut-sozdat-oot-v-rayone-landshaftov-hrebta-kryktytau> (accessed 26.10.2020)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ilgiz V. Suyundukov and Gulmira N. Kildiyarova collected the material, analysed and interpreted the research results. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Ильгиз В. Суюндуков / Ilgiz V. Suyundukov <https://orcid.org/0000-0003-2472-6060>

Гульфира Н. Кильдиярова / Gulmira N. Kildiyarova <https://orcid.org/0000-0002-5639-3873>

Оригинальная статья / Original article
УДК 578.7
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-62-81

Статья публикуется в авторской редакции

Исследование ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов *Silene* spp. (*Caryophyllaceae*) и *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) на репликацию коронавируса SARS-CoV-2

Елена И. Казачинская^{1,2}, Лариса Н. Зибарева³, Елена С. Филоненко³, Алла В. Иванова²,
Маликат М. Гаджиева⁴, Казбек К. Бекшоков⁵, Юлия В. Кононова¹,
Александр А. Чепурнов¹, Александр М. Шестопалов^{1,6}

¹Научно-исследовательский институт вирусологии Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Новосибирск, Россия

²Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор», Новосибирск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

⁴Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

⁵Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

⁶Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Елена И. Казачинская, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ФИЦ ФТМ СО РАН, ведущий научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»; 630559 Россия, Новосибирская область, г. Новосибирск, р/п Кольцово 32-1
Тел. +79095307441
Email lana.kazachinskaia@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1856-6147>

Формат цитирования

Казачинская Е.И., Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Иванова А.В., Гаджиева М.М., Бекшоков К.К., Кононова Ю.В., Чепурнов А.А., Шестопалов А.М. Исследование ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов *Silene* spp. (*Caryophyllaceae*) и *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) на репликацию коронавируса SARS-CoV-2 // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 62-81. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-62-81

Получена 9 января 2023 г.

Прошла рецензирование 26 января 2023 г.

Принята 27 января 2023 г.

Список сокращений

COVID-19 – coronavirus disease, 2019; SARS-CoV-2 – severe acute respiratory syndrome coronavirus 2; ЦПД – цитопатическое действие; ТЦПД₅₀/мл – тканевая цитопатическая доза; МОИ – множественность инфекции (multiplicities of infection), CC₅₀ – 50%-ная цитотоксическая концентрация (50% cytotoxic concentration); EC₅₀ – 50%-ная эффективная концентрация (50% effective concentration), БАВ – биологически активные вещества, ДМСО – диметилсульфоксид

Резюме

Цель. Анализ *in vitro* ингибирующей активности экстрактов, фракций и вторичных метаболитов растений рода *Silene* семейства Гвоздичные (*Caryophyllaceae*) и *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) на репликацию SARS-CoV-2.

Материалы и методы. Приготовлены этанольные экстракты и бутанольные фракции *Silene* spp. и *Serratula cupuliformis*, интродуцированных в Сибирском ботаническом саду ТГУ. Выделены флавоноид шафтозид и экдистероид 20-гидроксиэкдизон (20-E) из *Lychnis chalconica*. Анализ БАВ выполнен методом ВЭЖХ. Анализ *in vitro* ингибирующей активности растительных препаратов на репликацию SARS-CoV-2 проводили в культуре клеток Vero методом прямой инактивации (нейтрализации) вирионов. Образцы сравнения – сухие этанольные экстракты чаги, специи гвоздики и корня солодки голой.

Результаты. Выявлена ингибирующая активность этанольных экстрактов и бутанольных фракций *Silene* spp., а также индивидуальных соединений (шафтозида и 20-E) в диапазоне 50%-ных эффективных концентраций (EC₅₀) при растворении в воде от 339,85±83,92 мкг/мл до 1,59±0,39 мкг/мл и при растворении в ДМСО от 119,34±26,34 мкг/мл до 2,22±0,57 мкг/мл, соответственно. Бутанольная фракция *Serratula cupuliformis* была активна с EC₅₀=21,74±4,80 и 27,42±6,05 мкг/мл. Такой результат для некоторых образцов *Silene* spp. и *Serratula cupuliformis* сопоставим со значениями EC₅₀ препаратов сравнения.

Заключение. Полученные результаты предполагают наличие в исследуемых растительных препаратах *Silene* spp. и *Serratula cupuliformis* БАВ, действующих деструктивно на вирионы SARS-CoV-2 и влияющих на один из основных этапов его «жизненного» цикла – на прикрепление к рецепторам чувствительных клеток.

Ключевые слова

SARS-CoV-2, растительные препараты, ингибирующая активность.

Investigation of the inhibitory activity of extracts, fractions and secondary metabolites of *Silene* spp. (*Caryophyllaceae*) and *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) on the replication of SARS-CoV-2 coronavirus

Elena I. Kazachinskaia^{1,2}, Larisa N. Zibareva³, Elena S. Filonenko³, Alla V. Ivanova²,
Malikat M. Gadzhieva⁴, Kazbek K. Bekshokov⁵, Yulia V. Kononova¹,
Alexander A. Chepurinov¹ and Alexander M. Shestopalov^{1,6}

¹Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²“Vector” State Research Centre of Virology and Biotechnology, Novosibirsk, Russia

³National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

⁴N.I. Prigorov Russian National Research Medicine University, Moscow, Russia

⁵I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

⁶Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Elena I. Kazachinskaia, Doctor of Biology, Leading Researcher, Research Institute of Virology, Federal Research Centre of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences & Leading Researcher, “Vector” State Research Centre of Virology and Biotechnology; 32-1 r/p Koltsovo Novosibirsk region, Novosibirsk, 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., Zibareva L.N., Filonenko E.S., Ivanova A.V., Gadzhieva M.M., Bekshokov K.K., Kononova Yu.V., Chepurinov A.A., Shestopalov A.M. Investigation of the inhibitory activity of extracts, fractions and secondary metabolites of *Silene* spp. (*Caryophyllaceae*) and *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) on the replication of SARS-CoV-2 coronavirus. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 62-81. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-62-81

Received 9 January 2023

Revised 26 January 2023

Accepted 27 January 2023

Abbreviations list

COVID-19 – coronavirus disease, 2019; SARS-CoV-2 – severe acute respiratory syndrome coronavirus 2; CE – cytopathic effect; MOI – multiplicity of infection, TCID₅₀ – 50% tissue culture infectious doses; CC₅₀ – % cytotoxic concentration, EC₅₀ – 50% effective concentration; BAS – biologically active substances, DMSO – Dimethyl sulfoxide

Abstract

Aim. *In vitro* analysis of the inhibitory activity of extracts, fractions and secondary metabolites of plants of the genus *Silene* (*Caryophyllaceae*) and *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) on the replication of SARS-CoV-2.

Material and Methods. *Silene* spp. and *Serratula cupuliformis* of the Siberian Botanical Garden of National Research Tomsk State University were used. Ethanol extracts and butanol fractions of *Silene* spp. were prepared. The flavonoid shaftoside and the ecdysteroid 20-hydroxyecdysone from *Lychnis chalconica* were isolated. Analysis of BAS was carried out by the HPLC method. *In vitro* analysis of the inhibitory activity of extracts on SARS-CoV-2 replication was performed in Vero cell culture by direct inactivation (neutralization) of virions. Comparison samples were dry ethanol extracts of chaga (*Inonotus obliquus*, *Basidiomycota*), spices of cloves (*Syzygium aromaticum*, *Myrtaceae*) and root of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L., *Fabaceae*).

Results. The inhibitory activity of ethanol extracts and butanol fractions of *Silene* spp., as well as individual compounds (shaftoside and 20-E) was revealed in the range of 50% effective concentrations (EC₅₀) when dissolved in water from 339.85±83.92 µg/ml to 1.59±0.39 µg/ml and when dissolved in DMSO from 119.34±26.34 µg/ml to 2.22±0.57 µg/ml, respectively. The butanol fraction of *Serratula cupuliformis* was active with EC₅₀=21.74±4.80 and 27.42±6.05 µg/mL. These results for some samples of *Silene* spp. and *Serratula cupuliformis* are comparable to the EC₅₀ values of the comparators.

Conclusion. The results obtained suggest the presence of biologically active substances in the herbal preparations studied that act destructively on virions of SARS-CoV-2 and affect one of the main stages of its “life” cycle – on the attachment to receptors of sensitive cells.

Key Words

SARS-CoV-2, herbal preparations, inhibitory activity.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире существует потребность в эффективных противовирусных препаратах, особенно в ответ на появление новых РНК-вирусов, таких как SARS-CoV-2, имеющих быстрые темпы эволюции и способность адаптации к новым хозяевам [1]. Противовирусные препараты разрабатываются обычно как средства, направленные на одну вирусную мишень конкретного вируса [2], а необходимы средства широкого спектра действия, влияющие на все важные стадии «жизненного» цикла разных патогенов – на проникновение в клетку, репликацию, транскрипцию, сборку и выход из инфицированной клетки [1]. Например, появились данные о том, что у заболевших COVID-19 при ко-инфекции с вирусом гриппа может повышаться вирусная нагрузка SARS-CoV-2 и, соответственно, тяжесть протекания болезни [3] или что иммуносупрессивная терапия с использованием кортикостероидов и блокаторов цитокинов для контроля синдрома «цитокинового шторма» в тяжелых случаях протекания новой коронавирусной болезни повышает риск проявления разного рода оппортунистических инфекций вирусной, паразитарной и бактериальной природы [4; 5]. Кроме того, бактериальные ко-инфекции считаются критическими факторами риска тяжести и смертности от COVID-19 [6]. Таким образом, для лечения пациентов с COVID-19 предпочтительнее использовать препараты комплексного воздействия – с противовоспалительными и антибактериальными свойствами, а также прямого антивирусного действия.

Источником таких средств могут быть растения, имеющие длительную историю использования человеком в качестве традиционных лекарств с широким спектром фармакологической активности [1] т.к. синтезируют множество структурно разнообразных, сложных первичных и вторичных метаболитов в ответ на абиотические и биотические стрессы [7]. Есть данные, что ингибирующей активностью против вирусов растений обладают такие их первичные метаболиты, влияющие на развитие и рост, как белки и полисахариды. Для вторичных метаболитов, которые играют важную роль в защите растений от микроорганизмов и травоядных животных, а также от абиотического стресса (например, УФ-излучения), описан более широкий спектр веществ, проявляющих антивирусную активность – это фенолы, терпены, азот/серосодержащие соединения (в том числе, алкалоиды) [8]. Эти же вещества могут быть активны и против вирусов человека и животных. В обзорах литературы перспективными растениями (в виде экстрактов или выделенных индивидуальных соединений) в плане ингибирующей активности против SARS-CoV-2 представлены – шафран посевной (*Crocus sativus* L., *Iridaceae*), олеандр (*Nerium oleander*, *Apocynaceae*), лавр благородный (*Laurus nobilis* L., *Lauraceae*) [9], полынь однолетняя (*Artemisia annua*, *Asteraceae*), корейская мята (*Agastache rugosa*, *Lamiaceae*), астрагал перепончатый (*Astragalus membranaceus*, *Fabaceae*), солодка уральская (*Glycyrrhiza uralensis*, *Fabaceae*) [10], зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*, *Hypericaceae*) [11] и др.

Представители семейства **Гвоздичные** (*Caryophyllaceae*) также могут быть интересны для

изучения в данном направлении. Растения этого семейства распространены по всему миру, но в основном сосредоточены в районе Средиземноморья и демонстрируют там большое разнообразие местообитаний и форм произрастания. Семейство представлено 85 родами и 2630 видами. Широко известны декоративные виды: *Dianthus chinensis* (Pink), *Dianthus barbatus* (Sweet William), *Gypsophila* spp. (Baby's Breath), *Agrostemma* spp. (Corn Cockle), *Saponaria* spp. (Soapwort), *Lychnis* spp. (Fire Pink) и *Silene* spp. (Campions), которые составляют основную долю мировой торговли срезанными цветами. Некоторые виды, такие как *Stellaria media* (Chickweed), *Cerastium cerastoides* (Mouse-ear Chickweed), *Stellaria* spp., *Cerastium* spp., *Silene* spp. и др. являются вредными сорняками сельскохозяйственных угодий [12]. Род ***Silene* (смолевка)** насчитывает более 700 видов, которые широко распространены в умеренных зонах Северного полушария, но также произрастают в Африке и были интродуцированы на других континентах. *Silene* spp. производят большое разнообразие вторичных метаболитов, многие из которых проявляют интересную биологическую и фармакологическую активность. Было выделено более 450 веществ, и важные классы соединений включают фитоэкдистероиды (аналоги гормонов линьки насекомых), тритерпеновые сапонины (обладающие детергентными свойствами) и другие терпеноиды, а также летучие вещества и фенольные соединения (флавоноиды) [13]. Satish с соавт. в обзоре по анализу этномедицинского применения и биологическим свойствам растений семейства *Caryophyllaceae* сообщают, что они обладают противоопухолевым, антиоксидантным, противовоспалительным, противогрибковым, антибактериальным и противовирусным действием [12]. По противовирусной активности препаратов этих растений в научной литературе упоминается только одна работа 2009 г. Orhan с соавт. с исследованием *in vitro* липофильных экстрактов *Silene vulgaris* против парагриппа и вируса простого герпеса [14].

Нами ранее было показано, что комплекс флавоноидов этанольного экстракта *Lychnis chalcidonica* ингибирует развитие опухолевого процесса у мышей линии C57BL/6 с меланомой B-16. Обнаружено увеличение антибластной активности у животных с меланомой и раком легкого в результате сочетанного применения комплекса флавоноидов *Lychnis chalcidonica* с цитостатиком циклофосфаном [15; 16]. Кроме того, на половозрелых аутбредных мышак-самках линии CD 1 и аутбредных крысах-самках CD (1 категории) выявлены противовозвращенная активность этанольных сухих экстрактов *Lychnis chalcidonica* L., *Silene viridiflora* L.Sp.Pl. и *Silene frivaldszkyana* [17]. Противовоспалительное и обезболивающее действие комплекса флавоноидов *Lychnis chalcidonica* изучалась на аутбредных мышак линии CD 1 (самцы, самки) и мышак-самках CBA (1 категории) при моделировании у них острого асептического воспаления, индуцированного каррагинаном, гистамином и серотонином, а также вызванной уксусной кислотой болезненной химической стимуляцией. Показано, что курсовое лечение флавоноидами способствовало стабильному фармакологическому эффекту, сравнимому с таковым при использовании эталонного противовоспалительного препарата диклофенака [18]. Изучение

антигипергликемической, гемореологической и антиоксидантной активности этанольного экстракта цветущего растения *L. chalconica* и его 20-гидроксизексизона на модели диабета у крыс Вистар, индуцированного стрептозотоцином, показало, что он оказывает нормализующее действие на микрореологические показатели, снижает вязкость крови, повышает транспорт кислорода к тканям, проявляет антиоксидантный эффект [19]. Исследование более широкой биологической активности растительных препаратов (экстрактов, фракций и индивидуально выделенных соединений, например, флавоноидов и фитоэкстероидов) *Silene* spp., представляется перспективным направлением.

Известно, что флавоноиды – группа природных полифенольных веществ, обладающих антиоксидантным действием, а также другими биологическими свойствами (например, антимикробными и противовоспалительными), снижают риск инфекционных заболеваний [20]. Есть данные об ингибирующем эффекте растительных полифенольных соединений на репликацию некоторых герпесвирусов, в том числе HSV-1 и HSV-2 (Herpes simplex virus type 1, type 2), Epstein-Barr virus (Human gammaherpesvirus 4), а также вирусов из других семейств – птичьего гриппа H5N1, гепатитов В и С, ВИЧ-1 (HIV-1), денге серотипа 2 (DENV-2), Сендай (Sendai virus), Коксаки (Coxsackie В virus type 1), Чикунгунья (Chikungunya virus), вируса Японского энцефалита (Japanese encephalitis virus) [21], а также SARS-CoV [22] и SARS-CoV-2 [23]. В основном, противовирусную активность связывают с такими полифенольными соединениями как кверцетин и кемпферол [24; 25], апигенин [26], теафлавины и танины (катехины) [23; 27]. Например, флавоноид байкалин, экстрагированный из шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*, *Lamiaceae*) оказался эффективным против SARS-CoV-2 *in vitro* [28] и *in vivo* на трансгенных мышах, имеющих клеточные рецепторы hACE2 для проникновения этого патогена – при пероральном введении в дозе 4 мг/сутки значительно ингибировал репликацию вируса, спасал от потери массы тела и снижал поражение легочной ткани. 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 [29]. По данным Yi с соавт. флавоноид шафтозид, выделенный из корня солодки уральской (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch, *Fabaceae*), *in vitro* ингибировал SARS-CoV-2 с 50%-ной эффективной концентрацией (EC₅₀), равной 11,83 $\pm$ 3,23 мкмоль/л. Кроме того, эти авторы показали *in vivo* (на мышах с острым повреждением легких, вызванным липополисахаридом), что шафтозиды регулируют иммунный ответ и снижают воспаление [30].

Фитоэкстероиды (Phytoecdysteroids, PEs) представляют собой полигидроксированные соединения со структурой, сходной со структурой гормона линьки насекомых. Эти соединения способствуют смягчению биотических и абиотических стрессов растений и проявляют разностороннюю биологическую активность – повышение толерантности к насекомым и нематодам благодаря своей аллелохимической активности, стимулирование ферментативных и неферментативных систем антиоксидантной защиты, а также индуцирование биосинтеза

белка и модулирование синтеза углеводов и липидов. У людей PEs проявляют биологические, фармакологические и лекарственные свойства, такие как противодиабетическое, антиоксидантное, антимикробное, гепатопротекторное, гипогликемическое, противораковое, противовоспалительное, антидепрессивное действие и активность по дифференцировке тканей [31]. Фитоэкстероиды, содержащиеся в водорослях, грибах, папоротниках, голосеменных и покрытосеменных растениях в плане противовирусной активности практически не изучены.

На сегодняшний день единственным экидистероидом, который коммерчески доступен по разумной цене и в больших количествах (в кг), является 20-гидроксизексизон (20E). Это соединение с высокой степенью накопления может быть эффективно выделено из разных частей некоторых видов растений (произрастающих в разных частях мира) – это корни *Achyranthes bidentata*, *Amaranthaceae* (Индия, Китай, Тайвань); корни и листья *Achyranthes japonica*, *Amaranthaceae* (Корея, Япония, Китай); из всего растения видов *Ajuga bracteosa* и *A. decumbens*, *Lamiaceae* (Тайвань) или из наземной части *A. iva* (Африка), *A. turkestanica* (Узбекистан, Таджикистан); корни и наземная часть *Boerhaavia diffusa*, *Nyctaginaceae* (Бразилия, Индия, Иран, Ангола, Гана, Конго); корень и листья *Cyathula prostrata*, *Amaranthaceae* (тропическая Африка, Китай, Австралия); корни и наземная часть *Cyanotis arachnoidea* (Китай); стебли и листья *Diploclosia glaucescens*, *Menispermaceae* (Китай); корневища и листья *Helleborus niger*, *Ranunculaceae* (Румыния); ветви *Microsorium membranifolium*, *Polypodiaceae* (Французская Полинезия); наземная часть *Paris polyphylla*, *Melanthiaceae* (Юго-Западный Китай); корни *Pfaffia glomerata*, *Amaranthaceae* (Бразилия); кора стеблей, листья, корни и плоды *Podocarpus macrophyllus* var. *Nakaii*, *Podocarpaceae* (Южная Африка); корневища *Polypodium vulgare*, *Polypodiaceae* (Польша); корни и листья *Rhaponticum carthamoides*, *Asteraceae* (Восточная Европа); корни *Serratula chinensis*, *Asteraceae* (Южный Китай); корни и семена *Sida rhombifolia*, *Malvaceae* (Индия); наземная часть *Tinospora cordifolia*, *Menispermaceae* (Индия); *Tinospora cordifolia*, *Menispermaceae* (Индия); кора и листья *Vitex scabra*, *Lamiaceae* (Таиланд) [32]. Препарат 20E в виде фармацевтического средства изучается в 30-ти клинических центрах в Бельгии, Франции, Великобритании, США и Бразилии в качестве нового варианта лечения для ведения пациентов с инфекцией COVID-19 на тяжелой стадии. Предполагается улучшение дыхательной функции в результате активации этим препаратом (в дозе 350 мг два раза в день) ренин-ангиотензиновой системы, функции которой нарушаются при заражении SARS-CoV-2 [33].

Астровые или Сложноцветные (*Asteraceae*) – крупнейшее семейство покрытосеменных, включающее множество видов, имеющих лекарственное и хозяйственное значение. Известно про противовирусную активность препаратов, в том числе и против SARS-CoV-2, например, полученных из видов рода *Artemisia* [34; 35]. Показано, что *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) является перспективным продуцентом 20E и флавоноидов [36; 37].

Цель. Анализ *in vitro* ингибирующей активности этанольных экстрактов, бутанольных фракций и

индивидуальных соединений (флавоноида шафтозида и экдистероида 20-гидроксиэкдизона), выделенных из растений *Silene* spp., *Caryophyllaceae*, а также бутанольной фракции *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*), на репликацию SARS-CoV-2.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследования. Этанольные экстракты, бутанольные фракции растений рода *Silene* семейства *Caryophyllaceae*, успешно интродуцированных в Сибирском ботаническом саду ТГУ – *Silene chalconica* (L.) E.H.L.Krause (*Lychnis chalconica* L.), *Silene viridiflora* L. Sp. Pl., *S. colpophylla* Wrigley., *S. graefferi* Guss., *S. sendtneri* Boiss., *S. linicola* C.C. Gmelin, *S. caramanica* Boiss., *S. roemerii* Friv. и *Serratula cupuliformis* Nakai & Kitag (*Asteraceae*), а также вторичные метаболиты – флавоноид шафтозид и экдистероид 20-гидроксиэкдизон, выделенные из *L. chalconica*. Образцы растительных препаратов получены экстракцией надземной части, собранной в период цветения, 70%-ным этиловым спиртом (пятикратно, при температуре 55 °C) и концентрированием этанольного экстракта с помощью ротационного испарителя IKA RV 10 (Германия) при температуре 45°C. Для получения комплекса активных соединений проводили многократное селективное извлечение н-бутанолом из концентрированного экстракта, разбавленного водой в соотношении 1:2, при комнатной температуре с последующим упариванием досуха, в результате спирты удалены полностью.

Методика анализа БАВ высокоэффективной жидкостной хроматографией: анализ БАВ выполнен методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «Shimadzu LC-20AD» (Япония), диодно-матричный детектор, хроматографическая колонка Perfect Sil Target ODS – 3; 4.6 x 250 мм, размер зерна сорбента – 5 мкм. Элюент А: смесь ацетонитрила, изопропилового спирта (5:2 по объему), элюент В: 0,1% трифторуксусная кислота. Время анализа 60 мин. Скорость элюирования 1 мл/мин. Режим элюирования: градиент низкого давления; программа градиента: 0–40 мин 15–35% элюент А, 40–60 мин 35% элюент А. Объем пробы 5 мкл. Аналитическая длина волны λ_{max} = 242 нм для регистрации экдистероидов и 272 нм – флавоноидов. Идентификацию сигналов на хроматограммах осуществляли сопоставлением времен удерживания и максимумов поглощения компонентов экстрактов и стандартных образцов. Фенольное соединение шафтозид идентифицирован с использованием стандарта (Sigma-Aldrich, Lachema; чистота $\geq 95,0\%$). Структура индивидуального экдистероида 20-гидроксиэкдизона (20Е), выделенного из *L. chalconica*, используемого в качестве внутреннего стандарта, ранее идентифицирована по данным ВЭЖХ, масс-, ^1H и ^{13}C ЯМР-спектров как описано [38; 39]. Содержание БАВ рассчитывалось по площадям пиков образца и соответствующих стандартов с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием программного обеспечения LC Postrun Calibration Curve. Анализ проводили в трех повторах, статистические расчеты осуществляли в программе Microsoft Excel, 2007. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки.

Подготовка растительных препаратов для исследования цитотоксичности и ингибирующей активности на вирусную репликацию: навески

растительных препаратов растворяли в кипяченой дистиллированной воде или в диметилсульфоксиде (ДМСО) с целью анализа активности как водорастворимых, так и более широкого спектра содержащихся соединений.

В качестве препаратов сравнения (контрольных образцов) использовали приготовленные нами сухие этанольные экстракты (вытяжка 70%-ным этанолом в течение семи суток) плодового тела *Inonotus obliquus* (Pers.) Pilat, *Basidiomycota* и специи гвоздики *Syzygium aromaticum* L., *Myrtaceae*, как описано [35], т.к. для водных экстрактов и вытяжек этого растительного сырья описана анти-SARS-CoV-2 активность [40; 41]. Кроме того, приготовили сухой этанольный экстракт корня солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L., *Fabaceae*) т.к., по данным литературы, это растение рассматривается как потенциальное лекарственное средство против COVID-19 [10] и описана ингибирующая активность *in vitro* водных экстрактов корня этого растения на инфекционный SARS-CoV-2 [42]. Данное сырье: чага (место сбора: Салаирский край, Маслянинский район, НСО), специя гвоздика (из Вьетнама) и корень солодки голой (выращенной в Южном Урале) любезно предоставлено ООО НПФ «Золотая долина», г. Новосибирск.

Культура клеток. Перевиваемая культура клеток Vero (клетки почки африканской зеленой мартышки) из собственной коллекции ФИЦ ФТМ СО РАН 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).

Новый коронавирус, лабораторный штамм SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020, выделенный 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, описан в работах [35; 41; 43; 44]. Вирус пассировали на культуре клеток Vero в поддерживающей питательной среде с 2% эмбриональной сыворотки крови КРС (прогретой в течение 30 мин при 56°C для подавления белков системы комплемента). Титр инфекционного SARS-CoV-2 выражали в ТЦПД₅₀/мл (тканевых цитопатических дозах вируса, вызывающего цитопатическое действие (ЦПД) на инфицированные клетки Vero в 50% лунок). ЦПД SARS-CoV-2 можно наблюдать в световой микроскоп, как показано [43; 41] или проводить фиксацию инфицированных клеток в течение 30 мин раствором формальдегида и 0,05%-ным раствором кристаллического фиалетового с 20% спирта, как описано [45].

Цитотоксичность исследуемых растительных препаратов и контрольных образцов определяли по 50%-ной токсичной концентрации в мл (50% cytotoxic concentration, CC₅₀/ml) как описано [46] при нанесении растительных препаратов на чувствительную для SARS-CoV-2 клеточную культуру Vero, выращенную до монослоя в лунках 96-луночных планшетов (Corning, США), в поддерживающей питательной среде в разведениях (в рассчитанных концентрациях) для титрования двойным шагом и выдерживали в течение 1 часа при 37°C. Затем монослой клеток отмывали и оставляли в поддерживающей питательной среде при 37°C в CO₂-инкубаторе. Цитотоксическое действие

растительных препаратов оценивали каждые сутки (срок наблюдения 5 суток).

Отрицательные контроли. Кипяченая дистиллированная вода, поддерживающая питательная среда для клеток Vero и ДМСО в объемах, соответствующих содержанию растворителя в исследуемых растительных препаратах.

Анализ ингибирующей активности исследуемых растительных препаратов и контрольных образцов на репликацию SARS-CoV-2 проводили методом классической реакции нейтрализации (инактивации) вирусов как нами недавно описано для исследования антител пациентов, переболевших COVID-19 [44] и растительных препаратов [35; 41]. Кратко: растительные препараты (титрование в 96-луночных планшетах двойным шагом с определенной исходной концентрацией по сухому веществу в объеме 100 мкл/лунка) предварительно (перед нанесением на монослой клеток Vero, выращенных в 96-луночных планшетах) инкубировали с SARS-CoV-2 с инфекционным титром 10^3 ТЦПД₅₀/мл (в соответствии с «Руководством... [47]) в течение 1 часа при 37°C в CO₂-инкубаторе. После инкубации смесей экстрактов с вирусной суспензией на клетках течение 1 часа при 37°C, монослой клеток отмывали и оставляли в поддерживающей питательной среде до проявления ЦПД вируса в контрольных лунках, содержащих инфицированные клетки. Учет результатов по ингибированию вирусной репликации проводили визуально при наблюдении в инвертированный микроскоп при 10-кратном увеличении, а затем после фиксации клеток в течение 30 мин раствором формальдегида и 0,05%-ным раствором кристаллического фиалетового с 20% спирта, как описано [45].

Для статистической обработки все анализы *in vitro* проводили и фиксировали в четырех повторах в двух независимых экспериментах.

Статистическую обработку результатов по определению цитотоксичности и эффективным концентрациям проводили с применением метода Спирмена-Кербера в программе Excel при 95%-ном уровне надежности ($p \leq 0.05$).

Селективный индекс (Selectivity index, SI) для 50%-ных цитотоксичных и эффективных концентраций исследуемых экстрактов рассчитывали по формуле: $SI_{50} = CC_{50}/EC_{50}$ как описано [46], с учетом токсичности, выявленной на четвертые сутки наблюдения (совпадающей со временем фиксации результатов по ЦПД 10^3 ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 в контрольных рядах инфицированных клеток).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Анализ состава и содержания химических компонентов препаратов, полученных из растений *Silene* spp. семейства Гвоздичные (*Caryophyllaceae*)

В настоящее время объекты данного исследования – некоторые представители рода *Silene* семейства Гвоздичных (*Caryophyllaceae*) и *Serratula cupuliformis* семейства Астровых (*Asteraceae*) изучены на присутствие флавоноидов и экидистероидов. Общими во всех образцах у видов *Silene* оказались шафтозид и виценин-2, витексин (у 5-ти видов) [39]. Кроме того, обнаружены неидентифицированные флавоноиды. У вида *Serratula cupuliformis* выявлены экидистероиды –

20-гидроксизекдизон (20Е), полиподин В, макистерон А, экидизон, 2-дезоксизекдизон [37] и флавоноиды – изокверцитрин, кверцетин и апигенин. Общими экидистероидами для исследованных видов являются 20-гидроксизекдизон (20Е) и полиподин В, в 5-ти видах определяются сочетанно 2-дезоксизекдизон и экидизон. Другие экидистероиды выявлены в разных сочетаниях – в 4-х видах – интегристерон А, в 3-х видах – 2-дезоксизекдизон [38; 48–53]. Редко встречающиеся вещества этого класса, например, туркестерон и витикостерон Е, сочетанно выявлены только в одном виде *Caryophyllaceae* – *Silene linicola* [54] и витикостерон Е у *Lychnis chalcidonica* [52; 54–56]. По количественному содержанию в этих растениях шафтозид и 20Е отличаются – в диапазоне концентраций 0,5 – 4,18% и 0,3 – 1,3%, соответственно (табл. 1).

2. Анализ цитотоксичности исследуемых растительных препаратов и контрольных образцов

Показатель цитотоксичности необходим для дальнейшего определения индекса селективности, т.е. потенциального терапевтического эффекта исследуемых препаратов. Обычно такой анализ проводится на культуре клеток, чувствительной к выбранному патогену [46]. В данном случае это линия клеток Vero, чувствительная к SARS-CoV-2 [43; 57].

Первую партию растительных препаратов *Silene* spp. (№№ 1–12) и *Serratula cupuliformis* (*Asteraceae*) (№10) растворяли в кипяченной охлажденной дистиллированной воде для анализа цитотоксичности водорастворимых веществ, содержащихся как в этанольных экстрактах и их бутанольных фракциях, так индивидуальных соединений – флавоноида шафтозида и экидистероида 20-гидроксизекдизона (20-Е), выделенных из *Lychnis chalcidonica*. Образцы сравнения – сухие этанольные экстракты плодового тела *I. obliquus* (№13), специи гвоздики *S. aromaticum* (№14) и корня *Glycyrrhiza glabra* (№15) также растворяли в воде.

Вторую партию растительных препаратов *Silene* spp. (№№ 16–27) и *Serratula cupuliformis* (№25), а также контрольные образцы сравнения (этанольные экстракты плодового тела *I. obliquus* (№28), специи гвоздики *S. aromaticum* (№29) и корня *G. glabra* (№30) растворяли в ДМСО с целью анализа активности более широкого спектра содержащихся в них соединений, чем при растворении в воде. Показатели цитотоксичности для анализа фиксировали на четвертые сутки, т.к. это время совпадало в дальнейших экспериментах с моментом снятия результатом по ЦПД 10^3 ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2.

В результате (табл. 1), цитотоксичность контрольных образцов этанольных экстрактов в CC_{50} оказалась следующей: для плодового тела *I. obliquus* №13 (растворение в воде) – $437,5 \pm 80,19$ мкг/мл и №28 (растворение в ДМСО) – $218,75 \pm 40,10$ мкг/мл; для специи гвоздики *S. aromaticum* №14 (растворение в воде) – $406,25 \pm 94,89$ мкг/мл и №29 (растворение в ДМСО) – $187,5 \pm 46,30$ мкг/мл; для корня *G. glabra* №15 (растворение в воде) – $812,5 \pm 179,32$ мкг/мл и №30 (растворение в ДМСО) – $343,75 \pm 89,66$ мкг/мл. Таким образом, наблюдается увеличение цитотоксичности контрольных образцов, растворенных в ДМСО, примерно в два раза по сравнению с препаратами, растворенными в воде.

Таблица 1. Содержание химических компонентов, исследуемых образцов растительных препаратов, а также результаты исследования цитотоксичности
Table 1. The content of chemical components of the studied samples of herbal preparations as well as the results of the study of cytotoxicity

Номер образца Sample number	Растительное сырье Vegetable raw materials	Вид препарата Type of preparation	Количество в образце, мг Quantity in the sample, mg		Растворитель Solvent	Значения 50%-х цитотоксических концентраций в мкг/мл Values of CC ₅₀ in µg/ml
			20E of 20E	Шафтозида of Shaftoside		
1	<i>Silene chalconica</i>	БФ BF	3,76	16,39	дист. вода dist. water	9425±2080,10
2	<i>Silene viridiflora</i>	БФ BF	7,17	14,44	дист. вода dist. water	1107,03±244,32
3	<i>Silene colophylla</i>	БФ BF	3,86	39,22	дист. вода dist. water	2121,88±388,94
4	<i>Silene graefferi</i>	БФ п/к BF p/c	42,95	7,34	дист. вода dist. water	11781,25±2600,12
5	<i>Silene sendtneri</i>	БФ BF	7,22	31,00	дист. вода dist. water	1050,0±192,46
6	<i>Silene linicola</i>	БФ BF	6,54	10,63	дист. вода dist. water	2039,06±436,47
7	<i>Silene caramanica</i>	ЭЭ п/к EE p/c	2,15	9,68	дист. вода dist. water	2695,31±352,18
8	<i>Silene caramanica</i>	БФ п/к BF p/c	22,12	3,88	дист. вода dist. water	7840,63±1730,42
9	<i>Silene roemeri</i>	БФ BF	11,80	17,00	дист. вода dist. water	8693,75±1918,71
10	<i>Serratula cupuliformis</i>	БФ BF	4,04	-	дист. вода dist. water	5565,63±1228,33
11	Шафтозид Shaftoside	ИФ IF	-	18,00	дист. вода dist. water	3150±577,39
12	20-гидроксизакдизон 20-hydroxyecdysone	ИЭ IE	19,00	-	дист. вода dist. water	3087,5±681,41
13	<i>Inonotus obliquus</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	дист. вода dist. water	437,5±80,19
14	<i>Syzygium aromaticum</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	дист. вода dist. water	406,25±94,89
15	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	дист. вода dist. water	812,5±179,32
16	<i>Silene chalconica</i>	БФ BF	10,04	43,80	ДМСО DMSO	21,19±3,88
17	<i>Silene viridiflora</i>	БФ BF	25,60	51,54	ДМСО DMSO	151,95±34,91
18	<i>Silene viridiflora*</i>	БФ BF	58,7	14,2	ДМСО DMSO	31,99±6,97

19	<i>Silene colporphylla</i>	БФ BF	2,55	25,88	ДМСО DMSO	500,0±135,25
20	<i>Silene graefferi</i>	БФ п/к BF p/c	78,64	13,43	ДМСО DMSO	622,27±81,31
21	<i>Silene sendtneri</i>	БФ BF	11,13	47,79	ДМСО DMSO	115,63±29,67
22	<i>Silene linicola</i>	БФ BF	2,03	3,30	ДМСО DMSO	590,63±108,26
23	<i>Silene caramanica</i>	БФ п/к BF p/c	16,84	2,95	ДМСО DMSO	459,36±117,88
24	<i>Silene roemerii</i>	БФ BF	25,92	37,34	ДМСО DMSO	1101,56±143,93
25	<i>Serratula cupuliformis</i>	БФ BF	12,74	-	ДМСО DMSO	607,5±132,30
26	Шафтозид Shaftoside	ИФ IF	-	23,8	ДМСО DMSO	1487,5±381,72
27	20-гидроксизидон 20-hydroxyecdysone	ИЭ IE	32,2	-	ДМСО DMSO	352,19±64,56
28	<i>Inonotus obliquus</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	ДМСО DMSO	218,75±40,10
29	<i>Syzygium aromaticum</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	ДМСО DMSO	187,5±46,30
30	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	ЭЭ EE	н.и. n.i.	н.и. n.i.	ДМСО DMSO	343,75±89,66

Примечания: БФ – бутанольная фракция, ЭЭ – этанольный экстракт, п/к – пастообразная консистенция; ИФ – индивидуальный флавоноид, ИЭ – индивидуальный эйдистероид; отриц. контроли – кипяченая дистиллированная вода, поддерживающая питательная среда для клеток Vero и ДМСО в объемах, соответствующих содержанию растворителя в исследуемых растительных препаратах. Образцы растительных препаратов получены экстракцией надземной части, собранной в период цветения.

18. *S. viridiflora** – семена; дист. вода – дистиллированная вода; отриц. контроли – кипяченая дистиллированная вода, поддерживающая питательная среда для клеток Vero и ДМСО в объемах, соответствующих содержанию растворителя в исследуемых растительных препаратах; н.и. – не исследовали; – не содержит

Note: BF – butanol fraction; EE – ethanol extract; p/c – paste-like consistency; IF – individual flavonoid, IE – individual ecdysteroid. Samples of herbal preparations were obtained by extraction of the aboveground part collected during the flowering period. 18. *S. viridiflora** – seeds; dist. water – distilled water; negative controls – boiled distilled water, a supporting nutrient medium for the cells Vero and DMSO in volumes corresponding to the solvent content in the studied herbal preparations; n.i. – not investigated; – does not contain

Препараты исследуемых образцов *Silene spp.* при растворении в воде оказались менее токсичны, чем контрольные образцы со значениями CC_{50} следующие (по убывающей): бутанольные фракции *S. graefferi* (№4) – 11781,25±2600,12 мкг/мл, *L. chalcadonica* (№1) – 9425,0±2080,10 мкг/мл, *S. roemerii* (№9) – 8693,75±1918,71 мкг/мл, *S. caramanica* (№8) – 7840,63±1730,42 мкг/мл, *Serratula cupuliformis* (№9) – 5565,63±1228,33 мкг/мл, индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№11) – 3150±577,39 мкг/мл, индивидуальный экдистероид **20E** (№12) – 3087,5±681,41 мкг/мл, этанольный экстракт *S. caramanica* (№7) – 2695,31±352,18 мкг/мл, бутанольные фракции *S. colpophylla* (№3) – 2121,88±388,94 мкг/мл, *S. linicola* (№6) – 2039,06±436,47 мкг/мл, *Silene viridiflora* (№2) – 1107,03±244,32 мкг/мл, *S. sendtneri* (№5) – 1050,0±192,46 мкг/мл, т.е. в диапазоне цитотоксичных концентраций от 11781,25±2600,12 мкг/мл до 1050,0±192,46 мкг/мл. Для бутанольной фракции *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№10) CC_{50} =5565,63±1228,33 мкг/мл (табл. 1).

При растворении в ДМСО у некоторых образцов *Silene spp.* токсичность резко увеличилась: это бутанольные фракции *L. chalcadonica* (№16) до 21,19±3,88 мкг/мл с 9425,0±2080,10 мкг/мл (№1), *Silene viridiflora* (№17) до 151,95±34,91 мкг/мл с 1107,03±244,32 мкг/мл (№2), *S. sendtneri* (№21) до 115,63±29,67 мкг/мл с 1050,0±192,46 мкг/мл (№5), *S. caramanica* (№23) до 459,36±117,88 мкг/мл с 7840,63±1730,42 мкг/мл (№8), *S. roemerii* (№24) до 1101,56±143,93 мкг/мл с 8693,75±1918,71 мкг/мл (№10), индивидуальный экдистероид **20E** (№27) до 352,19±64,56 мкг/мл с 3087,5±681,41 мкг/мл (№12). Менее существенное увеличение токсичности, при растворении в ДМСО, выявлено у образцов: бутанольные фракции *S. colpophylla* (№19) до 500,0±135,25 мкг/мл с 2121,88±388,94 мкг/мл (№3), *S. graefferi* (№20) до 622,27±81,31 мкг/мл с 11781,25±2600,12 мкг/мл (№4), *S. linicola* (№22) до 590,63±108,26 мкг/мл с 2039,06±436,47 мкг/мл (№6), индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№26) до 1487,5±381,72 мкг/мл с 3150±577,39 мкг/мл (№11). Образец №18 бутанольная фракция *S. viridiflora** (семена) был растворен только в ДМСО и проявил токсичность с CC_{50} =31,99±6,97 мкг/мл. Для бутанольной фракции *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№25) токсичность при разведении в ДМСО также повысилась до 607,5±132,30 мкг/мл при CC_{50} =5565,63±1228,33 мкг/мл (№9) при растворении в воде (табл. 1).

В целом, при сравнении с нашими контрольными образцами этанольных экстрактов *S. aromaticum*, *I. obliquus*, и *G. glabra*, проявившими цитотоксичность в диапазоне концентраций при растворении в воде от 812,5±179,32 мкг/мл до 406,25±94,89 мкг/мл, образцы *Silene spp.* и *Serratula cupuliformis* оказались менее токсичны, т.к. значения CC_{50} были в диапазоне концентраций от 11781,25±2600,12 мкг/мл до 1050,0±192,46 мкг/мл. По полученным значениям CC_{50} препаратов *Silene spp.*, растворенных в ДМСО, в диапазоне концентраций от 1487,5±381,72 мкг/мл до 21,19±3,88 мкг/мл, можно предположить, что при использовании этого растворителя экстрагируется большее количество БАВ, токсично влияющих на клетки линии Vero, чем при растворении в воде.

По данным литературы, цитотоксичность растительных препаратов зависит от экстрагента и растворителя. Как правило, водные экстракты менее токсичны [58; 59]. Но при этом отличается и их фитопрофиль, в основном, водой экстрагируются и растворяются полисахариды и полифенольные соединения (в том числе танины) [58]. Диметилсульфоксид (ДМСО) является важным биполярным апротонным растворителем, который может сольбилизовать широкий спектр полярных и неполярных молекул, плохо растворимых в воде. Это, в сочетании с его очевидной низкой токсичностью при концентрациях <10%, привело к повсеместному использованию как в качестве универсального растворителя [60], так и во многих биотехнологических и медицинских приложениях, таких как криоконсервация клеток, а также для лечения различных заболеваний человека (например, амилоидоза) [61]. В наших экспериментах, при отсутствии токсичности ДМСО в объемах, соответствующих содержанию растворителя в исследуемых растительных препаратах, их цитотоксичность можно связать только с содержанием БАВ.

3. Исследование ингибирующей активности растительных препаратов на репликацию SARS-CoV-2 при прямой нейтрализации (инактивации) вирионов

3.1. Анализ ингибирующей активности растительных препаратов, растворенных в воде

EC_{50} препаратов сравнения (сухих этанольными экстрактов, растворенных в воде) против 10^3 ТЦПД $_{50}$ /мл SARS-CoV-2 оказались следующими (по убывающей активности): *S. aromaticum* (№14) – 7,32±0,96 мкг/мл, *I. obliquus* (№13) – 29,30±3,85 мкг/мл и *G. glabra* (№15) – 54,69±10,02 мкг/мл. Для препаратов *Silene spp.* выявлены 50%-ные эффективные концентрации (по убывающей активности): это бутанольные фракции *S. linicola* (№6) – 1,59±0,39 мкг/мл, *S. sendtneri* (№5) – 15,234±3,36 мкг/мл, *S. caramanica* (№8) – 16,41±3,00 мкг/мл, *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№10) – 21,74±4,80 мкг/мл, *S. caramanica* (№7) – 33,69±8,32 мкг/мл, *L. chalcadonica* (№1) – 36,82±8,12 мкг/мл, индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№11) – 45,70±10,09 мкг/мл, индивидуальный экдистероид **20E** (№12) – 48,24±10,65 мкг/мл, бутанольные фракции *S. colpophylla* (№3) – 61,57±13,59 мкг/мл, *S. viridiflora* (№2) – 180,99±49,24 мкг/мл, *S. roemerii* (№9) – 271,68±59,96 мкг/мл и *S. graefferi* (№4) – 339,85±83,92 мкг/мл (табл. 2).

В результате, самым активным образцом из препаратов *Silene spp.*, растворенных в воде, оказалась бутанольная фракция этанольного экстракта *S. linicola* (№6) с EC_{50} =1,59±0,39 мкг/мл и этот результат превосходит активность препаратов сравнения. А в диапазоне концентраций антивирусной активности, сравнимой с контрольными образцами *S. aromaticum*, *I. obliquus* и *G. glabra* (от 7,32±0,96 мкг/мл до 54,69±10,02 мкг/мл) можно отнести: бутанольные фракции *S. sendtneri* (№5) с EC_{50} =15,23±3,36 мкг/мл, *S. caramanica* (№8) с EC_{50} =16,41±3,00 мкг/мл, *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№10) с EC_{50} =21,74±4,80 мкг/мл, *L. chalcadonica* (№1) с EC_{50} =36,82±8,12 мкг/мл; этанольный экстракт *S. caramanica* (№7) с EC_{50} =33,69±8,32 мкг/мл, а также индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№11) с EC_{50} =45,70±10,09 мкг/мл

и индивидуальный экдистероид **20E** (№12) с $EC_{50}=48,24\pm10,65$ мкг/мл, соответственно (табл. 2).

3.2. Анализ ингибирующей активности препаратов, растворенных в ДМСО

EC_{50} препаратов сравнения (сухих этанольными экстрактов, растворенных в ДМСО) против 10^3 ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 оказались следующими (по убывающей активности): **S. aromaticum** (№29) – $1,22\pm0,31$ мкг/мл, **I. obliquus** (№28) – $6,83\pm1,25$ мкг/мл и **G. glabra** (№30) – $39,06\pm10,02$ мкг/мл. Для препаратов **Silene spp.**, растворенных в ДМСО, выявлены 50%-ные эффективные концентрации (по убывающей активности): бутанольная фракция **S. viridiflora** (семена) (№18) с $EC_{50}=2,22\pm0,57$ мкг/мл, индивидуальный экдистероид **20E** (№27) с $EC_{50}=2,36\pm0,58$ мкг/мл, бутанольные фракции **L. chalcadonica** (№16) с $EC_{50}=4,54\pm1,12$ мкг/мл, **S. sendtneri** (№21) с $EC_{50}=8,67\pm2,14$ мкг/мл, **Serratula cupuliformis** (Asteraceae) (№25) с $EC_{50}=27,42\pm6,05$ мкг/мл, **S. linicola** (№22) с $EC_{50}=31,64\pm7,81$ мкг/мл, **S. colpophylla** (№19) с $EC_{50}=34,38\pm23,82$ мкг/мл, **S. viridiflora** (№17) $EC_{50}=37,98\pm9,75$ мкг/мл, **S. caramanica** (№23) $EC_{50}=40,19\pm7,37$ мкг/мл, индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№26) $EC_{50}=65,08\pm11,93$ мкг/мл, бутанольные фракции **S. graefferi** (№20) – $103,71\pm26,61$ мкг/мл и **S. roemerii** (№24) $EC_{50}=119,34\pm26,34$ мкг/мл (табл. 2).

В результате, самыми активными против 10^3 ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2 образцами из препаратов **Silene spp.**, растворенных в ДМСО, оказались бутанольная фракция этанольного экстракта семян **S. viridiflora** (№18) с $EC_{50}=2,22\pm0,57$ мкг/мл и индивидуальный экдистероид **20E L. chalcadonica** (№27) с $EC_{50}=2,36\pm0,58$ мкг/мл. А в диапазоне концентраций антивирусной активности, сравнимой с контрольными образцами **S. aromaticum**, **I. obliquus** и **G. glabra** (от $1,22\pm0,31$ мкг/мл до $39,06\pm10,02$ мкг/мл) можно отнести: бутанольные фракции этанольных экстрактов **L. chalcadonica** (№16) с $EC_{50}=4,54\pm1,12$ мкг/мл, **S. sendtneri** (№21) с $EC_{50}=8,67\pm2,14$ мкг/мл, **Serratula cupuliformis** (Asteraceae) (№25) с $EC_{50}=27,42\pm6,05$ мкг/мл, **S. linicola** (№22) с $EC_{50}=31,64\pm7,81$ мкг/мл, **S. colpophylla** (№19) с $EC_{50}=34,38\pm23,82$ мкг/мл и **S. viridiflora** (№17) с $EC_{50}=37,98\pm9,75$ мкг/мл, соответственно. Менее активными оказались: бутанольная фракция **S. caramanica** (№23) с $EC_{50}=40,19\pm7,37$ мкг/мл, индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№26) с $EC_{50}=65,08\pm11,93$ мкг/мл, бутанольная фракция **S. graefferi** (№20) с $EC_{50}=103,71\pm26,61$ мкг/мл, бутанольная фракция **S. roemerii** (№24) $EC_{50}=119,34\pm26,34$ мкг/мл (табл. 2).

3.3. Сравнение ингибирующей активности исследованных препаратов при растворении их в воде и ДМСО

Для контрольных образцов были выявлены более высокие показатели EC_{50} при растворении в ДМСО, чем в воде: **S. aromaticum** (№29) – $1,22\pm0,31$ мкг/мл при $7,32\pm0,96$ мкг/мл (№14, в воде); **I. obliquus** (№28) – $6,83\pm1,25$ мкг/мл при $29,30\pm3,85$ мкг/мл (№13, в воде) и **G. glabra** (№30) – $39,06\pm10,02$ мкг/мл при $54,69\pm10,02$ мкг/мл (№15, в воде) (табл. 2).

При сравнении **Silene spp.**, необходимо отметить, что заметная корреляция по повышению ингибирующей активности при растворении препаратов в ДМСО не наблюдалась. Так, в некоторых случаях

повышение ингибирующей активности при растворении препаратов в ДМСО было значительное (примерно в пять, десять и двадцать раз), например, для бутанольных фракций **S. viridiflora** (№17) до $37,98\pm9,75$ мкг/мл с $180,99\pm49,24$ мкг/мл (№2, в воде) и **L. chalcadonica** (№16) до $4,54\pm1,12$ мкг/мл с $36,82\pm8,12$ мкг/мл (№1, в воде) и для индивидуального экдистероида **20E L. chalcadonica** (№27) до $2,36\pm0,58$ мкг/мл с $48,24\pm10,65$ мкг/мл (№12, в воде) (табл. 2).

У некоторых **Silene spp.** отличия по ингибирующей активности были не значительны (примерно в два раза), например, для бутанольных фракций при растворении в ДМСО: **S. colpophylla** (№19) до $34,38\pm23,82$ мкг/мл с $61,57\pm13,59$ мкг/мл (№3, в воде); **S. sendtneri** (№21) до $8,67\pm2,14$ мкг/мл с $15,234\pm3,36$ мкг/мл (№5, в воде); **S. graefferi** (№20) до $103,71\pm26,61$ мкг/мл с $339,85\pm83,92$ мкг/мл (№4, в воде) и **S. roemerii** (№24) до $119,34\pm26,34$ мкг/мл с $271,68\pm59,96$ мкг/мл (№9, в воде). А для некоторых образцов наблюдалось обратное явление, т.е. препараты при растворении в воде были более эффективны, чем при растворении в ДМСО: это бутанольные фракции **S. linicola** (№6, в воде) – $1,59\pm0,39$ мкг/мл и (№22, в ДМСО) – $31,64\pm7,81$ мкг/мл; **S. caramanica** (№8, в воде) – $16,41\pm3,00$ мкг/мл и (№23, в ДМСО) – $40,19\pm7,37$ мкг/мл; **Serratula cupuliformis** (Asteraceae) (№10, в воде) – $21,74\pm4,80$ мкг/мл и (№25, в ДМСО) – $27,42\pm6,05$ мкг/мл; индивидуальный флавоноид **шафтозид** (№11, в воде) – $45,70\pm10,09$ мкг/мл и (№26 в ДМСО) – $65,08\pm11,93$ мкг/мл (табл. 2). Корреляции по результатам ингибирующей активности на SARS-CoV-2 при сравнении содержания индивидуальных соединений флавоноида шафтозида и экдистероида 20-гидроксиэкдизона в точках значений EC_{50} исследуемых растительных препаратов не обнаружено.

3.4. Литературные данные по противовирусной активности на репликацию SARS-CoV-2 при прямой нейтрализации (инактивации) вирионов для сравнения результатов, полученных при исследовании препаратов **Silene spp.**

В литературе есть некоторые данные по противовирусной активности на репликацию SARS-CoV-2 при прямой нейтрализации (инактивации) вирионов. Например, в 2020 г. Kanjanasirirat с соавт. продемонстрировали, что этанольный экстракт корневища имбиря **Boesenbergia rotunda** (Zingiberaceae) подавляет инфекционность SARS-CoV-2 (штамм SARS-CoV-2/01/human/Jan2020/Thailand) в титре 25 ТЦПД₅₀/мл на этапе «входа» вируса в клетку с 50%-ной ингибирующей концентрацией (IC_{50}) равной $20,42$ мкг/мл (при $CC_{50}\geq100$ мкг/мл). При этом значение $IC_{50}=3,62$ мкг/мл (при добавлении экстракта к инфицированным клеткам) авторы считают мощной противовирусной активностью. Индивидуальный флавоноид пандуратин А (Panduratin A), выделенный из этанольного экстракта, проявил еще более высокую активность с $IC_{50}=5,30$ μ M, но и с очень высокой цитотоксичностью $CC_{50}=43,47$ μ M [62]. Xie с соавт. 2021 г. исследовали *in vitro* традиционные китайские растительные препараты, используемые с начала пандемии COVID-19 в специализированных больницах в провинциях Юньнань и Хубэй, а также в соседних странах, таких как Лаос и Мьянма, для лечения пациентов с гриппоподобными симптомами

качестве противовоспалительных средств (для снижения уровня С-реактивного белка), а также для снижения температуры, от боли в горле и от кашля. Препараты продемонстрировали замечательную клиническую эффективность у пациентов, инфицированных SARS-CoV-2, включая улучшение состояния при воспалении легких и сокращение продолжительности пребывания в больнице. Например, это препараты Qingwenjiere Mixture (QJM) и Lianhuaqingwen capsule (LH). QJM содержит *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. (Lamiaceae), *Bupleurum chinense* DC. (Apiaceae), *Scutellaria baicalensis* Georgi. (Lamiaceae), *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl. (Oleaceae), *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit. (Araceae), *Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire (Zingiberaceae), *Artemisia capillaris* Thunb. (Asteraceae), *Valeriana jatamansi* Jones (Caprifoliaceae), *Glycyrrhiza inflata* Bat. (Fabaceae), *Cynanchum atratum* Bunge. (Apocynaceae) и *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. var. *biloba* Rehd. et Wils. (Magnoliaceae) Препарат LH содержит *Forsythia suspensa* (Oleaceae), *Lonicera japonica* (Caprifoliaceae), *Ephedra sinica* (Ephedraceae), *Isatis indigotica* (Brassicaceae), *Pogostemon cablin* (Lamiaceae), *Rheum palmatum* (Polygonaceae), *Glycyrrhiza uralensis* (Fabaceae), *Dryopteris crassirhizoma* (Dryopteridaceae), *Rhodiola crenulata* (Crassulaceae), *Houttuynia cordata* (Saururaceae) и *Prunus sibirica* (Rosaceae). Для исследований *in vitro* готовили сухие этанольные экстракты (на 95%-м спирте) и растворяли их в ДМСО. В результате, при прямой инактивации вируса в инфекционном титре 100 ТЦПД₅₀/мл, были выявлены ингибирующие концентрации 388,27±4,72 мкг/мл для препарата QJM (при СС₅₀=22411,36±21,81 мкг/мл) и 163,81±14,53 мкг/мл для препарата LH (при СС₅₀=2215,0±14,53 мкг/мл) [63]. Zannella с соавт. в 2021 г. показали, что сухой метанольный экстракт листьев

виноградной лозы (*Vitis vinifera*), растворенный в ДМСО, способен ингибировать репликацию SARS-CoV-2 (инфицирующая доза авторами не указана) *in vitro* на ранних стадиях инфекции путем прямой инактивации вирионов при очень низкой, по мнению авторов, концентрации – 10 мкг/мл [64]. Mohamed с соавт. в апреле 2022 г. сообщили об активности сухого метанольного экстракта травы зверобоя продырявленного (*H. perforatum*), растворенного в ДМСО, в диапазоне концентраций 1,5–15 мкг/мл при прямой инактивации вируса при инфицировании клеток с MOI=1 [11]. Nie с соавт. в 2021 г. показали результаты по высокой ингибирующей эффективности сухих этанольных экстрактов листьев двух видов полыней, растворенных в ДМСО, с ЕС₅₀ в диапазоне концентраций от 0,0004±0,0001 мкг/мл до 0,46±0,09 мкг/мл (для экстракта *Artemisia afra*) и от 0,11±0,04 до 2,66±1,48 мкг/мл (для экстракта *A. annua*) против 100 PFU (не указан объем, содержащий вирус с таким инфекционным титром) штамма SARS-CoV-2/human/Germany/BavPat 1/2020 [65]. При исследовании отдельных частей растения (стеблей, цветов, листьев) *Artemisia* spp. (*A. vulgaris*, *A. dracunculus*, *A. absinthium*, *A. frigida*, *A. glauca* и *A. sieversiana*), произрастающих в Новосибирской области, мы недавно показали, что сухие этанольные экстракты листьев, растворенные в ДМСО, оказались наиболее эффективными при прямой инактивации SARS-CoV-2 (в инфекционном титре 10³ ТЦПД₅₀/мл) в диапазоне 50%-ных эффективных концентраций 1,10±0,24 – 11,72±2,89 мкг/мл. В тоже время, экстракты цветов и стеблей также деструктивно влияли на конформацию вирионов в диапазоне 1,10±0,24 – 109,38±20,05 мкг/мл и 1,46±0,36 – 58,59±7,66 мкг/мл, соответственно [35].

Таблица 2. Ингибирующая активность (по убывающей эффективности) растительных препаратов при растворении в воде и ДМСО, а также содержание индивидуальных соединений флавоноида шафтозида и экдистероида 20-гидроксиэкдизона при значениях ЕС₅₀

Table 2. Inhibitory activity (in decreasing effectiveness) of herbal preparations when dissolved in water and DMSO as well as the content of individual compounds of the flavonoid shaftoside and the ecdysteroid 20-hydroxyecdysone at EC₅₀ values

Ингибирующая активность растительных препаратов при растворении в воде The inhibitory activity of herbal preparations when dissolved in water	ЕС ₅₀ (по убывающей активности) в мкг/мл EC50 (by decreasing activity) in µg/ml	Содержание 20Е, мкг/мл (в ЕС ₅₀) Content of 20E, µg /ml (in EC ₅₀)	Содержание шафтозида, мкг/мл (в ЕС ₅₀) Content of Shaftoside, µg /ml (in EC ₅₀)
<i>S. linicola</i> (№6)	1,59±0,39 мкг/мл	0,12	0,19
<i>S. aromaticum</i> (№14)	7,32±0,96 мкг/мл	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. sendtneri</i> (№5)	15,234±3,36 мкг/мл	1,15	4,92
<i>S. caramanica</i> (№8)	16,41±3,00 мкг/мл	1,88	0,33
<i>Serratula cupuliformis</i> (№10)	21,74±4,80 мкг/мл	0,64	-
<i>I. obliquus</i> (№13)	29,30±3,85 мкг/мл	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. caramanica</i> (№7)	33,69±8,32 мкг/мл	0,31	1,41
<i>S. chalconica</i> (№1)	36,82±8,12 мкг/мл	1,19	5,20
Шафтозид (№11) Shaftoside (№11)	45,70±10,09 мкг/мл	-	45,70
20Е (№12)	48,24±10,65 мкг/мл	48,24	-
<i>G. glabra</i> (№15)	54,69±10,02 мкг/мл	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. colpophylla</i> (№3)	61,57±13,59 мкг/мл	2,45	24,89
<i>S. viridiflora</i> (№2)	180,99±49,24 мкг/мл	7,53	14,48
<i>S. roemerii</i> (№9)	271,68±59,96 мкг/мл	29,97	43,17
<i>S. graefferi</i> (№4)	339,85±83,92 мкг/мл	50,33	8,60

Ингибирующая активность растительных препаратов при растворении в ДМСО The inhibitory activity of herbal preparations when dissolved in DMSO	EC ₅₀ (по убывающей активности) в мкг/мл EC50 (by decreasing activity) in µg/ml	Содержание 20Е, мкг/мл (в EC ₅₀) Content of 20E, µg /ml (in EC ₅₀)	Содержание шафтозида, мкг/мл (в EC ₅₀) Content of Shaftoside, µg /ml (in EC ₅₀)
<i>S. aromaticum</i> (№29)	1,22±0,31	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. viridiflora</i> (семена) (seeds) (№18)	2,22±0,57	0,36	0,09
20Е (№27)	2,36±0,58	2,36	-
<i>S. chalcadonica</i> (№16)	4,54±1,12	0,15	0,64
<i>I. obliquus</i> (№28)	6,83±1,25	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. sendtneri</i> (№21)	8,67±2,14	0,65	2,80
<i>Serratula cupuliformis</i> (№25)	27,42±6,05	0,81	-
<i>S. linicola</i> (№22)	31,64±7,81	2,38	3,87
<i>S. colpophylla</i> (№19)	34,38±23,82	1,37	13,90
<i>S. viridiflora</i> (№17)	37,98±9,75	1,58	3,04
<i>G. glabra</i> (№30)	39,06±10,02	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. caramanica</i> (№23)	40,19±7,37	4,61	0,81
Шафтозид (№26)	65,08±11,93	-	65,08±11,93
Shaftoside (№26)			
<i>S. graefferi</i> (№20)	103,71±26,61	15,36	2,62
<i>S. roemerii</i> (№24)	119,34±26,34	13,16	18,96

Примечания: зеленым цветом выделены результаты по контрольным образцам для сравнения

Note: the results of the control samples for comparison are highlighted in green

Таким образом, полученные нами результаты по эффективным концентрациям ингибирующей активности на SARS-CoV-2 соотносятся с данными, описанными в литературе.

4. Определение индексов селективности (SI₅₀)

(Selectivity index, SI) для 50%-х цитотоксичных и эффективных концентраций исследуемых экстрактов рассчитывали по формуле: $SI_{50} = CC_{50}/EC_{50}$ как описано [46], с учетом токсичности, выявленной на четвертые сутки наблюдения (совпадающей со временем фиксации результатов по ЦПД 10³ ТЦПД₅₀/мл SARS-CoV-2, соответственно, в контрольных рядах инфицированных клеток). Результаты по определению селективных индексов растительных препаратов представлены в (табл. 3).

При распределении по убывающей предполагаемой терапевтической эффективности в виде селективного индекса исследуемые препараты (в том числе и контрольные препараты сравнения), растворенные в воде, можно распределить следующим образом: бутанольные фракции *S. linicola* (№6) с SI₅₀=1280,01, *S. caramanica* (№8) с SI₅₀=477,91, *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№10) с SI₅₀=256,02, *L. chalcadonica* (№1) с SI₅₀=255,98, этанольный экстракт *S. caramanica* (№7) с SI₅₀=80,0, бутанольная фракция *S. sendtneri* (№5) и индивидуальный флавоноид шафтозид *L. chalcadonica* (№11) с SI₅₀=68,92, индивидуальный экидистероид 20Е *L. chalcadonica* (№12) с SI₅₀=64,0, этанольный экстракт *S. aromaticum* (№14) с SI₅₀=55,47, бутанольные фракции *S. graefferi* (№4) с SI₅₀=34,67, *S. colpophylla* (№3) с SI₅₀=34,46 и *S. roemerii* (№9) с SI₅₀=32,05, этанольные экстракты *I. obliquus* (№13) с SI₅₀=14,93 и *G. glabra* (№15) с SI₅₀=14,86, *S. viridiflora* (№2) с SI₅₀=6,12. Таким образом, по предполагаемой терапевтической эффективности, исследованные препараты *Silene spp.*, растворенные в воде, в основном, превосходят образцы сравнения – этанольные экстракты *S. aromaticum*, *I. obliquus* и *G. glabra*.

При распределении по убывающей предполагаемой терапевтической эффективности в виде селективного индекса исследуемые препараты (в том числе и контрольные препараты сравнения), растворенные в ДМСО, можно распределить следующим образом: этанольный экстракт *S. aromaticum* (№29) с SI₅₀=153,69, индивидуальный экидистероид 20Е (№27) с SI₅₀=149,36, этанольный экстракт *I. obliquus* (№28) с SI₅₀=32,05, индивидуальный флавоноид шафтозид (№26) с SI₅₀=22,86, бутанольные фракции *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) (№25) с SI₅₀=22,15, *S. linicola* (№22) с SI₅₀=18,67, *S. colpophylla* (№19) с SI₅₀=14,55, *S. viridiflora* (семена) (№18) с SI₅₀=14,41, *S. sendtneri* (№21) с SI₅₀=13,33, *S. caramanica* (№23) с SI₅₀=11,43, *S. roemerii* (№24) с SI₅₀=9,23, этанольный экстракт *G. glabra* (№30) с SI₅₀=8,8, бутанольные фракции *S. graefferi* (№20) с SI₅₀=6,0, *L. chalcadonica* (№16) с SI₅₀=4,66 и *S. viridiflora* (№17) с SI₅₀=4,00.

Таким образом, по предполагаемой терапевтической эффективности, из исследованных нами препаратов *Silene spp.*, растворенных в ДМСО, можно выделить индивидуальный экидистероид 20Е (№27) с SI₅₀=149,36, с почти равным показателем SI₅₀=153,69 для контрольного образца этанольного экстракта *S. aromaticum* (№29). Индивидуальный флавоноид шафтозид (№26) с SI₅₀=22,86 чуть менее эффективен, чем этанольный экстракт *I. obliquus* (№28 с SI₅₀=32,05). Для остальных бутанольных фракций препаратов *Silene spp.*, растворенных в ДМСО, показатели SI₅₀ оказались в диапазоне от 22,15 до 4,00 (табл. 3).

Корреляции по результатам потенциальной терапевтической активности против SARS-CoV-2 при сравнении содержания индивидуальных соединений флавоноида шафтозида и экидистероида 20-гидроксизиклизона в точках значений EC₅₀ исследуемых растительных препаратов нами также не обнаружено. Скорее всего, эффективность растительных препаратов связана с сочетанным содержанием БАВ и их деструктивным действием на вирионы SARS-CoV-2 и,

таким образом, влиянием на один из основных этапов его «жизненного» цикла – на прикрепление к рецеп-

торам чувствительных клеток

Таблица 3. Селективные индексы растительных препаратов (по убывающей потенциальной терапевтической активности при заражении SARS-CoV-2) при растворении в воде или ДМСО
Table 3. Selective indices of herbal preparations (by decreasing potential therapeutic activity in case of infection with SARS-CoV-2) when dissolved in water or DMSO

Растительный препарат и его номер Herbal preparation and its number	Растворитель Solvent	Индексы селективности (SI ₅₀) по убывающей активности Selective indices (SI ₅₀) by decreasing activity	Содержание 20Е, мкг/мл (в ЕС ₅₀) Content of 20Е, µg/ml (in EC ₅₀)	Содержание шафтозида, мкг/мл (в ЕС ₅₀) Content of Shaftoside, µg /ml (in EC ₅₀)
<i>S. linicola</i> (№6)	в воде / in water	1280,01	0,12	0,19
<i>S. caramanica</i> (№8)	в воде / in water	477,91	1,88	0,33
<i>Serratula cupuliformis</i> (№10)	в воде / in water	256,02	0,64	-
<i>S. chalconica</i> (№1)	в воде / in water	255,98	1,19	5,20
<i>S. aromaticum</i> (№29)	в ДМСО / in DMSO	153,69	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
20Е (№27)	в ДМСО / in DMSO	149,36	2,36	-
<i>S. caramanica</i> (№7)	в воде / in water	80,0	0,31	1,41
<i>S. sendtneri</i> (№5)	в воде / in water	68,92	1,15	4,92
Шафтозид (№11)	в воде / in water	68,92	-	45,70
Shaftoside (№11)	в воде / in water	68,92	-	45,70
20Е (№12)	в воде / in water	64,0	48,24	-
<i>S. aromaticum</i> (№14)	в воде / in water	55,47	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. graefferi</i> (№4)	в воде / in water	34,67	50,33	8,60
<i>S. colpophylla</i> (№3)	в воде / in water	34,46	2,45	24,89
<i>I. obliquus</i> (№28)	в ДМСО / in DMSO	32,05	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. roemerii</i> (№9)	в воде / in water	32,05	29,97	43,17
Шафтозид (№26)	в ДМСО / in DMSO	22,86	-	65,08
Shaftoside (№26)	в ДМСО / in DMSO	22,86	-	65,08
<i>Ser. cupuliformis</i> (№25)	в ДМСО / in DMSO	22,15	0,81	-
<i>S. linicola</i> (№22)	в ДМСО / in DMSO	18,67	2,38	3,87
<i>I. obliquus</i> (№13)	в воде / in water	14,93	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>G. glabra</i> (№15)	в воде / in water	14,86	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. colpophylla</i> (№19)	в ДМСО / in DMSO	14,55	1,37	13,90
<i>S. viridiflora</i> (семена) (seeds) (№18)	в ДМСО / in DMSO	14,41	0,36	0,09
<i>S. sendtneri</i> (№21)	в ДМСО / in DMSO	13,33	0,65	2,80
<i>S. caramanica</i> (№23)	в ДМСО / in DMSO	11,43	4,61	0,81
<i>S. roemerii</i> (№24)	в ДМСО / in DMSO	9,23	13,16	18,96
<i>G. glabra</i> (№30)	в ДМСО / in DMSO	8,8	н.и. / n.i.	н.и. / n.i.
<i>S. viridiflora</i> (№2)	в воде / in water	6,12	7,53	14,48
<i>S. graefferi</i> (№20)	в ДМСО / in DMSO	6,0	15,36	2,62
<i>S. chalconica</i> (№16)	в ДМСО / in DMSO	4,66	0,15	0,64
<i>S. viridiflora</i> (№17)	в ДМСО / in DMSO	4,00	1,58	3,04

Примечания: зеленым цветом выделены результаты по контрольным образцам для сравнения
 Note: the results of the control samples for comparison are highlighted in green

По данным литературы, индексы селективности по результатам исследований *in vitro* варьируют в широком диапазоне и зависят от цитотоксичности анализируемых препаратов. Например, для препаратов Qingwenjiere Mixture (QJM) и Lianhuaqingwen capsule (LH) определены SI₅₀, равные 57,72 и 13,84. Причем для контрольного препарата арбидола SI₅₀=14,27 (при IC₅₀=1,33±0,08 мкг/мл и CC₅₀=17,44 мкг/мл) [63]. Kanjanasirirat с соавт. определили для этанольного экстракта корневища имбиря и его индивидуального флавоноида пандуратина А показатели SI₅₀=4,9 и 8,20, соответственно [62]. Теплякова с соавт. в патенте РФ по ингибирующему действию лиофильно высушенных и

концентрированных водных экстрактов *I. obliquus* на штамм nCoV/Victoria/1/2020 SARS-CoV-2 представили значение SI₅₀ в диапазоне 16,73–155,5 для разных образцов [40]. Для сухого этанольного экстракта корня шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*, Lamiales), растворенного в ДМСО (при значениях CC₅₀=500 мкг/мл и EC₅₀=0,74 мкг/мл) SI₅₀=675,67 [28]. Nie с соавт. определили для сухих этанольных экстрактов полыней *A. annua* и *A. afra*, собранных на разных континентах, SI₅₀ в диапазоне от 3,54 до 275,00 [65]. В работе по исследованию отдельных частей растения (стеблей, цветов, листьев) *Artemisia* spp. мы недавно показали, что показатели SI₅₀ по схеме прямой

инактивации (нейтрализации) SARS-CoV-2 находились в диапазоне от 3,99 для этанольного экстракта цветов *A. sieversiana* до 795,45 для экстракта цветов *A. vulgaris* [41].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По состоянию на середину 2022 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) сообщила о более чем 500 миллионах подтвержденных случаев заболевания и 6 миллионов смертей от COVID-19, вызываемой РНК-содержащим коронавирусом SARS-CoV-2. Лечение от этой новой болезни по «золотому стандарту» до сих пор отсутствует [66]. С самого начала пандемии при поиске средств для лечения COVID-19 внимание было сосредоточено на ранее одобренных противовирусных препаратах (главным образом нацеленных на основную вирусную протеазу, РНК-полимеразу и спайковый гликопротеин S), которые были протестированы *in vitro* и/или в клинических испытаниях, а также на перспективных соединениях, активность которых против известных коронавирусов была доказана с помощью методов *in silico* и *in vitro*. В обзоре Artese с соавт. в 2020 г. обсуждалась перспективность препаратов против SARS-CoV-2. Например, химически синтезированных веществ: 1) мишень – основная вирусная протеаза (main proteinase, Mpro, также называемая 3CLpro, 3-chymotrypsin like protease) – Darunavir, Danoprevir, Lopinavir, Nafamostat, Ritonavir; 2) мишень – РНК-полимераза (RNA-dependent RNA polymerase, RdRp) – Favipiravir, Galidesivir, Remdesivir, Ribavirin, Tenofovir, Baloxavir marboxil, β -d-N4-hydroxycytidine; 3) мишень – гликопротеин S – Umifenovir (Arbidol), Chloroquine phosphate, Hydroxychloroquine sulfate, Griffithsin, Teicoplanin [67]. За последние два года было предпринято несколько попыток перепрофилирования ранее одобренных препаратов в качестве возможных противовирусных средств для лечения COVID-19, однако до сих пор достигнут лишь очень ограниченный успех [28].

В настоящее время продолжается поиск недорогих и эффективных лекарств против COVID-19, в том числе и растительного происхождения. Исследования проводятся как *in silico*, так и *in vitro*. Например, для флавоноида байкалина, экстрагированного из шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*, Lamiaceae) и эффективного против SARS-CoV-2 *in vitro*, определили мишень – это 3CLpro [68]. Мишенями для шафтозида корня солодки уральской (*G. uralensis* Fisch, Fabaceae) авторами предполагаются вирусные ферменты – основная протеаза 3CLpro и PLpro (para-in-like protease), играющие важную роль в репродуктивной стадии «жизненного» цикла вируса [30]. С использованием псевдотипированного вируса, содержащего S-гликопротеин SARS-CoV-2, Cao с соавторами *in vitro* был проведен скрининг библиотеки (Weikeqi Biotech, Sichuan, China), содержащей 1037 ботанических препаратов, для выявления соединений, которые могут предотвратить проникновение SARS-CoV-2 в клетку, т.е. мишень для них – гликопротеин S, роль которого заключается в связывании с клеточным рецептором ACE2 (angiotensin-converting enzyme 2) для проникновения в инфицируемую чувствительную клетку. В результате, при растворении сухих препаратов в ДМСО, наиболее эффективными оказались англоилгомизин О

(Angeloylgomisin O), схизандрин В (Schisandrin B), процианидин (Procyanidin) и олеаноносовая кислота (oleanonic acid) с SI₅₀ от >27 до >61. Авторы считают такие индексы селективности достаточно высокими и предполагают терапевтический потенциал этих растительных соединений при COVID-19 [69]. Исследования растительных препаратов *in vitro* с использованием инфекционного SARS-CoV-2 при его прямой инактивации еще более подкрепляют данные по их противовирусной активности. Как, например, такие результаты представлены по этанольному экстракту корневища имбиря *Boesenbergia rotunda* [62], по смесям лекарственных трав в виде готовых лекарственных средств Qingwenjiere Mixture (QJM) и Lianhuaqingwen capsule (LH) [63], по метанольным экстрактам листьев виноградной лозы (*Vitis vinifera*) [64] и травы зверобоя продырявленного (*H. perforatum*) [11], а также по этанольным экстрактам полыней *A. annua* и *A. afra* [65] и *Artemisia* spp. (*A. vulgaris*, *A. dracunculus*, *A. absinthium*, *A. frigida*, *A. glauca* и *A. sieversiana*) [35]. Стоит отметить, что нацеливание на проникновение вируса в клетку или его стабильность/выживание в окружающей среде приведет к предотвращению заражения и передачи среди отдельных лиц. Соответственно, такие противовирусные препараты можно использовать в качестве профилактических и/или терапевтических средств [11]. Kicker с соавт., например, на основании данных по высокой нейтрализующей активности *in vitro* сухого экстракта зеленого чая (полученного из водной вытяжки) в отношении SARS-CoV-2 независимо от штамма (Wuhan или его варианты beta и delta), сделали вывод, что такой препарат может быть полезен для профилактики COVID-19 при периодическом нанесении его на рот и горло в виде спрея [70]. Твердые лекарственные формы в виде сосательных леденцов или пастилок, содержащих экстракты растений, ингибирующие действующие на этот вирус, скорее всего, так же могут быть эффективны, т.к. предназначены для высвобождения целевого препарата в слюне для местного или системного воздействия. Типичное применение таких форм описано при инфекции горла, фарингита, а также для подавления кашля [71].

Таким образом, полученные нами результаты предполагают наличие в растениях рода *Silene* (Caryophyllaceae) и *Serratula cupuliformis* (Asteraceae) биологически активных веществ, действующих деструктивно на вирионы SARS-CoV-2 и влияющих на один из основных этапов его «жизненного» цикла – на прикрепление к рецепторам чувствительных клеток.

БЛАГОДАРНОСТЬ

1. Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в сфере научной деятельности (проект № FSWM № МК-2021.0007) «Поиск перспективных растительных источников флавоноидов, выращивание растений, изучение состава и содержания вторичных метаболитов, получение комплексов, выделение индивидуальных соединений для анализа активности».
2. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00199, <https://rscf.ru/project/22-24-00199>.

ACKNOWLEDGMENT

1. The study was carried out within the framework of the project part of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in the field of scientific activity (project no. FSWM no. MK-2021.0007) "Search for promising plant sources of flavonoids, plant cultivation, study of the composition and content of secondary metabolites, obtaining complexes, isolation of individual compounds for activity analysis".
2. This study was funded by the RSF according to the research project No 22-24-00199, <https://rscf.ru/project/22-24-00199>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Owen L., Laird K., Shivkumar M. Antiviral plant-derived natural products to combat RNA viruses: Targets throughout the viral life cycle // *Lett Appl Microbiol*. 2022. V. 75. N 3. P. 476–499. DOI: 10.1111/lam.13637
2. Pattnaik G.P., Chakraborty H. Entry Inhibitors: Efficient Means to Block Viral Infection // *J Membr Biol*. 2020. V. 253. N 5. P. 425–444. DOI: 10.1007/s00232-020-00136-z
3. Bai L., Zhao Y., Dong J., Liang S., Guo M., Liu X., Wang X., Huang Z., Sun X., Zhang Z. et al. Coinfection with influenza A virus enhances SARS-CoV-2 infectivity // *Cell Res*. 2021. V. 31. N 4. P. 395–403. DOI: 10.1038/s41422-021-00473-1
4. Abdoli A., Falahi S., Kenarkoobi A. COVID-19-associated opportunistic infections: a snapshot on the current reports // *Clin Exp Med*. 2021. V. 22. N 3. P. 327–346. DOI: 10.1007/s10238-021-00751-7
5. Seeßle J., Hippchen T., Schnitzler P., Gsenger J., Giese T., Merle U. High rate of HSV-1 reactivation in invasively ventilated COVID-19 patients: Immunological findings // *PLoS ONE*. 2021. V. 16. N 7:e0254129. DOI: 10.1371/journal.pone.0254129
6. Mirzaei R., Goodarzi P., Asadi M., Soltani A., Aljanabi H.A.A., Jeda A.S., Dashtbin S., Jalalifar S., Mohammadzadeh R., Teimoori A. et al. Bacterial co-infections with SARS-CoV-2 // *IUBMB Life*. 2020. V. 72. N 10. P. 2097–2111. DOI: 10.1002/iub.2356
7. 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
8. Zaynab M., Fatima M., Sharif Y., Zafar M.H., Ali H., Khan K.A. Role of primary metabolites in plant defense against pathogens // *Microb Pathog*. 2019. N 137:103728. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103728
9. Aanouz I., Belhassan A., El-Khatibi K., Lakhlifi 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
10. 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
11. Mohamed F.F., Anhan D., Schöföbänker M., Schreiber A., Nica Classen, Hensel A., Hempel G., Scholz W., Kühn J., Hrinčius E.R., Ludwig S. Hypericum perforatum and Its Ingredients Hypericin and Pseudohypericin Demonstrate an Antiviral Activity against SARS-CoV-2 // *Pharmaceuticals (Basel)*. 2022. V. 15. N 5:530. DOI: 10.3390/ph15050530
12. Satish C., Rawat D.S. Medicinal plants of the family Caryophyllaceae: a review of ethno-medicinal uses and pharmacological properties // *Integr Med Res*. 2015. V. 4. N 3. P. 123–131. DOI: 10.1016/j.imr.2015.06.004
13. Mamadalieva N.Z., Lafont R., Wink M. Diversity of secondary metabolites in the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) – structures distribution, and biological properties // *Diversity*. 2014. N 6. P. 415–499.
14. Orhan I., Deliorman-Orhan D., Özcelik B. Antiviral activity and cytotoxicity of the lipophilic extracts of various edible plants and their fatty acids // *Food Chem*. 2009. N 115. P. 701–705.
15. Zibareva L.N., Zueva E.P., Razina T.G., Amosova E.N., Krylova S.G., Lopatina K.A., Rybalkina O.Y., Badulina A.A., Safonova E.A., Babushkina M.S., Filonenko E.S., Galiulina A.V. The effect of *Lychnis chalcidonica* L. flavonoids on the development of tumors in mice and the effectiveness of treatment with cyclophosphamide // *AIP Conf. Proc*. 2015. 1688, 030031. DOI: 10.1063/1.4936026
16. Amosova E.N., Zueva E.P., Lopatina K.A., Safonova E.A., Razina T.G., Rubalkina O.Yu., Zibareva L.N. Influence of *Lychnis chalcidonica* L. flavonoids on transplanted tumor development and cytostatic therapy effectiveness in mice // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2019. V. 53. N 5. P. 458–461. DOI: 10.1007/s11094-019-02019-7
17. Krylova S.G., Zueva E.P., Zibareva L.N., Amosova E.N., Razina T.G. Antiulcer activity of extracts of ecdysteroid-containing plants of genera *Lychnis* and *Silene* of the Caryophyllaceae family // *Bull Exp Biol Med*. 2014. V. 158. N 2. P. 225–228. DOI: 10.1007/s10517-014-2728-1
18. Nesterova Yu.V., Povet'eva T.N., Zibareva L.N., Suslov N.I., Zueva E.P., Aksinenko S.G., Afanas'eva O.G., Krylova S.G., Amosova E.N., Rybalkina O.Yu., Lopatina K.A. Anti-inflammatory and Analgesic Activities of the Complex of Flavonoids from *Lychnis chalcidonica* L. // *Bull Exp Biol Med*. 2017. V. 163. N 2. P. 222–225. DOI: 10.1007/s10517-017-3771-5
19. Plotnikov M.B., Zibareva L.N., Vasil'ev A.S., Aliev O.I., Anishchenko A.M., Maslov M.Yu. Antihyperglycaemic, haemorheological and antioxidant activities of *Lychnis chalcidonica* L. extract in a streptozotocin-induced rat model of diabetes mellitus // *J Complement Integr Med*. 2019. V. 17. N 2. P. 20170028. DOI: 10.1515/jcim-2017-0028
20. Shen N., Wang T., Gan Q., Liu S., Wang L., Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity // *Food Chem*. 2022. N 383. Article ID: 132531. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531
21. 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
22. 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
23. 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. N 85:153286. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153286
24. Tarbeeva D.V., Krylova N.V., Iunikhina O.V., Likhatskaya G.N., Kalinovskiy A.I., Grigorchuk V.P., Shchelkanov M.Y., Fedoreyev S.A. Biologically active polyphenolic compounds from *Lespedeza bicolor* // *Fitoterapia*. 2022. N 157:105121. DOI: 10.1016/j.fitote.2021.105121
25. Zhang H., Li Z., Li C., Chen R., Liu T., Jiang Y. Antiviral Effect of Polyphenolic Substances in *Geranium wilfordii* Maxim against HSV-2 Infection Using *in vitro* and *in silico* Approaches Evid Based Complement // *Alternat Med*. 2022. N 2022:7953728. DOI: 10.1155/2022/7953728
26. Saadh M.J., Jaber S.A., Alaraj M., Alafnan A. Apigenin inhibits infectious bronchitis virus replication in ovo // *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022. V. 26. N 15. P. 5367–5371. DOI: 10.26355/eurrev_202208_29403
27. Wang S.-C., Chou I.-W., Hung M.-C. Natural tannins as anti-SARS-CoV-2 compounds // *Int J Biol Sci*. 2022. V. 18. N 12:4669–4676. DOI: 10.7150/ijbs.74676
28. 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

29. 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 183:114302. DOI: 10.1016/j.bcp.2020.114302
30. Yi Y., Zhang M., Xue H., Yu R., Bao Y.-O., Kuang Y., Chai Y., Ma W., Wang J., Shi X. et al. Schaftoside inhibits 3CL^{pro} and PL^{pro} of SARS-CoV-2 virus and regulates immune response and inflammation of host cells for the treatment of COVID-19 // *Acta Pharm Sin B.* 2022. DOI: 10.1016/j.apsb.2022.07.017
31. Arif Y., Singh P., Bajguz A., Hayat S. Phytoecdysteroids: Distribution, Structural Diversity, Biosynthesis, Activity, and Crosstalk with Phytohormones // *Int J Mol Sci.* 2022. V. 23. N 15. P. 8664. DOI: 10.3390/ijms23158664
32. Dinan L., Dih W., Veillet S., Lafont R. 20-Hydroxyecdysone, from Plant Extracts to Clinical Use: Therapeutic Potential for the Treatment of Neuromuscular, Cardio-Metabolic and Respiratory Diseases // *Biomedicines.* 2021. V. 9. N 5. P. 492. DOI: 10.3390/biomedicines9050492
33. Dih W., Chabane M., Tourette C., Azbekyan A., Morelot-Panzini C., Hajjar L.A., Lins M., Nair G.B., Whitehouse T., Mariani J., Latil M., Camelo S., Lafont R., Dilda P.J., Veillet S., Agus S. Testing the efficacy and safety of BIO101, for the prevention of respiratory deterioration, in patients with COVID-19 pneumonia (COVA study): a structured summary of a study protocol for a randomised controlled trial // *Trials.* 2021. V. 22. N 1. P. 42. DOI: 10.1186/s13063-020-04998-5
34. Hussain A. A phylogenetic perspective of antiviral species of the genus *Artemisia* (Asteraceae – Anthemideae): A proposal of anti SARS-CoV-2 (COVID-19) candidate taxa // *J Herb Med.* 2022. N 36:100601. DOI: 10.1016/j.hermed.2022.100601
35. Казачинская Е.И., Романова В.Д., Иванова А.В., Чепурнов А.А., Кононова Ю.В., Шауло Д.Н., Романюк В.В., Шестопалов А.М. Ингибирующая активность сухих этанольных экстрактов *Artemisia* spp. на репликацию SARS-CoV-2 *in vitro* // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. N 4. С. 111–129. DOI: 10.18470/1992-1098-2-22-4-111-129
36. Зибарева Л.Н., Еремина В.И. Способ увеличения степени извлечения экдистероидов из растительных объектов // Пат. РФ № 2472519С1; опубл. 20.01.2013 в Бюл. N 2.
37. Zibareva L., Athipornchai A., Wonganan O., Suksamrarn A. Application of ultrasound to extraction of biologically active substances of some *Serratula* species // *International Journal of Food and Biosystems Engineering.* 2017. V. 5. N 1. P. 31–37. URL: <http://fabe.gr/en/journal/journal> (дата обращения: 12.12.2022)
38. Zibareva L., Yeriomina V.I., Munkhjargal N., Girault J.-P., Dinan L., Lafont R. The Phytoecdysteroid Profiles of 7 Species of *Silene* (Caryophyllaceae) // *Archives of insect biochemistry and physiology.* 2009. V. 72. N 4. P. 234–248. DOI: 10.1002/arch.20331
39. Зибарева Л.Н., Филоненко Е.С., Черняк Е.И., Морозов С.В., Котельников О.А. Флавоноиды некоторых видов растений рода *Silene* // *Химия растительного сырья.* 2022. N 3. С. 109–118. DOI: 10.14258/jcprm.20220310592
40. Теплякова Т.В., Пьянков О.В., Скарнович М.О., Бормотов Н.И., Потешкина А.Л., Овчинникова А.С., Косонова 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 2741714С1; опубл. 28.01.2021 в Бюл. N 4.
41. Казачинская Е.И., Чепурнов А.А., Кононова Ю.В., Шелемба А.А., Романюк В.В., Ромедов 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
42. 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 ID: 1216. DOI: 10.3390/ph14121216
43. 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
44. Kazachinskaja E.I., Chepurnov 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. V. 10. N 11. P. 1421. DOI:10.3390/pathogens10111421
45. 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
46. 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. V. 7. Article ID: 283. DOI: 10.3390/jcm7090283
47. Фисенко В.П. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. Минздрав РФ, ЗАО «ИИА «Ремедиум», Москва. 2000. 398 с.
48. Зибарева Л.Н., Еремина В.И., Иванова Н.А. Новые экдистероидоносные виды рода *Silene* L. и динамика содержания в них экдистерона // *Раст. ресурсы.* 1997. Т. 33. Вып. 3. С. 73–76.
49. Mamadaliyeva N., Zibareva L., Evrard-Todeschi N., Girault J.-P., Maria A., Ramazonov N.Sh., Saatov Z., Lafont R. New minor ecdysteroids from *Silene viridiflora* // *Collect. Czech. Chem. Commun.* 2004. V. 69. P. 1675–1680.
50. Zibareva L.N., Seliverstova A.A., Suksamrarn A., Morozov S.V., Chernjak E.I. Phytoecdysteroids from the Aerial Part of *Silene colpophylla* // *Chemistry of Natural Compounds.* 2014. V. 50. N 3. P. 571–572. DOI: 10.1007/s10600-014-1021-x
51. Филоненко Е.С., Зибарева Л.Н. Экдистероиды и флавоноиды *Silene graefferi* // *Химия растительного сырья.* 2021. N1. С. 175–182. DOI: 10.14258/jcprm.2021018294
52. Zibareva L. Distribution and levels of phytoecdysteroids in plants of genus *Silene* during development // *Archives of insect biochemistry and physiology.* 2000. V. 43. P. 1–8.
53. Зибарева Л.Н., Амосова Е.Н., Крылова С.Г., Зуева Е.П., Рыбалкина О.Ю., Плотноков М.Б., Алиев О.И., Васильев А.С., Анищенко А.М., Суслов Н.И., Нестерова Ю.В., Поветьева Т.Н., Афанасьева О.Г., Эрст А.А., Разина Т.Г., Сафонова Е.А., Киселева Е.А. Растения родов *Silene* L. и *Lychnis* L. (Caryophyllaceae): состав химических компонентов и биологическая активность. Томск: Издательство Томского государственного университета, 2021. 496 с.
54. Mamadaliyeva N., Zibareva L., Saatov Z. Phytoecdysteroids of *Silene linicola* // *Chemistry of Natural Compounds.* 2002. V. 38. P. 268–271.
55. Зибарева Л.Н., Балтаев У.А., Ревина Т.А., Абубакиров Н.К. Фитозэкдистероиды растений рода *Лихнис* // *Химия природ. соедин.* 1991. N 4. С. 584–585.
56. Зибарева Л.Н., Саатов З., Абубакиров Н.К. Стахистерон D, витекостерон E и α-экдизон из *Lychnis chalcidonica* // *Химия природ. соедин.* 1991. N 4. С. 585–586.
57. Wang H., Zhang Y., Huang B., Huang B., Deng W., Quan Y., Wang W., Xu W., Zhao Y., Li N., Zhang J. et al. Development of an Inactivated Vaccine Candidate, BBIP-CorV, with Potent Protection against SARS-CoV-2 // *Cell.* 2020. V. 182. N 3. 713–721.e9. DOI: 10.1016/j.cell.2020.06.008
58. Popovici V., Bucur L., Gird C.E., Rambur D., Calcan S.I., Cuculea E.I., Costache T., Ungureanu-Luga M., Oroian M., Mironeasa

- S., Schröder V., Ozon E.-A., Lupuliasa D., Caraiane A., Badea V. Antioxidant, Cytotoxic, and Rheological Properties of Canola Oil Extract of *Usnea barbata* (L.) Weber ex F.H. Wigg from Călimani Mountains, Romania // *Plants* (Basel). 2022. V. 11. N 7:854. DOI: 10.3390/plants11070854
59. 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. P. 298. DOI: 10.1186/s12906-019-2695-1
60. Galvao J., Davis B., Tilley M., Normando E., Duchon M.R., Cordeiro M.F. Unexpected low-dose toxicity of the universal solvent DMSO // *FASEB J*. 2014. V. 28. N 3. P. 1317–1330. DOI: 10.1096/fj.13-235440
61. Gironi B., Oliva R., Petraccone L., Paolantoni M., Morresi A., Vecchio P.D., Sassi P. Solvation properties of raft-like model membranes // *Biochim Biophys Acta Biomembr*. 2019. V. 1861. N 11:183052. DOI: 10.1016/j.bbamem.2019.183052
62. Kanjanasirirat P., Suksatu A., Manopwisedjaroen S., Munyoo B., Tuchinda P., Jearawuttanakul K., Seemakhan S., Charoensutthivarakul S., Wongtrakongate P., Rangkasenee N. et al. High-content screening of Thai medicinal plants reveals *Boesenbergia rotunda* extract and its component Panduratin A as anti-SARS-CoV-2 agents // *Sci Rep*. 2020. V. 10. N 1:19963. DOI: 10.1038/s41598-020-77003-3
63. Xie P., Fang Y., Shen Z., Shao Y., Ma Q., Yang Z., Zhao J., Li H., Li R., Dong S., Wen W., Xia X. Broad antiviral and anti-inflammatory activity of Qingwenjiere mixture against SARS-CoV-2 and other human coronavirus infections // *Phytomedicine*. 2021. N 93:153808. DOI: 10.1016/j.phymed.2021.153808
64. Zannella C., Giugliano R., Chianese A., Buonocore C., Vitale G.A., Sanna G., Sarno F., Manzin A., Nebbioso A., Termolino P., Altucci L., Massimiliano G., de Pascale D., Franci G. Antiviral Activity of *Vitis vinifera* Leaf Extract against SARS-CoV-2 and HSV-1 // *Viruses*. 2021. V. 13. N 7. P. 1263. DOI: 10.3390/v13071263
65. Nie C., Trimpert J., Moon S., Haag R., Gilmore K., Kaufer B.B., Seeberger P.H. In vitro efficacy of Artemisia extracts against SARS-CoV-2 // *Virol J*. 2021. V. 18. N 1. P. 182. DOI: 10.1186/s12985-021-01651-8
66. Chuang S.-T., Buchwald P. Broad-Spectrum Small-Molecule Inhibitors of the SARS-CoV-2 Spike-ACE2 Protein-Protein Interaction from a Chemical Space of Privileged Protein Binders // *Pharmaceuticals* (Basel). 2022. V. 15. N 9. P. 1084. DOI: 10.3390/ph15091084
67. Artese A., Svicher V., Costa G., Salpini R., Maio V.C.D., Alkhatib M., Ambrosio F.A., Santoro M.M., Assaraf Y.G., Alcaro S., Ceccherini-Silberstein F. Current status of antivirals and druggable targets of SARS CoV-2 and other human pathogenic coronaviruses // *Drug Resist Updat*. 2020. N 53:100721. DOI: 10.1016/j.drug.2020.100721
68. Liu X.-H., Cheng T., Liu B.-Y., Chi J., Shu T., Wang T. Structures of the SARS-CoV-2 spike glycoprotein and applications for novel drug development // *Front Pharmacol*. 2022. N 13:955648. DOI: 10.3389/fphar.2022.955648
69. Cao J., Liu Y., Zhou M., Dong S., Hou Y., Jia X., Lan X., Zhang Y., Guo J., Xiao G., Wang W. Screening of Botanical Drugs against SARS-CoV-2 Entry Reveals Novel Therapeutic Agents to Treat COVID-19 // *Viruses*. 2022. V. 14. N 2. P. 353. DOI: 10.3390/v14020353
70. Kicker E., Tittel G., Schaller T., Pferschy-Wenzig E.-M., Zatloukal K., Bauer R. SARS-CoV-2 neutralizing activity of polyphenols in a special green tea extract preparation // *Phytomedicine*. 2022. N 98:153970. DOI: 10.1016/j.phymed.2022.153970
71. Sahoo M.R., Umashankar M.S., Varier R.R. The research updated and prospects of herbal hard-boiled lozenges: a classical platform with promising drug delivery potential // *Int J App Pharm*. 2021. V. 13. N 2. P. 1–13. URL: <https://innovareacademics.in/journals/index.php/ijap/article/view/40165> (дата обращения: 30.11.2022)
- ## REFERENCES
- Owen L., Laird K., Shivkumar M. Antiviral plant-derived natural products to combat RNA viruses: Targets throughout the viral life cycle. *Lett Appl Microbiol.*, 2022, vol. 75, no. 3, pp. 476–499. DOI: 10.1111/lam.13637
 - Pattnaik G.P., Chakraborty H. Entry Inhibitors: Efficient Means to Block Viral Infection. *J Membr Biol.*, 2020, vol. 253, no. 5, pp. 425–444. DOI: 10.1007/s00232-020-00136-z
 - Bai L., Zhao Y., Dong J., Liang S., Guo M., Liu X., Wang X., Huang Z., Sun X., Zhang Z. et al. Coinfection with influenza A virus enhances SARS-CoV-2 infectivity. *Cell Res.*, 2021, vol. 31, no. 4, pp. 395–403. DOI: 10.1038/s41422-021-00473-1
 - Abdoli A., Falahi S., Kenarkoobi A. COVID-19-associated opportunistic infections: a snapshot on the current reports. *Clin Exp Med.*, 2021, vol. 22, no. 3, pp. 327–346. DOI: 10.1007/s10238-021-00751-7
 - Seeßle J., Hippchen T., Schnitzler P., Gsenger J., Giese T., Merle U. High rate of HSV-1 reactivation in invasively ventilated COVID-19 patients: Immunological findings. *PLoS ONE*, 2021, vol. 16, no. 7:e0254129. DOI: 10.1371/journal.pone.0254129
 - Mirzaei R., Goodarzi P., Asadi M., Soltani A., Aljanabi H.A.A., Jeda A.S., Dashtbin S., Jalalifar S., Mohammadzadeh R., Teimoori A. et al. Bacterial co-infections with SARS-CoV-2. *IUBMB Life*, 2020, vol. 72, no. 10, pp. 2097–2111. DOI: 10.1002/iub.2356
 - 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
 - Zaynab M., Fatima M., Sharif Y., Zafar M.H., Ali H., Khan K.A. Role of primary metabolites in plant defense against pathogens. *Microb Pathog.*, 2019, no. 137:103728. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103728
 - Aanouz I., Belhassan A., El-Khatibi K., Lakhlifi 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
 - 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
 - Mohamed F.F., Anhlán D., Schöföbänker M., Schreiber A., Nica Classen 3, Hensel A., Hempel G., Scholz W., Kühn J., Hrinčius E.R., Ludwig S. Hypericum perforatum and Its Ingredients Hypericin and Pseudohypericin Demonstrate an Antiviral Activity against SARS-CoV-2. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2022, vol. 15, no. 5:530. DOI: 10.3390/ph15050530
 - Satish C., Rawat D.S. Medicinal plants of the family Caryophyllaceae: a review of ethno-medicinal uses and pharmacological properties. *Integr Med Res.*, 2015, vol. 4, no. 3, pp. 123–131. DOI: 10.1016/j.imr.2015.06.004
 - Mamadaliyeva N.Z., Lafont R., Wink M. Diversity of secondary metabolites in the genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) – structures distribution, and biological properties. *Diversity*, 2014, no. 6, pp. 415–499.
 - Orhan I., Deliorman-Orhan D., Özcelik B. Antiviral activity and cytotoxicity of the lipophilic extracts of various edible plants and their fatty acids. *Food Chem.*, 2009, no. 115, pp. 701–705.
 - Zibareva L.N., Zueva E.P., Razina T.G., Amosova E.N., Krylova S.G., Lopatina K.A., Rybalkina O.Y., Badulina A.A., Safonova E.A., Babushkina M.S., Filonenko E.S., Galiulina A.V. The effect of *Lychnis chalcidonica* L. flavonoids on the development of tumors in mice and the effectiveness of treatment with cyclophosphamide. *AIP Conf. Proc.* 2015, vol. 1688, 030031. DOI: 10.1063/1.4936026

16. Amosova E.N., Zueva E.P., Lopatina K.A., Safonova E.A., Razina T.G., Rubalkina O.Yu., Zibareva L.N. Influence of *Lychnis chalcidonica* L. flavonoids on transplanted tumor development and cytostatic therapy effectiveness in mice. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2019, vol. 53, no. 5, pp. 458–461. DOI: 10.1007/s11094-019-02019-7
17. Krylova S.G., Zueva E.P., Zibareva L.N., Amosova E.N., Razina T.G. Antiulcer activity of extracts of ecdysteroid-containing plants of genera *Lychnis* and *Silene* of the Caryophyllaceae family. *Bull Exp Biol Med.*, 2014, vol. 158, no. 2, pp. 225–228. DOI: 10.1007/s10517-014-2728-1
18. Nesterova Yu.V., Povet'eva T.N., Zibareva L.N., Suslov N.I., Zueva E.P., Aksinenko S.G., Afanas'eva O.G., Krylova S.G., Amosova E.N., Rybalkina O.Yu., Lopatina K.A. Anti-Inflammatory and Analgesic Activities of the Complex of Flavonoids from *Lychnis chalcidonica* L. *Bull Exp Biol Med.*, 2017, vol. 163, no. 2, pp. 222–225. DOI: 10.1007/s10517-017-3771-5
19. Plotnikov M.B., Zibareva L.N., Vasil'ev A.S., Aliev O.I., Anishchenko A.M., Maslov M.Yu. Antihyperglycaemic, haemorheological and antioxidant activities of *Lychnis chalcidonica* L. extract in a streptozotocin-induced rat model of diabetes mellitus. *J Complement Integr Med.*, 2019, vol. 17, no. 2, pp. 20170028. DOI: 10.1515/jcim-2017-0028
20. Shen N., Wang T., Gan Q., Liu S., Wang L., Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chem.*, 2022, no. 383, article id: 132531. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531
21. 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
22. 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
23. 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, no. 85, article id: 153286. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153286
24. Tarbeeva D.V., Krylova N.V., Lunikhina O.V., Likhatskaya G.N., Kalinovskiy A.I., Grigorchuk V.P., Shchelkanov M.Y., Fedoreyev S.A. Biologically active polyphenolic compounds from *Lespedeza bicolor*. *Fitoterapia*, 2022, no. 157, article id: 105121. DOI: 10.1016/j.fitote.2021.105121
25. Zhang H., Li Z., Li C., Chen R., Liu T., Jiang Y. Antiviral Effect of Polyphenolic Substances in *Geranium wilfordii* Maxim against HSV-2 Infection Using *in vitro* and *in silico* Approaches Evid Based Complement. *Alternat Med.*, 2022, no. 2022, article id: 7953728. DOI: 10.1155/2022/7953728
26. Saadh M.J., Jaber S.A., Alaraj M., Alafnan A. Apigenin inhibits infectious bronchitis virus replication *in ovo*. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.*, 2022, vol. 26, no. 15, pp. 5367–5371. DOI: 10.26355/eurrev_202208_29403
27. Wang S.-C., Chou I.-W., Hung M.-C. Natural tannins as anti-SARS-CoV-2 compounds. *Int J Biol Sci.*, 2022, vol. 18, no. 12, article id: 4669–4676. DOI: 10.1159/ijbs.74676
28. Liu H., Ye F., Sun Q., Liang H., Li C., Li S., Lu R., Huang B., Tan W., Lai L. *Scutellaria baicalensis* extract and baicalein 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
29. 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 baicalein for the treatment of COVID-19 *in vivo* and *in vitro*. *Biochem Pharmacol.*, 2021, no. 183, article id: 114302. DOI: 10.1016/j.bcp.2020.114302
30. Yi Y., Zhang M., Xue H., Yu R., Bao Y.-O., Kuang Y., Chai Y., Ma W., Wang J., Shi X. et al. Schaftoside inhibits 3CL^{pro} and PL^{pro} of SARS-CoV-2 virus and regulates immune response and inflammation of host cells for the treatment of COVID-19. *Acta Pharm Sin B.*, 2022, vol. 12, no. 11, pp. 4154–4164. DOI: 10.1016/j.apsb.2022.07.017
31. Arif Y., Singh P., Bajguz A., Hayat S. Phytoecdysteroids: Distribution, Structural Diversity, Biosynthesis, Activity, and Crosstalk with Phytohormones. *Int J Mol Sci.*, 2022, vol. 23, no. 15, pp. 8664. DOI: 10.3390/ijms23158664
32. Dinan L., Dioh W., Veillet S., Lafont R. 20-Hydroxyecdysone, from Plant Extracts to Clinical Use: Therapeutic Potential for the Treatment of Neuromuscular, Cardio-Metabolic and Respiratory Diseases. *Biomedicines*, 2021, vol. 9, no. 5, pp. 492. DOI: 10.3390/biomedicines9050492
33. Dioh W., Chabane M., Tourette C., Azbekyan A., Morelot-Panzini C., Hajjar L.A., Lins M., Nair G.B., Whitehouse T., Mariani J., Latil M., Camelo S., Lafont R., Dilda P.J., Veillet S., Agus S. Testing the efficacy and safety of BIO101, for the prevention of respiratory deterioration, in patients with COVID-19 pneumonia (COVA study): a structured summary of a study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 2021, vol. 22, no. 1, pp. 42. DOI: 10.1186/s13063-020-04998-5
34. Hussain A. A phylogenetic perspective of antiviral species of the genus *Artemisia* (Asteraceae – Anthemideae): A proposal of anti SARS-CoV-2 (COVID-19) candidate taxa. *J Herb Med.*, 2022, no. 36, article id: 100601. DOI: 10.1016/j.hermed.2022.100601
35. Kazachinskaia E.I., Romanova V.D., Ivanova A.V., Chepurinov A.A., Kononova Y.V., Shauro D.N., Romanyuk V.V., Shestopalov A.M. Inhibitory activity of dry ethanol extracts of *Artemisia* spp. on SARS-CoV-2 replication *in vitro*. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 4, pp. 111–129. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2-22-4-111-129
36. Zibareva L.N., Yeriomina V.I. *Sposob uvelicheniya stepeni izvlecheniya ecdisteroidov iz rastitel'nykh ob"ektov* [A method for increasing the degree of extraction of ecdysteroids from plant objects]. Patent of the Russian Federation no. 2472519C1 published in Bulletin of Inventions no. 2. 20.01.2013. (In Russian)
37. Zibareva L., Athipornchai A., Wonganan O., Suksamrarn A. Application of ultrasound to extraction of biologically active substances of some *Serratula* species. *International Journal of Food and Biosystems Engineering*. 2017, vol. 5, no. 1, pp. 31–37. Available at: <http://fabe.gr/en/journal/journal> (accessed 12.12.2022)
38. Zibareva L., Yeriomina V.I., Munkhjargal N., Girault J.-P., Dinan L., Lafont R. The Phytoecdysteroid Profiles of 7 Species of *Silene* (Caryophyllaceae). *Archives of insect biochemistry and physiology*, 2009, vol. 72, no. 4, pp. 234–248. DOI: 10.1002/arch.20331
39. Zibareva L.N., Filonenko E.S., Chernyak E.I., Morozov S.V., Kotelnikov O.A. Flavonoids of some plant species of the genus *Silene*. *Chemistry of plant raw materials*, 2022, no. 3, pp. 109–118. (In Russian) DOI: 10.14258/jcprm.20220310592
40. Teplyakova T.V., Pyankov O.V., Skarnovich M.O., Bormotov N.I., Poteshkina A.L., Ovchinnikova A.S., Kosogova T.A., Magerramova A.V., Markovich N.A., Filipova E.I. *Ingibitor replikatsii koronavirusa SARS-CoV-2 na osnove 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)
41. Kazachinskaia 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*. *South of Russia: ecology, development*, 2022, vol. 17, no. 2, pp. 76–90. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-76-90 (In Russian)
42. 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 id: 1216. DOI: 10.3390/ph14121216

43. 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
44. Kazachinskaya 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, pp. 1421. DOI: 10.3390/pathogens10111421
45. 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
46. 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, vol. 7, article id: 283. DOI: 10.3390/jcm7090283
47. Fisenko V.P. Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. In accordance with the order. Ministry of Health of the Russian Federation, Closed Joint Stock Company «Remedium», Moscow, 2000, 398 p. (In Russian)
48. Zibareva L.N., Yeriomina V.I., Ivanova N.A. New ecdysteroid species of the genus *Silene* L. and the dynamics of the content of ecdysterone in them. *Rast. Resources*, 1997, vol. 33, no. 3, pp. 73–76. (In Russian)
49. Mamadalieva N., Zibareva L., Evrard-Todeschi N., Girault J.-P., Maria A., Ramazonov N.Sh., Saatov Z., Lafont R. New minor ecdysteroids from *Silene viridiflora*. *Collect. Czech. Chem. Commun.*, 2004, vol. 69, pp. 1675–1680.
50. Zibareva L.N., Seliverstova A.A., Suksamrarn A., Morozov S.V., Chernjak E.I. Phytoecdysteroids from the Aerial Part of *Silene colpophylla*. *Chemistry of Natural Compounds*, 2014, vol. 50, no. 3, pp. 571–572. DOI: 10.1007/s10600-014-1021-x
51. Filonenko E.S., Zibareva L.N. Ecdysteroids and flavonoids *Silene graefferi*. *Chemistry of plant raw materials*, 2021, no. 1, pp. 175–182. (In Russian) DOI: 10.14258/jcprm.2021018294
52. Zibareva L. Distribution and levels of phytoecdysteroids in plants of genus *Silene* during development. *Archives of insect biochemistry and physiology*, 2000, vol. 43, pp. 1–8.
53. Zibareva L.N., Amosova E.N., Krylova S.G., Zueva E.P., Rybalkina O.Y., Plotnikov M.B., Aliyev O.I., Vasiliev A.S., Anishchenko A.M., Suslov N.I., Nesterova Yu.V., Povetyeva T.N., Afanasyeva O.G., Erst A.A., Razina T.G., Safonova E.A., Kiseleva E.A. *Rasteniya rodov Silene L. i Lychnis L. (Caryophyllaceae): sostav khimicheskikh komponentov i biologicheskaya aktivnost'* [Plants of the genera *Silene* L. and *Lychnis* L. (Caryophyllaceae): composition of chemical components and biological activity]. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2021, 496 p. (In Russian)
54. Mamadalieva N., Zibareva L., Saatov Z. Phytoecdysteroids of *Silene linicola*. *Chemistry of Natural Compounds*, 2002, vol. 38, pp. 268–271.
55. Zibareva L.N., Baltaev U.A., Revina T.A., Abubakirov N.K. Phytoecdysteroids of plants of the genus *Lychnis*. *Chemistry of natural compounds*. 1991, no. 4, pp. 584–585. (In Russian)
56. Zibareva L.N., Saatov Z., Abubakirov N.K. Stachisterone D, viticosterone E and α -ecdysone from *Lychnis chalconica*. *Chemistry of natural compounds*. 1991, no. 4, pp. 585–586. (In Russian)
57. Wang H., Zhang Y., Huang B., Huang B., Deng W., Quan Y., Wang W., Xu W., Zhao Y., Li N., Zhang J. et al. Development of an Inactivated Vaccine Candidate, BBIP-CoV, with Potent Protection against SARS-CoV-2. *Cell*, 2020, vol. 182, no. 3, pp. 713–721.e9. DOI: 10.1016/j.cell.2020.06.008
58. Popovici V., Bucur L., Gird C.E., Rambu D., Calcan S.I., Cuculea E.I., Costache T., Ungureanu-Iuga M., Oroian M., Mironeasa S., Schröder V., Ozon E.-A., Lupuliasa D., Caraiane A., Badea V. Antioxidant, Cytotoxic, and Rheological Properties of Canola Oil Extract of *Usnea barbata* (L.) Weber ex F.H. Wigg from Călimani Mountains, Romania. *Plants (Basel)*, 2022, vol. 11, no. 7, article id: 854. DOI: 10.3390/plants11070854
59. 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, pp. 298. DOI: 10.1186/s12906-019-2695-1
60. Galvao J., Davis B., Tilley M., Normando E., Duchon M.R., Cordeiro M.F. Unexpected low-dose toxicity of the universal solvent DMSO. *FASEB J.*, 2014, vol. 28, no. 3, pp. 1317–1330. DOI: 10.1096/fj.13-235440
61. Gironi B., Oliva R., Petraccone L., Paolantoni M., Morresi A., Vecchio P.D., Sassi P. Solvation properties of raft-like model membranes. *Biochim Biophys Acta Biomembr.*, 2019, vol. 1861, no. 11, article id: 183052. DOI: 10.1016/j.bbamem.2019.183052
62. Kanjanasirirat P., Suksatu A., Manopwisedjaroen S., Munyoo B., Tuchinda P., Jearawuttanakul K., Seemakhan S., Charoensutthivarakul S., Wongtrakongate P., Rangkasene N. et al. High-content screening of Thai medicinal plants reveals *Boesenbergia rotunda* extract and its component Panduratin A as anti-SARS-CoV-2 agents. *Sci Rep.*, 2020, vol. 10, no. 1, article id: 19963. DOI: 10.1038/s41598-020-77003-3
63. Xie P., Fang Y., Shen Z., Shao Y., Ma Q., Yang Z., Zhao J., Li H., Li R., Dong S., Wen W., Xia X. Broad antiviral and anti-inflammatory activity of Qingwenjiere mixture against SARS-CoV-2 and other human coronavirus infections. *Phytomedicine*, 2021, no. 93, article id: 153808. DOI: 10.1016/j.phymed.2021.153808
64. Zannella C., Giugliano R., Chianese A., Buonocore C., Vitale G.A., Sanna G., Sarno F., Manzin A., Nebbioso A., Termolino P., Altucci L., Massimiliano G., de Pascale D., Franci G. Antiviral Activity of *Vitis vinifera* Leaf Extract against SARS-CoV-2 and HSV-1. *Viruses*, 2021, vol. 13, no. 7, pp. 1263. DOI: 10.3390/v13071263
65. Nie C., Trimpert J., Moon S., Haag R., Gilmore K., Kaufer B.B., Seeberger P.H. In vitro efficacy of Artemisia extracts against SARS-CoV-2. *Virol J.*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 182. DOI: 10.1186/s12985-021-01651-8
66. Chuang S.-T., Buchwald P. Broad-Spectrum Small-Molecule Inhibitors of the SARS-CoV-2 Spike-ACE2 Protein-Protein Interaction from a Chemical Space of Privileged Protein Binders. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2022, vol. 15, no. 9, pp. 1084. DOI: 10.3390/ph15091084
67. Artese A., Svicher V., Costa G., Salpini R., Maio V.C.D., Alkhatib M., Ambrosio F.A., Santoro M.M., Assaraf Y.G., Alcaro S., Ceccherini-Silberstein F. Current status of antivirals and druggable targets of SARS-CoV-2 and other human pathogenic coronaviruses. *Drug Resist Updat.*, 2020, no. 53, article id: 100721. DOI: 10.1016/j.drug.2020.100721
68. Liu X.-H., Cheng T., Liu B.-Y., Chi J., Shu T., Wang T. Structures of the SARS-CoV-2 spike glycoprotein and applications for novel drug development. *Front Pharmacol.*, 2022, no. 13, article id: 955648. DOI: 10.3389/fphar.2022.955648
69. Cao J., Liu Y., Zhou M., Dong S., Hou Y., Jia X., Lan X., Zhang Y., Guo J., Xiao G., Wang W. Screening of Botanical Drugs against SARS-CoV-2 Entry Reveals Novel Therapeutic Agents to Treat COVID-19. *Viruses*, 2022, vol. 14, no. 2, pp. 353. DOI: 10.3390/v14020353
70. Kicker E., Tittel G., Schaller T., Pferschy-Wenzig E.-M., Zatloukal K., Bauer R. SARS-CoV-2 neutralizing activity of polyphenols in a special green tea extract preparation. *Phytomedicine*, 2022, no. 98, article id: 153970. DOI: 10.1016/j.phymed.2022.153970
71. Sahoo M.R., Umashankar M.S., Varier R.R. The research updated and prospects of herbal hard-boiled lozenges: a classical platform with promising drug delivery potential. *Int J App Pharm.*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 1–13. Available at: <https://innovareacademics.in/journals/index.php/ijap/article/view/40165> (accessed 30.11.2022)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Елена И. Казачинская провела эксперименты по исследованию ингибирующей активности, обработала результаты, оформила литературный обзор. Лариса Н. Зибарева внесла идею исследования, оформила литературный обзор, приготовила препараты *Silene* spp. Елена С. Филоненко приготовила препараты *Silene* spp., провела анализ БАВ высокоэффективной жидкостной хроматографией. Алла В. Иванова приготовила образцы сравнения, провела тестирование цитотоксичности растительных препаратов. Маликат М. Гаджиева и Казбек К. Бекшонов анализировали литературные данные и готовили рукопись до подачи в редакцию. Александр А. Чепурнов наработал SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020. Юлия В. Кононова культивировала клетки Vero, провела титрование вируса и подготовку аликвот с определенным инфекционным титром. Александр М. Шестопалов руководил организационной и материальной частью лабораторного 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. Kazachinskaia conducted experiments to study inhibitory activity and processed the results and also designed a literary review. Larisa N. Zibareva introduced the idea of research, issued a literary review, prepared preparations of *Silene* spp. Elena S. Filonenko prepared preparations of *Silene* spp., analyzed BAS with high-performance liquid chromatography. Alla V. Ivanova prepared comparison samples and tested the cytotoxicity of herbal preparations. Malikat M. Gadzhieva and Kazbek K. Bekshokov analyzed the literature data and prepared the manuscript for submission to the Editor. Alexander A. Chepurnov cultivated of SARS-CoV-2/human/RUS/Nsk-FRCFTM-1/2020. Yulia V. Kononova cultured Vero cells, titrated the virus and prepared aliquots with a certain infectious titer. Alexander M. Shestopalov led the organizational and material part of the laboratory research. 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. Kazachinskaia <https://orcid.org/0000-0002-1856-6147>

Лариса Н. Зибарева / Larisa N. Zibareva <https://orcid.org/0000-0002-4417-8340>

Елена С. Филоненко / Elena S. Filonenko <https://orcid.org/0000-0002-4287-8327>

Алла В. Иванова / Alla V. Ivanova <https://orcid.org/0000-0001-9102-6756>

Маликат М. Гаджиева / Malikat M. Gadzhieva <https://orcid.org/0009-0004-1940-3253>

Казбек К. Бекшонов / Kazbek K. Bekshokov <https://orcid.org/0000-0003-0147-1341>

Юлия В. Кононова / Yulia V. Kononova <https://orcid.org/0000-0002-3677-3668>

Александр А. Чепурнов / Alexander A. Chepurnov <https://orcid.org/0000-0002-5966-8633>

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

Оригинальная статья / Original article
УДК 556.18. (282.247.42)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93

Трансформация водопотребления и водоотведения в российской части бассейна трансграничной реки Урал

Александр П. Дёмин

ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия

Контактное лицо

Александр П. Дёмин, доктор географических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Институт водных проблем Российской академии наук; 119333 Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3.
Email deminap@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0140-3181>

Формат цитирования

Дёмин А.П. Трансформация водопотребления и водоотведения в российской части бассейна трансграничной реки Урал // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 82-93. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93

Получена 12 сентября 2022 г.

Прошла рецензирование 21 октября 2022 г.

Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Исследование трансформации водопотребления и водоотведения в российской части бассейна р. Урал в 1995–2020 гг. в связи с изменяющимися социально-экономическими и технологическими условиями.

Материалы и методы. Использовались данные государственной статистической отчетности (форма 2-ТП (водхоз)) за период 1995–2020 гг. Привлекались материалы Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г., сборников Министерства сельского хозяйства РФ «Агропромышленный комплекс России» по вводу в эксплуатацию орошаемых земель, региональных ФГБУ «Управление мелиорации земель», доклады о состоянии и об охране окружающей среды по субъектам РФ. Исследование проведено на основе системного подхода с использованием следующих методов: 1) аналитического (сбор и систематизация первичной информации); 2) специальных (составлены таблицы, построены диаграммы; 3) статистической обработки данных и сравнительного анализа.

Результаты. Выявлено, что с 1995 г. по 2020 г. забор воды в российской части бассейна р. Урал для удовлетворения нужд населения и хозяйства сократился в 2,4 раза. Среднесуточное удельное водопотребление на 1 жителя снизилось во всех регионах. Коэффициент водооборота в бассейне вырос с 73 до 88%. В последние годы начался рост площади орошаемых земель.

Заключение. Заметное сокращение водопотребления и водоотведения в российской части бассейна р. Урал связано в основном с падением объемов производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, а также с развитием оборотного водоснабжения в промышленности и внедрением водосберегающей техники в ЖКХ.

Ключевые слова

Бассейн р. Урал, забор воды, оборотное водоснабжение, среднесуточное удельное водопотребление, орошение земель, сточные воды.

Transformation of Water Consumption and Sanitation in the Russian Part of the Transboundary Ural River Basin

Alexander P. Demin

Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Alexander P. Demin, Doctor of Geography, Chief Researcher, Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences; 3 Gubkina St, Moscow, Russia 119333.

Email deminap@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0140-3181>

How to cite this article

Demin A.P. Transformation of Water Consumption and Sanitation in the Russian Part of the Transboundary Ural River Basin. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 82-93. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93

Received 12 September 2022

Revised 21 October 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. Study of the transformation of water consumption and wastewater disposal in the Russian part of the Ural River basin. Ural in 1995–2020 due to changing socio-economic and technological conditions.

Materials and Methods. The data of state statistical reporting (form 2-TP (vodkhoz)) for the period 1995–2020 were used. Materials of the All-Russian Agricultural Census of 2016, collections of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, "Agro-industrial Complex of Russia", on the commissioning of irrigated lands, the regional Department of Land Reclamation and reports on the state and environmental protection for the constituent entities of the Russian Federation were consulted. The study was carried out on the basis of a systematic approach using the following methods: (1) analytical (collection and systematization of primary information); (2) special (tables compiled, charts constructed; (3) statistical data processing and comparative analysis.

Results. It was revealed that from 1995 to 2020 water intake in the Russian part of the Ural River basin to meet the needs of the population and the economy was reduced by 2.4 times. The average daily specific water consumption per 1 inhabitant has decreased in all regions. The water cycle coefficient in the basin increased from 73 to 88%. In recent years, an increase in the area of irrigated land has begun.

Conclusion. There has been a noticeable reduction in water consumption and wastewater disposal in the Russian part of the Ural River basin. This is mainly due to the decline in industrial and agricultural production, as well as the development of circulating water supply in industry and the introduction of water-saving equipment in housing and communal services.

Key Words

Ural River basin. Ural, water intake, recycling water supply, average daily specific water consumption, land irrigation, wastewater.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы устойчивого использования водных ресурсов многообразны и обусловлены сочетанием природных и антропогенных факторов. Проблемы водопользования приобретают все большую актуальность в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, особенно в регионах с развитым промышленным и сельскохозяйственным производством. В России такое сочетание характерно для бассейна трансграничной реки Урал, территория которого относится к регионам с высоким природно-ресурсным потенциалом и интенсивным аграрно-промышленным развитием [1]. В то же время на многих водных объектах России отмечается снижение нагрузки на водные ресурсы в результате экономического спада и внедрения водосберегающих технологий [2]. Цель статьи – исследование трансформации водопотребления и водоотведения в российской части бассейна р. Урал в 1995–2020 гг. в связи с изменяющимися социально-экономическими и технологическими условиями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных материалов для анализа изменения объема забираемых и отводимых в поверхностные водные объекты бассейна р. Урал сточных вод использовались данные государственной статистической отчетности (форма 2-ТП (водхоз)) за период 1995–2020 гг., опубликованные в статистических сборниках «Водные ресурсы и водное хозяйство России в ... году», содержащиеся в материалах автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов Российской Федерации [3]. Для анализа развития орошаемого земледелия использовались материалы Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [4–7], данные сборников Министерства сельского

хозяйства РФ «Агропромышленный комплекс России в ... году» по вводу в эксплуатацию орошаемых земель в отдельных субъектах федерации, региональных ФГБУ «Управление мелиорации земель» по оценке и учету орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем, по наличию дождевальных машин и установок [8]. Привлекались доклады о состоянии и об охране окружающей среды по субъектам РФ [9–12], а также научные публикации [13; 14].

В соответствии с поставленными задачами исследование проведено на основе системного подхода с использованием следующих методов:

- 1) аналитического (сбор и систематизация первичной информации по объемам забираемых вод и отводимых сточных вод, площадям орошаемых и фактически поливаемых земель);
- 2) специальных (на основе собранных материалов были составлены таблицы, построены диаграммы;
- 3) статистической обработки данных и сравнительного анализа.

Полученные результаты и их обсуждение

Урал – третья по длине реки Европы (2428 км) с площадью бассейна (включая бессточные районы) около 380 тыс. км². Верховье бассейна находится в Республике Башкортостан и Челябинской области, средний участок – в Оренбургской области, нижний участок – в Актыбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях Республики Казахстан. Российская часть бассейна р. Урал занимает территорию площадью 123,2 тыс. км² (по данным [9; 11; 12]) (табл. 1). По данным ГИС (площадные объекты оцифрованы по карте масштаба 1:1 000 000) площадь бассейна российской части составляет 122,6 тыс. км².

Таблица 1. Административное деление территории бассейна р. Урал на территории РФ

Table 1. Administrative division of the territory of the Ural River basin in Russia

Субъект федерации Subject of the Federation	Всего в административных границах, тыс. км ² Total within administrative boundaries, thousand km ²	в том числе в бассейне р. Урал including in the Ural River basin		Численность населения на 01.01.2021, тыс. чел. Population on 01.01. 2021, thousand people	в том числе в бассейне р. Урал including in the Ural River basin	
		тыс. км ² thousand km ²	%		тыс. чел. thousand people	%
Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	142,4	28,6	20,1	4013,8	296,4	7,4
Челябинская область Chelyabinsk region	88,5	16,4	18,52	3442,8	511,3	14,9
Оренбургская область Orenburg region	123,7	78,2	63,2	1942,9	1500,5	77,2
Итого Total	354,6	123,2	34,7	9399,5	2308,2	24,6

Республика Башкортостан и Челябинская область занимают небольшую территорию бассейна, но их роль в формировании общей гидролого-экологической ситуации весьма высока [11; 12]. Здесь формируются значительные объемы речного стока, сбрасывается много загрязняющих веществ, как в составе сточных

вод, так и с диффузным стоком. Территория трех муниципальных районов Республики Башкортостан, а также городского округа Сибай входят в бассейн Урала полностью. Большая часть территории еще пяти районов (включая города Баймак и Учалы) – частично.

Численность сельского населения значительно преобладает над городским [15].

Из Челябинской области два муниципальных района входят в бассейн Урала полностью, еще четыре (включая два города и два поселка городского типа) – частично. Кроме того, здесь находится городской округ Магнитогорск с крупными промышленными предприятиями, что предопределяет значительное преобладание городского населения над сельским.

Почти две трети территории Оренбургской области расположены в бассейне Урала [9]. Одиннадцать муниципальных районов области входят в бассейн Урала полностью, еще 8 – частично. Кроме того, здесь расположены много промышленных центров: городские округа Оренбург, Гай, Кувандык, Медногорск, Новотроицк, Орск, Соль-Илецк, Ясный. В области развито как аграрное, так и промышленное производство. Всего в российской части бассейна Урала на 01.01.2021 г. проживало 2,31 млн человек, в том числе 1,55 млн горожан (17 городов и ПГТ).

В бассейне р. Урал функционирует сложившийся многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основные участники следующие: водоснабжение всех категорий (промышленное, включая тепловые электростанции, коммунально-бытовое и сельскохозяйственное), орошаемое земледелие, прудовое рыбное хозяйство (в начальный период). Структура водопотребления в российской и казахстанской частях бассейна существенно различалась как в советский период, так и в настоящее время. Так как в пределах

российской части бассейна сформированы крупные индустриальные центры, то основная доля водных ресурсов используется на производственные нужды. В казахстанской части более 80% воды используется на регулярное и лиманное орошение, а также на рыбное хозяйство [1; 13].

За период 1995–2020 гг. забор воды в российской части бассейна р. Урал для удовлетворения нужд населения и объектов экономики сократился в 2,4 раза – с 2,35 до 0,98 км³ [3]. Связано это в основном с падением объемов производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, и лишь частично с развитием оборотного водоснабжения и внедрением водосберегающей техники в ЖКХ (рис. 1).

Заметно три периода очевидных изменений объема водозабора – существенное падение в конце 1990-х гг., относительная стабильность в 2001–2012 гг. со снижениями в периоды экономических кризисов и дальнейшими подъемами впоследствии, и резкое падение после 2012 г. С 2013 г. стало значительно сокращаться производство электроэнергии, что потребовало меньших объемов воды для охлаждения генераторов. За 2012–2020 гг. забор воды в бассейне Урала по виду экономической деятельности «Обеспечение электрической энергией, газом и паром» снизился с 1,76 до 0,61 км³. Забор воды всеми потребителями из поверхностных источников сокращался более стремительными темпами (в 2,5 раза), чем из подземных источников (2 раза).

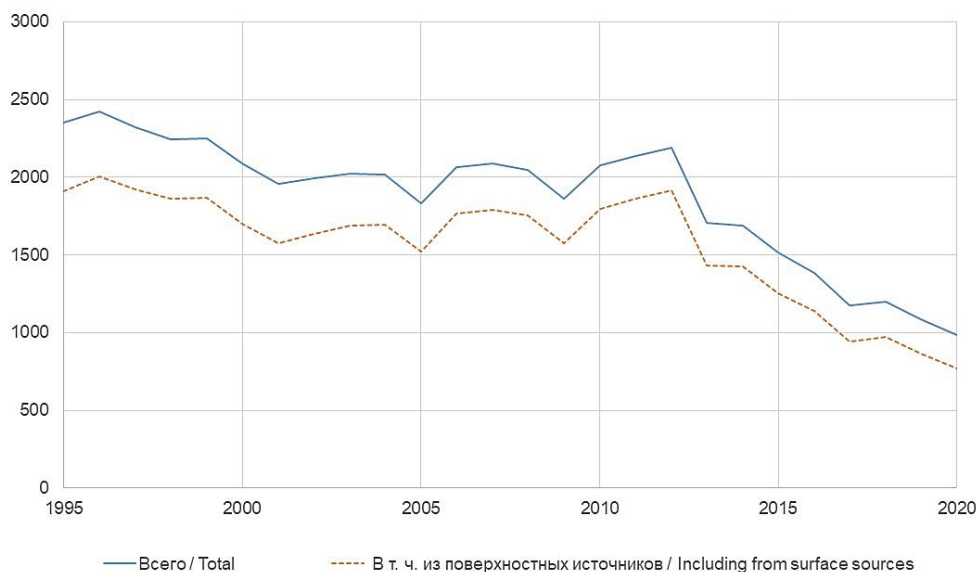


Рисунок 1. Забрано воды в российской части бассейна р. Урал, млн м³
Figure 1. Water withdrawn in the Russian part of the Ural River basin, mln m³

Помимо собственно бассейна р. Урал имеется вся водохозяйственная информация по бассейну его крупнейшего притока р. Сакмара. Река Сакмара протяженностью 798 км с площадью водосбора 30,2 тыс. км² протекает через территории Башкортостана и Оренбургской области. Здесь нет крупных предприятий промышленности и энергетики и объем водопотребления относительно невелик. За период 1995–2020 гг. забор воды в бассейне Сакмары сократился в 2,5 раза – с 99 до 39 млн м³, причем забор

из поверхностных источников сократился в 5,6 раза, из подземных – в 2 раза. В настоящее время объем забора воды из подземных источников в бассейне в 6 раз превосходит величину забора из поверхностных источников.

Объем использования воды на все нужды за 25-летний период сократился в 2,5 раза, однако темпы и причины снижения по различным видам водопользования различаются очень сильно (рис. 2).

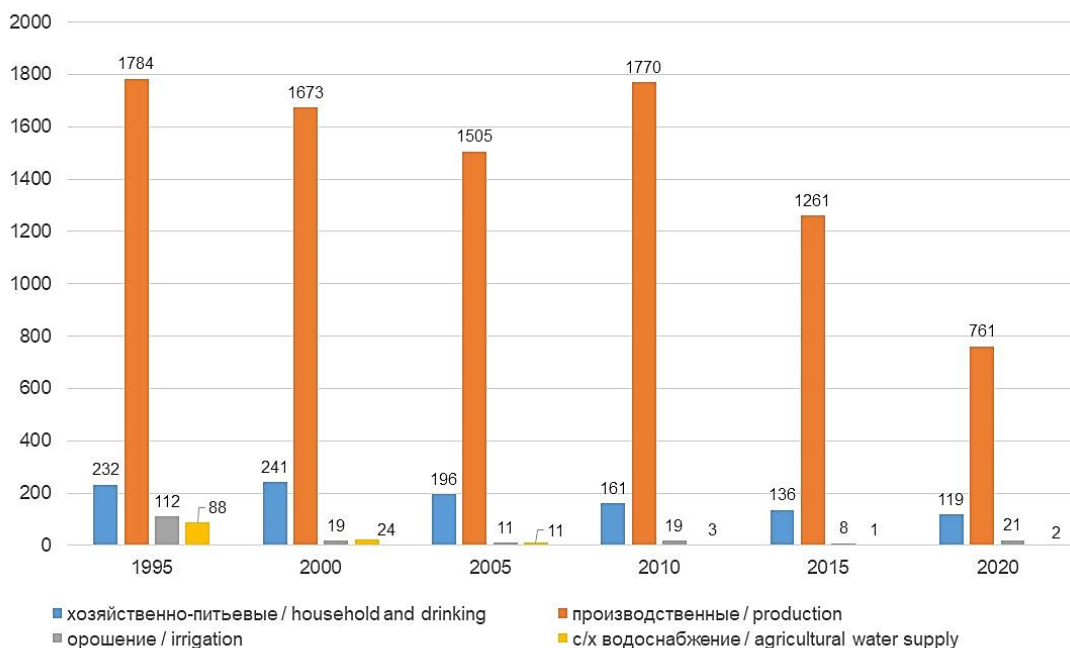


Рисунок 2. Использовано пресной воды на различные нужды в бассейне р. Урал, млн м³

Figure 2. Fresh water used for various needs in the Ural River basin, mln m³

Водопользование на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды населения в начальный период росло, так как во многих населенных пунктах, особенно в сельской местности и малых городах, строились водопроводы и росло благоустройство жилого фонда. После 2000 г. в результате различных причин объем водопотребления населением в бассейне Урала сократился в 2 раза – с 241,3 до 118,9 млн м³. Одна из причин – снижение численности населения, как и в большинстве регионов России. Так, в Челябинской части бассейна Урала с 2002 по 2021 гг. население сократилось на 31,5 тыс. чел. (5,9%), на территории Республики Башкортостан – на 24,3 тыс. чел. (6,8%), в Оренбургской части бассейна Урала – на 124,1 тыс. чел. (7,6%).

Но более важная причина – снижение удельного среднесуточного водопотребления жителями в результате установки водосчетчиков, применения водосберегающей техники и арматуры. С уходом из черты городов больших производственных комплексов основными потребителями воды стали его жители. Они изменили подход к использованию ресурсов, когда вступил в силу новый закон об энергосбережении. Раньше все платили за коммунальные услуги по установленному тарифу, и использованное количество ресурса на размере платежа никак не сказывалось. При использовании как 100 литров воды, так и 500 литров, стоимость была одинаковой. Когда законодательство изменилось, жители начали массово устанавливать счетчики на воду. И теперь они платят по их показаниям. Жители стали выбирать бытовую и санитарную технику, которая более эффективно расходует ресурсы. Не отстают от тенденций и производители, предлагая новые модели и технологии. Для некоторых категорий жителей существенным оказался рост тарифов на воду. В результате среднесуточное потребление воды на коммунальные нужды жителями резко снизилось (табл. 2).

Максимальное сокращение удельного водопотребления произошло в Башкортостане (1,9 раза за 16 лет). Незначительные величины потребления воды из систем централизованного водоснабжения связаны с преобладанием здесь сельского населения. Как известно, благоустройство жилого фонда сельских населенных пунктов и оборудование их водопроводом значительно уступает благоустройству жилого фонда городов. В Челябинской и Оренбургской областях доля городского населения значительно выше, что и отразилось на более высоких показателях водопотребления.

В абсолютном выражении максимально сократился объем водопотребления на производственные нужды – с 1784 до 761 млн м³ за 25 лет. Основной объем воды в промышленности бассейна Урала (94–97%) расходуется в таких отраслях как энергетика и металлургия. За последние десятилетия объем производства в этих отраслях заметно сократился, что и явилось главной причиной снижения водопотребления. Кроме того, сказался рост оборотного водоснабжения. Самые значимые по объему системы оборотного и повторного водоснабжения находятся в таких отраслях промышленности как металлургия, энергетика, топливная промышленность [9].

При сокращении объема использования свежей воды на производственные нужды в 2,3 раза, объем оборотной и повторно-последовательной воды увеличился с 4,94 до 5,49 км³, а объем суммарного водоснабжения на производственные нужды снизился незначительно [3]. Коэффициент водооборота (отношение объема оборотного и повторно-последовательного водопотребления к валовому водопотреблению на производственные нужды) в целом по бассейну Урала за этот период вырос с 73,5 до 87,8%. В конце 1990-х гг. он снижался, но после 2000 г. стал заметно расти.

Таблица 2. Динамика удельного потребления воды на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды на территории субъектов федерации российской части бассейна р. Урал, л (сут.·чел.)

Table 2. Dynamics of specific water consumption for drinking and household needs in the territory of the federal subjects of the Russian part of the Ural River basin, l (day person)

Год Year	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Челябинская область Chelyabinsk region	Оренбургская область Orenburg region
2004	123	312	240
2005	111	296	215
2006	104	280	213
2007	99	266	216
2008	96	256	213
2009	90	216	215
2010	85	169	211
2011	59	205	184
2012	60	247	168
2013	64	214	155
2014	75	171	154
2015	73	168	168
2016	73	160	148
2017	69	162	117
2018	69	166	130
2019	92	162	139
2020	66	174	144

Объем использования воды на производственные нужды в промышленности бассейна р. Сакмара незначителен и в 1995 г. составлял около 29 млн м³. Основной объем воды на производственные нужды в бассейне (около 90%) расходуется в таких отраслях как

энергетика и ЖКХ. Коэффициент водооборота в бассейне Сакмары уже в 1995 г. превышал 91%, тем не менее он постепенно увеличивался и к 2020 г. достиг почти 95% (рис. 3).

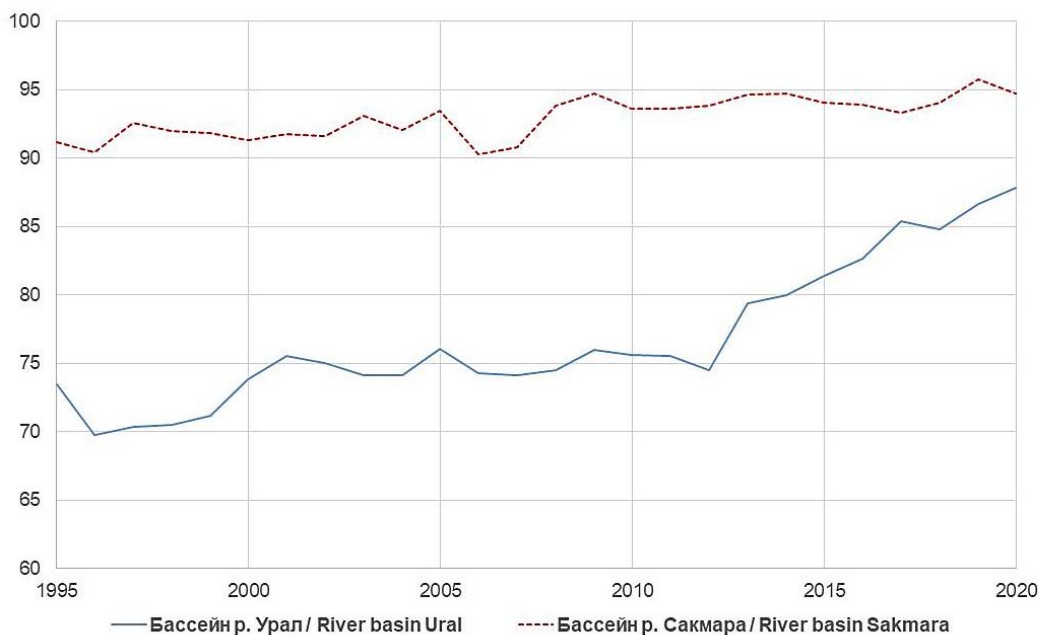


Рисунок 3. Динамика коэффициента водооборота в бассейне р. Урал и бассейне р. Сакмара, %

Figure 3. Dynamics of the water turnover coefficient in the Ural River basin and the Sakmara river basin, %

Орошаемое земледелие в бассейне Урала активно развивалось в 1970–1980-е гг. Однако с начала 1990-х гг. площадь орошаемых земель (ОЗ) стала существенно сокращаться. Наиболее резко этот процесс шел в 1990-е гг. Одна из главных причин сложившегося положения заключалась в отсутствии необходимого финансового обеспечения отрасли как со стороны хозяйств – водопотребителей, так и со стороны водохозяйственных эксплуатационных организаций. Если до 1990 г.

содержание насосных станций финансировалось из бюджета государства, то с 1991 г. труд обслуживающего персонала и электроэнергия оплачивались хозяйствами, а с 1993 г. все затраты по ремонту и эксплуатации внутрихозяйственной оросительной сети должны возмещать хозяйства. Практически разрушена ранее созданная централизованно управляемая система мелиорации земель в стране. Отмечался резкий спад парка дождевальных и поливальных машин [8], объемов

ремонтных работ на насосных станциях, каналах, гидротехнических сооружениях, трубопроводах.

Утвержденная Правительством РФ Государственная комплексная программа повышения плодородия почв выполнялась неудовлетворительно. Государственные инвестиции в мелиорацию земель в 1991–1995 гг. сократились в 16 раз, а на содержание и ремонт мелиоративных систем операционных средств выделялось в размере 25–30% от потребности. В связи с резким удорожанием электроэнергии и услуг водохозяйственных организаций хозяйства отказывались заключать договоры на эксплуатацию оросительных

систем, что приводило к прекращению полива орошаемых земель. Часть ОЗ передавалась в собственность слабым в финансовом отношении крестьянским хозяйствам (фермерам). Значительные площади ОЗ не поливались из-за отсутствия оборудования, запасных частей, разрывов трубопроводов, ухудшения ремонтной базы.

В связи с такой негативной ситуацией темпы снижения площади фактически политых сельскохозяйственных угодий значительно опережали темпы снижения наличия площади ОЗ. Если в начале 90-х гг. в регионах бассейна Урала поливалось ~ 90% земель, то к 2020 г. эта цифра снизилась до 10–20% (табл. 3).

Таблица 3. Динамика фактически политых орошаемых угодий, % от наличных угодий

Table 3. Dynamics of actually watered irrigated lands, % of available lands

Год Year	Фактически полито орошаемых угодий, % от наличных Actually watered irrigated lands, % of that available		
	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Челябинская область Chelyabinsk region	Оренбургская область Orenburg region
1990	39,8	92,7	89,5
1995	50,2	29,9	60,9
2000	53,9	2,3	63,8
2005	69,1	5,1	30,0
2006	69,1	19,7	32,2
2007	64,5	27,3	16,9
2008	64,5	27,3	16,2
2009	83,4	25,4	22,7
2010	88,2	23,8	27,1
2011	59,2	8,0	26,8
2012	41,0	19,3	22,9
2013	22,0	17,8	22,1
2014	23,2	21,2	22,1
2015	25,5	21,2	18,9
2016	30,1	19,5	18,9
2017	25,4	19,5	20,8
2018	17,0	20,0	20,1
2019	21,3	20,0	18,8
2020	10,3	21,5	18,7

Еще более значительно за этот период сократилось количество дождевальных машин и установок – от 10 раз в Республике Башкортостан до 36 раз в Челябинской области (табл. 4).

Имеющаяся отчетность о наличии площади ОЗ, посылаемая региональными управлениями мелиорации и водного хозяйства в департамент мелиорации Министерства сельского хозяйства (МСХ) РФ, весьма недостоверна. В [14] отмечено, что с 2006 по 2016 гг. площадь мелиорированных земель (орошаемых и осушаемых) сократилась на 40%, что существенно выше данных, показываемых МСХ РФ.

Наиболее достоверные данные по площади мелиорированных земель содержат материалы Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [4–7]. Подготовка к переписи длится обычно несколько лет, ее проводят высококвалифицированные кадры. Информация по мелиорированным землям представлена по каждому муниципальному району, отдельно по орошаемым и осушаемым землям, а также в разрезе отдельных пользователей – сельхозорганизаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, индивидуальных предпринимателей. Вместе с тем, по ряду муниципальных образований информация не публикуется в целях обеспечения конфиденциальности первичных статисти-

ческих данных, что затрудняет отнесения территорий к тому или иному бассейну.

Если по данным Департамента мелиорации, основанным на отчетах управлений мелиорации водного хозяйства субъектов федерации и публикуемых в Государственных (национальных) докладах о состоянии и использовании земель в Российской Федерации, в 2016 г. в России имелось 4670,6 тыс. га ОЗ, то по итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи она составляла 1816,5 тыс. га. Сравнение данных по регионам показали огромные различия. Так, в Оренбургской области площадь ОЗ в 2016 г. по данным регионального управления по мелиорации в 5 раз превышала аналогичную по итогам переписи, в Челябинской области – в 13 раз, а в Башкортостане она оказалась на 4,5% меньше, чем в переписи.

Расчет площади ОЗ в бассейне р. Урал был основан на итогах сельскохозяйственной переписи 2016 г. по 3 субъектам федерации. Данные по площади ОЗ за более ранние годы определялись как разность между площадью в 2016 г. и площадью введенных в эксплуатацию ОЗ в результате нового строительства и реконструкции ОЗ за соответствующие периоды, взятые из статистических сборников по агропромышленному комплексу, опубликованных в 2010 и 2013 гг. Данные по приросту ОЗ после 2016 г. брались из сборников по АПК за 2016 и 2021 гг.

Таблица 4. Количества дождевальных машин и установок в сельскохозяйственных организациях регионов бассейна Урала**Table 4.** Number of sprinkling devices and installations in agricultural organizations in the regions of the Ural River basin

Год Year	Количество дождевальных машин и установок, штук Number of sprinkling devices and installations, pieces		
	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Челябинская область Chelyabinsk region	Оренбургская область Orenburg region
1990	1776	1736	2164
1995	992	1401	1422
2000	455	522	433
2005	275	103	196
2006	239	66	173
2007	242	61	141
2008	227	66	131
2009	204	45	124
2010	201	52	117
2011	194	64	104
2012	200	60	98
2013	206	59	86
2014	63	54	83
2015	173	50	79
2016	188	40	73
2017	182	41	84
2018	173	44	62
2019	181	48	105

В последние годы в мелиоративном комплексе России наметились положительные сдвиги – улучшилось и приобрело большую стабильность федеральное финансирование, возросли размеры финансового участия в мелиорации земель местных органов и сельских товаропроизводителей, снизились темпы списания мелиорируемых земель. В связи с принятой Федеральной целевой программой «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [18] началось возрождение мелиорации в стране и площадь ОЗ в бассейне р. Урал стала понемногу расти (табл. 5).

В связи с этим возрос и объем использования воды на нужды регулярного орошения. Так, в 2021 г. он приблизился к величинам, характерным для конца 1990-х гг. и, несомненно, будет расти и дальше (табл. 6).

Наиболее быстро развивается орошение в Оренбургской области. Она входит в зону рискованного

земледелия и необходимость развития здесь мелиорации земель обусловлена климатическими особенностями региона: засушливым климатом (осадки 250–350 мм в год), высокой солнечной активностью в период вегетации растений, часто повторяющимися засухами. В области действует ведомственная программа по развитию мелиоративного комплекса, а с 2019 года дополнительно реализуется федеральный проект «Экспорт продукции АПК», в рамках которого на мелиорацию выделяется значительно больше средств. Так, только в 2019–2020 гг. в рамках проекта в бассейне Урала введено в оборот 3369 га орошаемых земель. В конце 2021 г. введено в оборот еще два объекта: на Черновской оросительной системе в Илекском районе (646,6 га) и в Ташлинском районе (1297 га). Для последнего объекта приобретено 14 австрийских дождевальных машин. Здесь намерены выращивать многолетние травы, сою, кукурузу на силос и зерно.

Таблица 5. Площадь орошаемых земель в российской части бассейна р. Урал, тыс. га**Table 5.** The area of irrigated land in the Russian part of the Ural River basin, thousand ha

Год Year	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Челябинская область Chelyabinsk region	Оренбургская область Orenburg region	Итого бассейн Урала Total Ural basin
2007	10,61	0,84	6,60	18,05
2008	10,61	0,84	6,83	18,28
2009	10,61	0,84	6,95	18,40
2010	10,61	0,84	7,20	18,65
2011	10,61	0,84	7,45	18,90
2012	10,61	0,84	7,45	18,90
2013	11,77	1,04	7,59	20,39
2014	11,77	1,04	7,76	20,57
2015	11,77	1,04	7,91	20,72
2016	11,77	1,04	7,91	20,72
2017	12,24	1,04	8,94	22,22
2018	12,53	1,04	9,49	23,05
2019	12,70	1,04	11,92	25,66
2020	12,90	1,04	13,30	27,24

Таблица 6. Объем использования воды на нужды регулярного орошения в российской части бассейна р. Урал, млн м³

Table 6. Volume of water used for regular irrigation in the Russian part of the Ural River basin, mln m³

Год Year	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan	Челябинская область Chelyabinsk region	Оренбургская область Orenburg region	Итого бассейн Урала Total Ural Basin
2007	0,66	0,12	10,12	10,90
2008	1,26	0,22	5,44	6,92
2009	1,97	0,21	10,50	12,68
2010	1,94	0,23	16,68	18,86
2011	1,11	0,38	14,36	15,86
2012	1,07	0,38	12,85	14,30
2013	0,90	0,26	10,05	11,22
2014	1,04	0	10,73	11,77
2015	1,03	0,23	6,76	8,03
2016	1,12	0,06	8,58	9,76
2017	1,14	0,05	9,08	10,28
2018	1,21	0,06	11,05	12,31
2019	1,12	0,06	9,66	10,84
2020	0,55	0,21	19,97	20,72
2021	0,42	0,24	25,18	25,84

За период 1995–2020 гг. объем сброса сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал сократился в 2,5 раза – с 1902 до 755 млн м³. Связано это в основном с сокращением

забора воды для нужд населения и объектов экономики в связи с падением производства промышленной и сельскохозяйственной продукции, переходом на замкнутые системы водоснабжения и внедрением водосберегающей техники в ЖКХ (рис. 4).

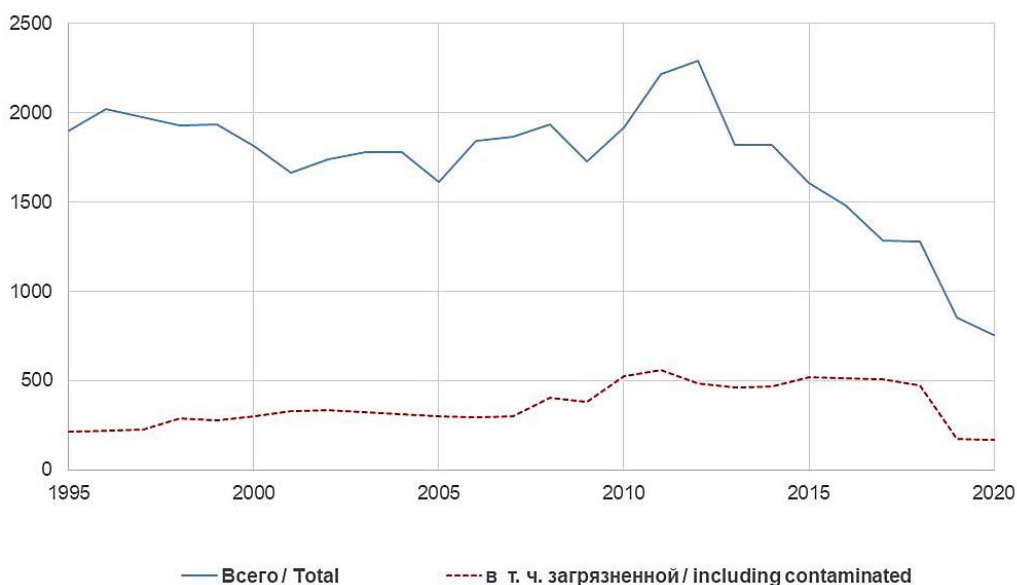


Рисунок 4. Сброшено сточной, шахтно-рудничной и коллекторно-дренажной воды в поверхностные водные объекты российской части бассейна р. Урал, млн м³

Figure 4. Sewage, mining and collector-drainage water discharged into surface water bodies of the Russian part of the Ural River basin, mln m³

Очевидны три периода изменений объема водоотведения – заметное падение в конце 1990-х гг., относительная стабильность и подъем в конце периода 2001–2012 гг. в связи с экономическим ростом, и резкое падение после 2012 г. С 2013 г. стало значительно сокращаться производство электроэнергии, что потребовало меньших объемов воды для охлаждения генераторов. За 2012–2020 гг. сброс сточных вод в бассейне Урала по виду экономической деятельности

«Обеспечение электрической энергией, газом и паром» снизился с 1714 до 587 млн м³ (2,9 раза). По металлургическому производству сброс сточных вод сократился с 387 до 26 млн м³ (15 раз), что связано в основном с прекращением в ноябре 2018 г. сброса сточных вод ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» в русло Урала и переходом на замкнутую систему водоснабжения. Был построен дополнительный резервуар для забора воды на производст-

венные нужды. Длина дамбы 2,5 км со средней высотой 7 м, площадь резервуара-охладителя 1,3 млн м² общей емкостью 9,5 млн м³ [19].

Наблюдалось поступательное повышение доли загрязненных сточных вод в общем объеме отводимых сточных вод – с 11,4% в 1995 г. до 39,7% в 2017 г. С прекращением сброса загрязненных сточных вод в р. Урал на Магниторском комбинате эта доля снизилась до 20–22%. При этом большая часть загрязненных сточных вод сбрасывалась в водоприемники недостаточно очищенными. Так, в 2020 г. из общего количества

воды, относимой к категории загрязненной, 23,8 млн м² сбрасывалось без очистки, а 144,3 млн м² – недостаточно очищенной. Объем нормативно очищенных сточных вод на сооружениях очистки за этот период также сократился – с 71,28 до 1,83 млн м³, или в 39 раз. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, за 25 лет в бассейне Урала снизилась с 24,8 до 1,1%. Итак, до нормативов в 2020 г. очищался только каждый девяностый кубометр воды, требующей очистки (табл. 7).

Таблица 7. Сброшено сточной, шахтно-рудничной, карьерной и коллекторно-дренажной воды в бассейне р. Урал, млн м³

Table 7. Discharged waste, mine, quarry and collector-drainage water of the Ural River basin, mln m³

Год Year	Сброшено сточной, шахтно-рудничной, карьерной и коллекторно-дренажной воды, млн м ³ Discharged waste, mine, quarry and collector-drainage water, mln m ³				Доля загрязнен- ной воды в общем объеме сброшенной воды, % Share of polluted water in the total volume of discharged water, %	Доля нормативно очищенной воды в объеме сточных вод, требующих очистки, % Share of treated water in the volume of wastewater requiring treatment, %
	Всего Total	Всего загряз- ненной Total contamin ated	В т.ч. без очистки Including without cleaning	Норма- тивно чистой Regulator y cleaned	Нормативно очищенной на сооружениях очистки Regulatory cleaned at the cleaning facilities	
1995	1902,3	216,11	3,99	1614,9	71,28	24,80
2000	1815,9	300,27	15,92	1515,6	0,03	0,01
2001	1665,0	329,48	45,95	1335,4	0,03	0,01
2002	1740,3	336,98	43,77	1403,4	0	0
2003	1777,8	324,32	40,91	1453,5	0	0
2004	1776,4	312,51	39,48	1463,9	0,01	0
2005	1611,1	302,52	40,43	1308,6	0,04	0,01
2006	1843,6	295,23	40,87	1548,3	0,04	0,01
2007	1866,2	303,54	44,19	1562,7	0,01	0
2008	1935,2	404,99	144,1	1530,0	0,20	0,05
2009	1727,4	379,23	132,13	1348,0	0,10	0,03
2010	1918,8	525,84	100,49	1377,5	15,38	2,84
2011	2217,6	558,86	106,92	1658,4	0,40	0,07
2012	2290,9	482,32	28,85	1807,9	0,75	0,16
2013	1817,3	463,83	32,43	1351,4	1,14	0,25
2014	1817,1	467,09	28,24	1348,7	1,31	0,28
2015	1604,2	521,49	26,73	1081,2	1,51	0,29
2016	1482,4	512,26	27,59	969,12	1,02	0,20
2017	1283,8	509,84	27,21	771,54	2,40	0,47
2018	1276,7	472,05	25,32	802,53	2,13	0,45
2019	854,02	175,00	24,41	677,41	1,62	0,92
2020	755,34	168,18	23,84	585,33	1,83	1,08

Несмотря на ощутимое сокращение поступления загрязняющих веществ со сточными водами, качество воды в р. Урал не улучшилось. Так, в большинстве створов р. Урал удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в 2019 г. превышал значения 2005 г. [9; 10]. Очевидно, одновременно происходило увеличение загрязнений, поступающих от диффузных источников (свалок, промплощадок, урбанизированных территорий, сельскохозяйственных полей и т.д.) и донных отложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заметное сокращение водопотребления и водоотведения в российской части бассейна р. Урал связано в основном с падением объемов производства

промышленной и сельскохозяйственной продукции, а также с развитием оборотного водоснабжения в промышленности.

Отмечается повсеместное снижение удельного среднесуточного водопотребления жителями в результате установки водосчетчиков, применения водосберегающей техники и арматуры. Для некоторых категорий жителей существенным оказался рост тарифов на воду.

Если в начале 90-х гг. в регионах бассейна Урала фактически поливалось ~ 90% орошаемых земель, то к 2020 г. эта цифра снизилась до 10–20%. Количество дождевалов машин и установок сократилось – от 10 раз в Республике Башкортостан до 36 раз в Челябинской области. В последние годы началось

возрождение мелиорации в стране, без которой невозможно получать устойчивые урожаи в засушливых условиях. Площадь орошения в бассейне р. Урал стала понемногу расти, а объем использования воды на нужды регулярного орошения в 2021 г. приблизился к величинам, характерным для конца 1990-х гг. и, несомненно, будет расти и дальше.

Объем нормативно очищенных сточных вод на сооружениях очистки за 1995–2020 гг. сократился в 39 раз. Доля нормативно очищенной воды в общем объеме сточных вод, требующих очистки, в российской части бассейна Урала снизилась с 24,8 до 1,1%.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Опубликовано при поддержке гранта РГО – Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейнах рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата». Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0001 государственного задания ИВП РАН

ACKNOWLEDGMENT

Published with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference “Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change”. The work was carried out within the framework of theme No. FMWZ-2022-0001 of the State Assignment of the IVP RAS.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. N 4. С. 504–516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
2. Демин А.П. Водообеспечение населения и объектов экономики в бассейне реки Дон: современное состояние и проблемы // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. N 6. С. 767–778. DOI: 10.31857/S0321059620060048
3. Данные наблюдений за объемом вод при водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах (по форме 2-ТП (водхоз)) // Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.sknivh.ru/index.php?id=513> (дата обращения: 15.07.2022)
4. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года в Челябинской области (в 7 томах). Т. 3. Земельные ресурсы и их использование. Челябинск: Челябинскстат. 2018. 104 с.
5. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по муниципальным образованиям Республики Башкортостан (в 6 томах). Т. 3. Земельные ресурсы и их использование. Уфа: Башкортостанстат. 2018. 238 с.
6. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года (в 6 томах) // Территориальный орган гос. статистики по Оренбургской области. Оренбург. 2018. 104 с.
7. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. В 8 т. // Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИ. Статистика России. 2018. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование. 307 с. URL: https://www.gks.ru/storage/mediabank/VSP_2016_T_3_web.pdf (дата обращения: 19.08.2022).

8. Наличие сельскохозяйственной техники. URL: <http://fedstat.ru> (дата обращения: 15.07.2022)
9. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2019 году. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 15.07.2022)
10. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2012 году. URL: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (дата обращения: 15.07.2022)
11. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2020 году. URL: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures> (дата обращения: 15.07.2022)
12. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2020 году. URL: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayus> [hhejsredychely/informaciyaobekologicheskosit.htm](https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayus) (дата обращения: 15.07.2022)
13. Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е., Гончаров А.В., Кенжебаева А.Ж. Особенности современного водопользования в нижнем течении р. Урал, его проблемы и гидроэкологические последствия // Вопросы степеведения. 2022. N 1. С. 28–49. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-28-49
14. Петриков А.В. Использование инновационных технологий различными категориями хозяйств и совершенствование научно-технологической политики в сельском хозяйстве // АПК: экономика, управление. 2018. N 9. С. 4–11.
15. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 15.07.2022)
16. Почти на 90 литров в сутки на человека сократили москвичи потребление воды за 10 лет. URL: <https://www.mosvodokanal.ru/press/smi/11270> (дата обращения: 15.07.2022)
17. Демин А.П. Водообеспечение сельского хозяйства в бассейне реки Дон: тренды, проблемы, прогноз // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2021. N 2. С. 38–45. DOI: 10.32935/2221-7312-2021-48-2-38-45
18. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». URL: <http://docs.cntd.ru/document/499051291> (дата обращения: 15.07.2022)
19. ММК планомерно снижает вредное воздействие на реку Урал. URL: <https://news.rambler.ru/ecology/43266982-mmik-planomerno-snizhaet-vrednoe-vozddeystvie-na-reku-ural/> (дата обращения: 15.07.2022)

REFERENCES

1. Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of sustainable water use in the transboundary basin of the Ural river. *Water resources*, 2017, vol. 44, no. 4, pp. 504–516. (In Russian) DOI: 10.7868/S0321059617040162
2. Demin A.P. Water supply of the population and economic facilities in the Don river basin. Current state and problems. *Water resources*, 2020, vol. 47, no. 6, pp. 767–778. (In Russian) DOI: 10.31857/S0321059620060048
3. *Dannye nablyudenii za ob'emom vod pri vodopotreblenii i vodootvedenii na vseh vodnykh ob'ektakh (po forme 2-TP (vodkhov))* [Automated information system for state monitoring of water bodies]. Available at: <https://gmvo.sknivh.ru/index.php?id=513> (accessed 15.07.2022)
4. *Itogi Vserossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi perepisi 2016 goda v Chelyabinskoi oblasti (v 7 tomakh)*, vol. 3, *Zemel'nye resursy i*

ikh ispol'zovanie [Results of the All-Russian agricultural census of 2016 in the Chelyabinsk region, In 7 volumes, vol. 3, Land resources and their use]. Chelyabinsk, Chelyabinskstat Publ., 2018, 104 p. (In Russian)

5. *Itogi Vserossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi perepisi 2016 goda po munitsipal'nym obrazovaniyam Respubliki Bashkortostan (v 6 tomakh)*, vol. 3, *Zemel'nye resursy i ikh ispol'zovanie* [Results of the All-Russian agricultural census of 2016 for municipalities of the Republic of Bashkortostan (in 6 volumes), vol. 3, Land resources and their use]. Ufa, Bashkortostanstat Publ., 2018, 238 p. (In Russian)

6. *Itogi Vserossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi perepisi 2016 goda (v 6 t.)*, *Territorial'nyi organ gos. statistiki po Orenburgskoi oblasti* [Results of the All-Russian agricultural census of 2016 (in 6 volumes), vol. 3, Land resources and their use, Territorial body of state statistics for the Orenburg region]. Orenburg, 2018, 197 p. (In Russian)

7. *Itogi Vserossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi perepisi 2016 goda (v 8 t.)*, *Federal'naya sluzhba gos. statistiki*, vol. 3, *Zemel'nye resursy i ikh ispol'zovanie* [Results of the All-Russian Agricultural Census of 2016 (in 8 volumes), Federal state service. Statistics, vol. 3, Land resources and their use]. Moscow, IITs, Statistika Rossii Publ., 2018, 307 p. Available at: https://www.gks.ru/storage/mediabank/VSP_2016_T_3_web.pdf (accessed 19.08.2022).

8. *Nalichie sel'skokhozyaistvennoi tekhniki* [Availability of agricultural equipment]. Available at: <http://fedstat.ru> (accessed 15.07.2022)

9. *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti v 2019 godu* [State report on the state and protection of the environment of the Orenburg region in 2019]. Available at: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (accessed 15.07.2022)

10. *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti v 2012 godu* [State report on the state and environmental protection of the Orenburg region in 2012]. Available at: <https://mpr.orb.ru/activity/624> (accessed 15.07.2022)

11. *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii prirodnikh resursov i okruzhayushchei sredy Respubliki Bashkortostan v 2020 godu* [State report on the state of natural resources and the environment of the Republic of Bashkortostan in 2020]. Available at:

<https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures> (accessed 15.07.2022)

12. *Doklad ob ekologicheskoi situatsii v Chelyabinskoi oblasti v 2020 godu* [Report on the environmental situation in the Chelyabinsk region in 2020]. Available at: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushejsredychelyabinskoinformaciyaobekologicheskosit.htm> (accessed 15.07.2022)

13. Magritsky D.V., Efimova L.E., Goncharov A.V., Kenzhebaeva A.Zh. Features of modern water use in the lower reaches of the river. Ural, its problems and hydroecological consequences. *Problems of steppe science*, 2022, no. 1, pp. 28–49. (In Russian) DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-28-49

14. Petrikov A.V. The use of innovative technologies by various categories of farms and the improvement of scientific and technological policy in agriculture. *APK: ekonomika. upravlenie* [APK: economy. Control]. 2018, no. 9, pp. 4–11. (In Russian)

15. *Chislennost' naseleniya Rossiiskoi Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2021 goda* [Population of the Russian Federation by municipalities as of January 1, 2021] Available at: <https://rosstat.gov.ru> (accessed 15.07.2022)

16. *Pochti na 90 litrov v sutki na cheloveka sokratili moskvichi potreblenie vody za 10 let* [Muscovites have reduced water consumption by almost 90 liters per person per day in 10 years] Available at:

<https://www.mosvodokanal.ru/press/smi/11270> (accessed 15.07.2022)

17. Demin A.P. Water Supply for Agriculture in the Don River Basin: Trends, Problems, Forecast. *Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex*, 2021, no. 2, pp. 38–45. (In Russian) DOI: 10.32935/2221-7312-2021-48-2-38-45

18. *Federal'naya tselevaya programma «Razvitie melioratsii zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Rossii na 2014–2020 gody»* [Federal target program "Development of melioration of agricultural lands in Russia for 2014–2020"]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/499051291> (accessed 15.07.2022)

19. *MMK planomerno snizhaet vrednoe vozdeistvie na reku Ural* [MMK systematically reduces the harmful impact on the Ural River]. Available at:

<https://news.rambler.ru/ecology/43266982-mmk-planomerno-snizhaet-vrednoe-vozdeystvie-na-reku-ural/> (accessed 15.07.2022)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр П. Демин осуществил сбор научного материала, анализ и интерпретацию результатов исследования, написание и корректировку рукописи. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата и самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander P. Demin collected scientific material, analysed and interpreted the results of the study, wrote and corrected the manuscript. The author is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Александр П. Демин / Alexander P. Demin <https://orcid.org/0000-0002-0140-3181>

Оригинальная статья / Original article

УДК 556.5

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101

Российско-Казахстанские трансграничные водоёмы: типология, динамика, хозяйственное значение

Юрий А. Падалко, Александр А. Чибилев

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Юрий А. Падалко, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела ландшафтной экологии Института степи Уральского отделения Российской академии наук; 460000 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.
Тел. +79225314075
Email yapadalko@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1149-7887>

Формат цитирования

Падалко Ю.А., Чибилев А.А. Российско-Казахстанские трансграничные водоёмы: типология, динамика, хозяйственное значение // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 94-101. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101

Получена 31 октября 2022 г.

Прошла рецензирование 5 декабря 2022 г.

Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Проанализированы вопросы, связанные с трансграничными водоёмами в пограничной зоне государственной границы Российской Федерации и Республики Казахстан и проведена их типология. Показана ситуация с юридическим определением понятия «трансграничный водный объект» в законодательстве двух стран. В результате сравнительного дешифрирования разновременных изображений дистанционного зондирования земли, установлены участки с изменяем русла на пограничных отрезках.

Цель. Провести анализ и классификацию трансграничных водных объектов на участках государственной границы России и Республики Казахстан и выявить проблемные ситуации.

Материал и методы. Исследование трансграничных водных объектов проведено на основе литературных и архивных материалов, анализа ДЗЗ и картографических методов.

Результаты. Выявлены несоответствия на уровне юридического определения понятия «трансграничный водный объект» в законодательстве двух стран. Определены и классифицированы трансграничные водные объекты на государственной границе Российской Федерации и Республики Казахстан. На основе анализа спутниковых снимков установлены проблемные ситуации, связанные с изменениями местоположения водных объектов в результате русловых деформаций трансграничных рек и флуктуацией озёр.

Выводы. По результатам работы установлены все водоёмы, расположенные в пограничной зоне на всей протяженности государственной границы. Проведена типология водных объектов и установлена длина пограничных участков для водотоков. На примере трансграничной реки Урал показана ситуация с участком реки по которому проходит государственная граница с анализом произошедших изменений русла и их динамикой.

Ключевые слова

Трансграничные водные объекты, русловые деформации, государственная граница, пойма.

Russian-Kazakh transboundary water bodies: typology, dynamics, economic significance

Yuri A. Padalko and Alexander A. Chibilev

Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Principal contact

Yuri A. Padalko, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Department of Landscape Ecology, Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St, Orenburg, Russia 460000.

Tel. +79225314075

Email yapadalko@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1149-7887>

How to cite this article

Padalko Yu.A., Chibilev A.A. Russian-Kazakh transboundary water bodies: typology, dynamics, economic significance. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 94-101. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-94-101

Received 31 October 2022

Revised 5 December 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

The issues related to transboundary reservoirs in the state border zone of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan are analysed and their typology is articulated. Issues concerning the legal definition of the concept of "transboundary water body" in the legislation of the two countries are outlined. As a result of comparative decoding of different-time images of remote satellite sensing of the earth, border sections where the course of rivers change were identified.

Aim. To analyse and classify transboundary water bodies on sections of the state border of Russia and the Republic of Kazakhstan and identify problematic situations.

Material and Methods. The study of these transboundary water bodies was carried out on the basis of both the analysis of interstate agreements on the delineation of the border of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan, the use of cartographic methods and the analysis of retrospective satellite images.

Results. Inconsistencies in the level of legal definition of the concept of "transboundary water body" in the legislation of the two countries are shown. Transboundary water bodies on the state border of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan have been identified and classified. Based on a retrospective analysis of satellite images, problematic situations arising from changes in the location of water bodies as a result of channel deformations of transboundary rivers and fluctuation of lakes have been identified.

Conclusions. According to the results of this work, all waterbodies located in the state border zone along its entire length have been identified. A typology of these has been carried out and the length of boundary watercourse sections has been established. Using the example of the transborder Ural River, the situation of the section of the river along which the state border lies is shown with an analysis of the changes in the channel and their dynamics.

Key Words

Transboundary water bodies, channel deformations, border of the Russian Federation, floodplain.

ВВЕДЕНИЕ

Водоёмы и их водосборные бассейны, разделённые национальными границами государств, относятся к трансграничным водным объектам. Часто водотоки являются природным ориентиром при определении положения государственной границы на местности. На судоходных реках границу устанавливают по фарватеру, а на несудоходных водотоках по середине реки. Граница по озерам устанавливают, не привязываясь к водному объекту, поэтому доля площади водного зеркала может быть различной. Международное правовое определение, а также регулирование в области охраны и использования трансграничных водных объектов прописано в «Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озёр» [1], между странами, которые присоединились к Конвенции. Российская Федерация одна из первых присоединилась к договору по сравнению с сопредельными странами. В настоящее время не все страны, с которыми имеются трансграничные водные объекты присоединились к Конвенции, из соседних государств это Китай, Монголия и Грузия.

На национальном правовом уровне в первой версии Водного кодекса Российской Федерации (1995 г.) [2] имелось определение термина – «трансграничный», и обозначалась его равнозначность с понятием «пограничный» водный объект. В последней редакции Водного кодекса (2006 г.) [3] этим терминам определение не даётся. Данные понятия определяются только в межгосударственных соглашениях, между Российской Федерацией с пограничными государствами [4].

Государственная граница Российской Федерации проходит по большому количеству рек, озёр и водохранилищ, суммарная длина её отрезков, проходящей по водотокам составляет 7,1 тысяч км [5]. Самые протяженные речные промежутки государственной границы, проходят по рекам Аргунь и Амур с КНР, а также с Казахстаном по рекам Урал, Илек, Мал. и Бол. Узень и Тобол с притоком р. Уй. Изменение положения русла пограничной реки влечёт за собой смещение государственной границы. Случаи смещения положения государственной границы в результате русловых деформаций наблюдаются на границе России с КНР, Норвегией и другими соседними государствами [6–8].

Несмотря на созданную межгосударственную правовую основу Российской Федерации и Казахстана, работы по согласованию использования и охраны водных объектов еще не закончены. Между тем имеются проблемные вопросы по пограничным водным объектам, которые могут решаться в рамках межгосударственного взаимодействия по практической реализации текущих Соглашений между странами. За последний 30-летний период существования российско-казахстанской границы сложился совместный опыт использования и делимитации приграничных водоёмов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования рассматривались национальное законодательство двух стран связанное с правовым регулированием пользования трансграничными водными объектами и их охраной, а также

межгосударственные соглашения, договоры и ратификация международных конвенций. Выявление участков прохождения государственной границы по водным объектам и её сопоставления с картографическими материалами опиралось на приложение к Договору о делимитации государственной границы [9].

Сегменты границы проходящих по водным объектам сравнивались с крупномасштабными картами для верификации их с описанием. С целью нахождения вероятных смещения сегментов границы, установленной по водотокам, проведен анализ русловых деформаций на примере пограничного участка реки Урал. Для этого использовались разновременные мультиспектральные спутниковые снимки Landsat (среднего разрешения) с 1984 по 2020 гг. Снимки участка исследуемого участка русла дешифрировались с применением «модифицированного нормализованного разностного водного индекса (MNDWI) и «автоматизированного индекса выявления водных объектов» ($AWEI_{nsh}$) [10] с помощью инструментов свободной ГИС программы QGIS 3.26:

$$MNDWI = k2 - k5 / k2 + k5, \quad (1)$$

где $k2, k4$ – спектральные каналы Landsat (TM, ETM+).

$$AWEI_{nsh} = 4.0(k2 - k5) - (0.25k4 + 2.75k7), \quad (2)$$

где $k2, k4, k5, k7$ – спектральные каналы Landsat (TM, ETM+, OLI).

По результатам обработки векторные слои с помощью картометрического инструментария исследовались в ГИС с составлением картографического материала.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Протяженность государственной границы двух стран проведенной по рекам и водоёмам составляет более полутора тысяч километров или 21% от суммарной протяженности границы. Сегменты границы на водных объектах, отмечаются значительным разнообразием водоёмов как по их типу, так и высокой дифференциацией по гидрологическому режиму и морфодинамическим типам русел.

Спецификой озёр на границе России и Казахстана является значительный размах в вариации площади водного зеркала. Большинство озёр приграничья временные или не постоянным урезом воды, время от времени пересыхают вовсе на территории одного из государств. Данные ситуации имеют место на озерах приграничной зоне с Республикой Казахстан в Западной Сибири. Примером является ситуация с озером Сладким на границе Новосибирской области с Павлодарской областью, когда понижение уровня в озере стал причиной межгосударственного общественного резонанса, а также озером Айке, на границе Оренбургской области и Актыбинской области (Республикой Казахстан) (рис. 1, 2).

На водотоках можно выделить 3 естественных типов русел: 1) врезанные – образуются в ограниченных условиях развития боковой русловой эрозии; 2) адаптированные – формируются в смешанных условиях затрудненной горизонтальной деформации, но с небольшой поймой; 3) широкопойменные – формируются в неограниченных условиях обширной поймы. Кроме этого, необходимо отметить наличие русел рек, которые трансформировались в следствие решения хозяйственных задач и защиты территории

[11]. В регионе исследования чаще встречаются свободные излучины широкопойменного типа на больших реках. На малых водотоках и средних реках преобладают врезанные и адаптированные русла,

вследствие отражения руслом структуры залегания коренных пород и влияния хозяйственной деятельности.

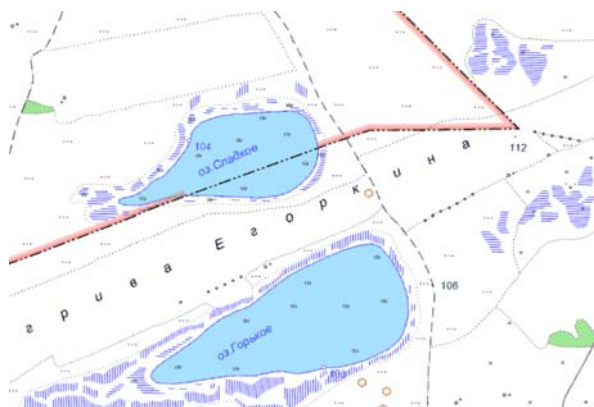


Рисунок 1. Пограничное озеро Сладкое на границе Российской Федерации и Республики Казахстан (слева по состоянию на 2001 г. и справа на лето 2016 г.). Фрагмент топографической карты Озера Сладкое, пограничной территории РФ (Новосибирская область) и Республики Казахстан (Павлодарская область), (1:200000 ГГЦ) и спутникового снимка данной территории (ArcGIS ESRI Imagery)

Figure 1. Lake Sladkoe on the border of the Russian Federation (Novosibirsk Region) and the Republic of Kazakhstan (Pavlodar Region). Left – image as of 2001 (fragment of a topographic map 1:200,000 GHZ). Right – satellite image of this territory as of summer 2016 (ArcGIS ESRI Imagery)



Рисунок 2. Пограничное озеро Айке на границе Российской Федерации и Республики Казахстан в 2016 г. (слева) и 1997 г. (справа). Фрагменты разновременных спутниковых снимков пограничной территории РФ (Оренбургская область) и Республики Казахстан (Актюбинская область) (Airbus DS 2017 /ArcGIS ESRI Imagery)

Figure 2. Border Lake Aike as of 2016 (left) and as of summer 1997 (right) on the border of the Russian Federation (Orenburg Region) and the Republic of Kazakhstan (Aktobe Region). Fragments of multi-time satellite images (Airbus DS 2017 /ArcGIS ESRI Imagery)

Выделено 23 участка прохождения государственной границы по водным объектам из них 18 речные и 5 генерализованных нами озёрных областей с замкнутым стоком (рис. 3, табл. 1). Речным участки пограничной зоны имеют различные морфодинамические типы русел, но наибольшая динамика русловых преобразований отмечена на реках с широкопойменным типом: протоки дельты Волги, р. Таловая, р. Илек, р. Урал и р. Уй.

В результате проведенного анализа динамики русловых деформаций на пограничных реках, выявлен участок реки Урал с наиболее интенсивными эрозийными процессами, а также действиями пограничного государства по защите своей территории от берегоразрушения. Отрезок р. Урал протяженностью 128,6 км от с. Илек до с. Раннее в соответствии с делимитацией границы России и Республики Казахстан проведен посередине реки.

Долина реки в этом районе распространено множество старицами в форме сомкнутых излучин и их частей, что свидетельствует о динамичном развитии русловых переформирований, прорыва и смыкания излучин. Значительная трансформация русла на пограничном отрезке р. Урал в результате смыкания в двух меандрах: у с. Иртеке и с. Бумаколь. В первом случае прорыв основания излучины пришёлся на начало 1977 г. XX века по данным обработки космических изображений данного участка за 1976 год [12]. Позднее в результате разрушения перешейка между старым руслом в конце 20 века, а в начале 21 века привело к спрямлению участка и отчуждению территории верхней части. В другой меандре у посёлка Бумаколь промыв основания зафиксирован в конце 80-х гг., а с середины 90-х гг. отделился от основного русла. Окончательно формирование нового русла произошло в начале 21 века [13; 14] (рис. 4).

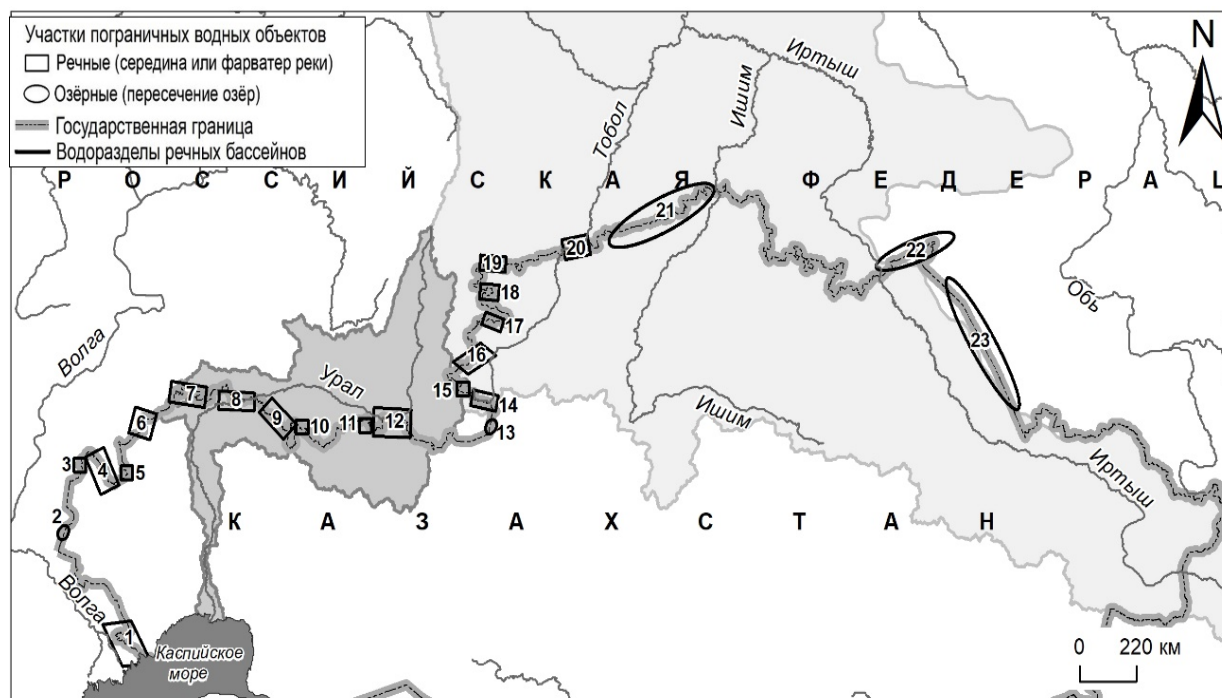


Рисунок 3. Карта-схема расположения трансграничных водоёмов на государственной границе Российской Федерации и Республики Казахстан

Figure 3. Map-diagram of the location of sections of border water bodies on the state border of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan

Таблица 1. Пограничные водные объекты Российской Федерации и Республики Казахстан

Table 1. Border water bodies of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan

№ на карте № on map	Регионы РФ / РК Regions of Russian Federation & Republic of Kazakhstan	Водный объект Water body	Протяжённость, км Length, km
Водотоки / Waterways			
1	Астраханская область / Атырауская область Astrakhanskaya Region / Atiraukskaya Region	Протоки (дельта р. Волга) Tributary (delta Volga River)	80,9
3	Волгоградская область / Атырауская область Volgogradskaya Region / Atiraukskaya Region	Р. Торгун (Бессточная область междуречья Волги и Урала) Torgun River (undrained region of the Volga & Ural interfluvium)	-
4	Саратовская область / Западно-Казахстанская область Saratovskaya Region / West Kazakhstan Region	Р. Мал. Узень (Барфоломеевское водохранилище) и Бол. Узень (Бессточная область междуречья Волги и Урала) Mal. Usen River (Barfolomeevskoe reservoir) & Bol. Usen (undrained region of the Volga & Ural interfluvium)	135,8
5-6		Р. Дюра, Горькая, Меркен (Бессточная область междуречья Волги и Урала) Rivers Dyura, Gorkaya & Merken (undrained region of the Volga & Ural interfluvium)	45,1
7	Саратовская область, Оренбургская область / Западно-Казахстанская область Saratovskaya Region, Orenburgskaya Region / West-Kazakhstan Region	Р. Таловая (Бассейн р. Урал) Talovaya River (Ural River basin)	46,6
8, 12	Оренбургская область / Актыбинская область, Костанайская область Orenburgskaya Region / Aktubinskaya Region	Р. Урал Ural River	193,4
9	Оренбургская область / Актыбинская область, Костанайская область Orenburgskaya Region / Aktubinskaya Region, Kostanayskaya Region	Р. Илек (Бассейн р. Урал) Ilek River (Ural River basin)	214

10	Kostanaiskaya Region	Р. Бол. и Мал. Хобда (Бассейн р. Урал) Rivers Bol. & Mal. Volga (Ural River basin)	-
11		Р. Киялы-Буртя (Бассейн р. Р. Урал) Kiyali-Burta River (Ural River basin)	-
14		Р. Тобол (нижн. течение) Tobol River (lower course)	44
15		Р. Сарысай, Берсуат, Желкуар (Бассейн р. Тобол) Rivers Sarisai, Bersuat & Zhelkuar	35,7
16	Челябинская область / Chelabinskaya Region	Р. Камысты-Аят, Карагайлы-Аят, Арчаглы-Аят (Бассейн р. Тобол) Rivers Kamisti-Akt, Karagaili-Akt & Archagly-Akt (Tobol River basin)	85,4
17	Костанайская область / Kostanaiskaya Region	Р. Сред. Тогузак и Верхн. Тогузак (Бассейн р. Тобол) Rivers Sred. Torusak & Verkhni Torusak (Tobol River basin)	20
18		Р. Уй, Троицкое водохранилище (Бассейн р. Тобол) Ui River & Troitskoe reservoir (Tobol River basin)	179,1
20	Курганская область / Костанайская область Kurganskaya Region/ Kostanaiskaya Region	Р. Тобол (ср. течение) Tobol River (middle course)	93,5
Озёра / Lakes			
2	Волгоградская область / Атырауская область Volgogradskaya Region / Atiraukskaya Region	Оз. Боткуль Lake Botkul	
13	Оренбургская область / Актыбинская область Orenburgskaya Region / Aktubinskaya Region	Айке Lake Aike	
21	Тюменская область, Курганская область / Костанайская область, Северо-Казахстанская область Tyumenskaya Region, Kurganskaya Region / Kostanaiskaya Region	Бессточные озера междуречья Тобола и Ишима: Пьянково, Арлаколь, Третье, Орлёнок, Антоново, Лебяжье, Сиверга, Акуш, Юдино, Бугровое Undrained lakes of the Tobol & Ishima interfluv: Pyankovo, Arlakol, Tretie, Orlyonok, Antonovo, Levyazhe, Siberga, Akysh, Yudino & Bugrovoe	
22	Омская область, Новосибирская область / Павлодарская область Omskaya Region, Novosibirskaya Region / Pavlodarskaya Region	Оз. Половинное, Солёное, Сладкое Lakes Polovinnoe, Solyonoe & Sladkoe	
23	Новосибирская область / Павлодарская область Novosibirskaya Region / Pavlodarskaya Region	Оз. Каратал, Бура, Чаган Lakes Karatal, Bura & Chagan	

За время существования государственной границы двух стран интенсивные процессы берегоразрушения наблюдались по левому берегу р. Урал возле сёл Облавка и Жарсуат. (рис. 2, карта-врезка 2). За исследуемый период береговая линия продвинулась на расстояние 0,2–0,4 км со скоростью около 6–7 м/год. Проведение работ по укреплению берега от разрушения позволило снять опасность для селитебных территорий и дорожной инфраструктуры. Основным вектор горизонтальной русловой деформации левосторонний, направленный к коренным берегам. Основными факторами высокой динамики боковой эрозии на данном участке реки являются скорость течения и наличие быстро разрушаемых грунтов,

обусловленных геологическим строением территории [13].

Согласно пункту 4 Договора [9], природные трансформации русла пограничного водотока не приводит к смещению границы государства, если страны не предусмотрели иное. Отсюда следует, что отделенные в результате русловых процессов земли в пограничной зоне присоединяются к территории государства, в зависимости направления от середины реки данный участок обособлен. Сейчас приграничная территория, отчуждаемая в результате этих процессов мало освоена, но перспективна в разведке и добычи углеводородов. За исследуемый период из-за русловых деформаций от территории Российской Федерации отделилось около 10 км². Горизонтальные деформации

русла останутся активными и далее, поэтому площадь приграничной территории соседних стран будет изменяться. В тоже время процессы берегоэрозии на участках вблизи заселённых территорий и транспортных путей, и трубопроводов представляют значительную опасность. Согласование проведения

работ по возведению берегозащитных объектов одним из государств носит уведомительный характер, но односторонние действия в последствии могут нести риск развития негативных геоэкологических процессов для реки Урал и её экосистемы на пограничном участке.

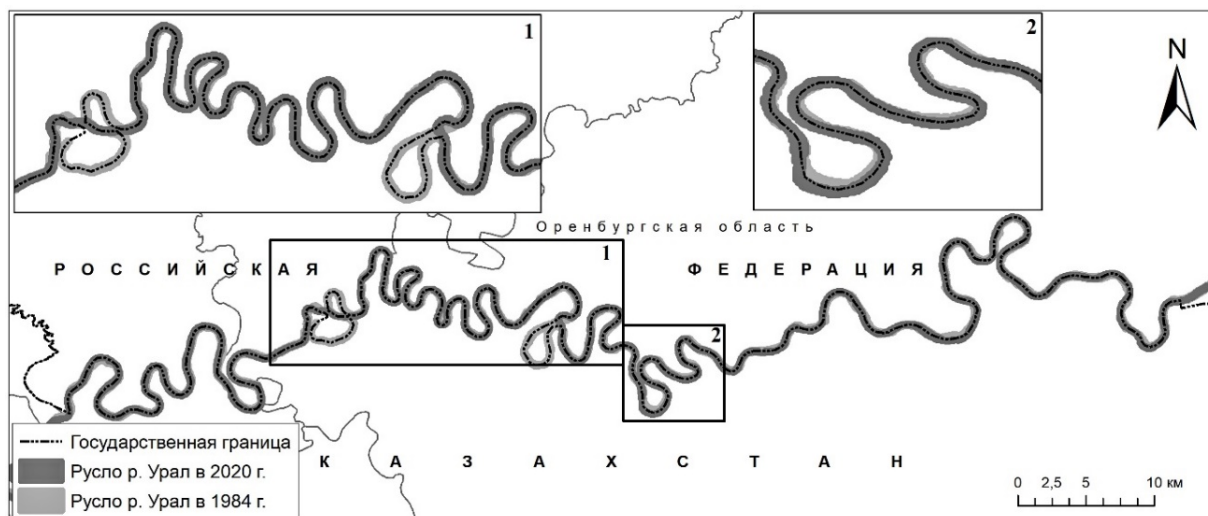


Рисунок 4. Карта-схема русловых деформаций р. Урал в пограничной зоне Российской Федерации и Республики Казахстан

Figure 4. Map-diagram of channel deformations of the Ural River in the border zone of the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, вопросы о состоянии водоёмов в приграничной зоне менее актуальны в отличие от проблем вододелия и качества воды. Более двадцати процентов от общей протяжённости государственной границы между Российской Федерацией и Республикой Казахстан проходит по водным объектам. На реках горизонтальные русловые деформации формируют проблемные участки территории, которые в настоящее время мало используются в хозяйстве, но обладают уникальной экосистемой. В частности, озера играют большую роль для сохранения степной биоты межбассейновых пространств, а участки рек для воспроизводства рыбных ресурсов рек Волга, Урал, Тобол, Иртыша в пограничной зоне. Принимая во внимание ландшафтные и биологические значимость этих территорий, следует провести межгосударственные работы по сохранению природного разнообразия. Одним из важных действий в этом направлении может быть организация межгосударственных трансграничных биосферных резерватов [14–16].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Опубликовано при поддержке гранта РГО – Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата». Работа выполнена в рамках темы государственного задания: «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем» (AAAA-A21-121011190016-1).

ACKNOWLEDGMENT

Published with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference “Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change”. The work was carried out within the framework of the theme of state task: “Problems of Steppe Nature Management in the Context of Modern Challenges: Optimisation of Interaction between Natural and Socio-Economic Systems” (AAAA21-121011190016-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 17 марта 1992 г.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. N 167-ФЗ.
3. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ.
4. Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о совместном использовании и охране трансграничных водных объектов от 7 сентября 2010 года.
5. Дёмин А.П., Болгов М.В., Шаталова К.Ю. Проблемы и решения для управления водными ресурсами трансграничных рек России // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, центральной Азии и Сибири. Под ред. В.Г. Сычева, Л. Мюллера. Том. I. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований / М.: ВНИИ Агрохимии, 2018. С. 109–114.
6. Иванов В.В., Завадский А.С. Русловые процессы на пограничном участке р. Амур // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. N 3. С.48–56.
7. Завадский А.С., Иванов В.В., Чалов Р.С. Геополитические аспекты русловых процессов // Водное

хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2010. N 6. С. 35–46.

8. Беркович К.М., Завадский А.С., Чернов А.В. Анализ и учет русловых процессов при разработке СКИОВО // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. N 6. С. 83–95.
9. Договор между Российской Федерацией и Республикой Казахстан о российско-казахстанской государственной границе", г. Москва, 18.01.2005
10. Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery // *Remote Sensing of Environment*. 2014. N 140. P. 23–35.
11. Чалов П.С. О классификации речных русел // *Геоморфология*. 1996. N 1. С. 3–15.
12. Сергалиев Н.Х., Ахмеденов К.М. Русловые процессы на реке Урал // *Новости науки Казахстана*. 2013. N 3 (117). С.201–205.
13. Падалко Ю.А., Чибилёв А.А. Проблемы развития русловых процессов в бассейне р. Урал // *Доклады Академии Наук*. 2017. Т. 475. N 6. С. 702–705. DOI: 10.1134/S1028334X17080268
14. Чибилев А.А. Река Урал. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 168 с.
15. Чибилёв А.А. Бассейн Урала: история, география, экология / отв. ред. Ж.Т. Сивохиц, О.А. Грошева. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 312 с.
16. Чибилёв А.А., Дебело П.В. Рыбы Урало-Каспийского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 227 с.

REFERENCES

1. *Konventsia po okhrane i ispol'zovaniyu transgranichnykh vodotokov i mezhdunarodnykh ozer* [Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes]. Helsinki, March 17, 1992.
2. *Vodnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 16 noyabrya 1995 g. N 167-FZ* [Water Code of the Russian Federation No. 167-FZ of November 16]. 1995. (In Russian)
3. *Vodnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 3 iyunya 2006 g. N 74-FZ* [Water Code of the Russian Federation No. 74-FZ of June 3]. 2006. (In Russian)
4. *Soglasenie mezhdru Pravitel'stvom Rossiiskoi Federatsii i Pravitel'stvom Respubliki Kazakhstan o sovmestnom ispol'zovanii i okhrane transgranichnykh vodnykh ob'ektov ot 7 sentyabrya 2010 goda* [Agreement between the Government of the Russian Federation and the Government of the Republic of Kazakhstan on the joint use and protection of Transboundary water bodies dated September 7]. 2010. (In Russian)
5. Demin A.P., Bolgov M.V., Shatalova K.Yu. Problems and solutions for water resources management of transboundary

6. *Novye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Evrope, central'noj Azii i Sibiri* [New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow, Research Institute of Agrochemistry Publ., 2018, pp. 109–114. (In Russian)
6. Ivanov V.V., Zavadsky A.S. Channel processes on the Amur River border section. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography]. 2012, no. 3, pp. 48–56. (In Russian)
7. Zavadsky A.S., Ivanov V.V., Chalov R.S. Geopolitical aspects of riverbed processes. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water economy of Russia: problems, technologies, management]. 2010, no. 6, pp. 35–46. (In Russian)
8. Berkovich K.M., Zavadsky A.S., Chernov A.V. Analysis and accounting of channel processes in the development of SKIOVO. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water management of Russia: problems, technologies, management]. 2011, no. 6, pp. 83–95. (In Russian)
9. *Dogovor mezhdru Rossiiskoi Federatsiei i Respublikoi Kazakhstan o rossiisko-kazakhstanskoi gosudarstvennoi granitse* [Agreement between the Russian Federation and the Republic of Kazakhstan on the Russian-Kazakh state border]. Moscow, 2005. (In Russian)
10. Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2014, vol. 140, pp. 23–35. DOI: 10.1016/j.rse.2013.08.029
11. Chalov P.C. About the classification of riverbeds. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. 1996, no. 1, pp. 3–15. (In Russian)
12. Sergaliev N.H., Akhmedenov K.M. Channel processes on the Ural River. *Novosti nauki Kazakhstana* [Science News of Kazakhstan]. 2013, no. 3 (117), pp. 201–205. (In Russian)
13. Padalko Y.A., Chibilyov A.A. Problems of riverbed evolution in the basin of the Ural River. *Dokl. Earth Sc.*, 2017, vol. 475, no. 6, pp. 968–971. DOI: 10.1134/S1028334X17080268
14. Chibilev A.A. *Reka Ural* [Ural River]. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1987, 168 p. (In Russian)
15. Chibilev A.A. *Bassein Urala: istoriya, geografiya, ekologiya* [Ural basin: history, geography, ecology]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008, 312 p. (In Russian)
16. Chibilev A.A., Debelo P.V. *Ryby Uralo-Kaspiiskogo regiona* [Pisces of the Ural-Caspian region]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2009, 227 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юрий А. Падалко, Александр А. Чибилев собрали материал, анализировали и интерпретировали результаты исследований. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yuri A. Padalko and Alexander A. Chibilev collected the material, analysed and interpreted the research results. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Юрий А. Падалко / Yuri A. Padalko <https://orcid.org/0000-0003-1149-7887>

Александр А. Чибилев / Alexander A. Chibilev <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Оригинальная статья / Original article
УДК 504.45:504.4.054:504.4.062.2
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-102-116

Оценка экологического состояния водных объектов бессточной области Обь-Иртышского междуречья

Ирина Д. Рыбкина, Любовь В. Яныгина, Михаил С. Губарев, Ольга С. Бурмистрова,
Антон В. Котовщиков

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

Контактное лицо

Ирина Д. Рыбкина, доктор географических наук,
доцент, зав. лабораторией, Институт водных и
экологических проблем СО РАН; 656038 Россия г.
Барнаул, ул. Молодежная, 1.
Тел. +73852666506
Email irina.rybkina@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0081-9652>

Формат цитирования

Рыбкина И.Д., Яныгина Л.В., Губарев М.С.,
Бурмистрова О.С., Котовщиков А.В. Оценка
экологического состояния водных объектов
бессточной области Обь-Иртышского
междуречья // Юг России: экология, развитие.
2023. Т.18, N 1. С. 102-116. DOI: 10.18470/1992-
1098-2023-1-102-116

Получена 28 октября 2022 г.
Прошла рецензирование 24 ноября 2022 г.
Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Оценить современное состояние водных объектов, сравнить с ретроспективными данными их изучения, актуализировать банк гидрологической, гидрохимической и гидробиологической информации.

Материалы и методы. Использованы три группы показателей: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические. Гидрологические измерения проводились для определения расхода воды на реках и их участках, не охваченных системой наблюдений Росгидромета. Гидрохимический анализ проб осуществлялся методами ионной хроматографии и спектрофотометрии и включал определение основных катионов и анионов, органических веществ и биогенов. Оценку качества воды по гидробиологическим показателям проводили с использованием структурных характеристик фито- и зоопланктона.

Результаты. По эколого-санитарным показателям качество воды только трех рек – Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – относятся к классу 4 (загрязненные воды). Большинство рек имеет 2 класс качества (чистые).

Выводы. Выявлена тенденция увеличения уровня минерализации и метаморфизация химического состава природных вод бессточной области Обь-Иртышского междуречья. Отмечено загрязнение водных объектов органическими веществами и биогенами.

Ключевые слова

Реки бессточной области Оби и Иртыша, экологические последствия сельскохозяйственной освоенности, водный режим и гидрологические параметры, гидрохимические и гидробиологические показатели качества вод.

Assessment of the ecological state of water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh River basin

Irina D. Rybkina, Lyubov V. Yanygina, Mihail S. Gubarev, Olga S. Burmistrova
and Anton V. Kotovshchikov

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Barnaul, Russia

Principal Contact

Irina D. Rybkina, Doctor of Geographical Sciences, Head, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences; 1 Molodezhnaya St, Barnaul, Russia 656038.

Tel. +73852666506

E-mail irina.rybkina@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0081-9652>

How to cite this article

Rybkina I.D., Yanygina L.V., Gubarev M.S., Burmistrova O.S., Kotovshchikov A.V. Assessment of the ecological state of water bodies of the drainless area of the Ob-Irtysh River basin. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 102-116. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-102-116

Received 28 October 2022

Revised 24 November 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. Assess the current state of water bodies, compare with retrospective study data, update the bank of hydrological, hydrochemical and hydrobiological information.

Material and Methods. Three groups of indicators were used: hydrological, hydrochemical and hydrobiological. Hydrological measurements were carried out to determine the flow of water in the rivers and their sections not covered by the Roshydromet observation system. Hydrochemical analysis of samples was carried out by ion chromatography and spectrophotometry and included the determination of basic cations and anions, organic substances and biogens. The assessment of water quality by hydrobiological indicators was carried out using the structural characteristics of phyto- and zooplankton.

Results. According to environmental and sanitary indicators, the water quality of only three rivers – Solonovka, Cheremshanka and Burla (downstream) – belongs to class 4 (polluted waters). Most of the rivers have the 2nd class of water quality (clean).

Conclusions. A trend towards an increase in the level of mineralization and metamorphization of the chemical composition of natural waters in the inland region of the Ob-Irtysh interfluvium was revealed. The pollution of water bodies with organic substances and biogens was noted.

Key Words

Rivers drainless area of the Ob-Irtysh River basin, environmental consequences of agricultural development, water regime and hydrological parameters, hydrochemical and hydrobiological indicators of water quality.

ВВЕДЕНИЕ

Среди степных территорий Западной Сибири своеобразие природных условий и особенностями экологического состояния выделяется бессточная область Обь-Иртышского междуречья. В пределах Российской Федерации она простирается в границах трех субъектов – Новосибирской и Омской областей, Алтайского края.

Субъекты федерации лишь частично расположены в пределах области внутреннего стока Оби и Иртыша, но именно эти территории имеют преимущественно аграрную направленность социально-экономического развития. Интенсивное освоение в сельскохозяйственных целях наложило отпечаток на экологическую ситуацию этих территорий, что неизбежно нашло отражение и в состоянии водных объектов.

При этом современные оценки экологического состояния водных объектов практически отсутствуют. Сеть наблюдений за последние десятилетия только сокращалась. Пик изучения степных территорий пришелся на 1950–1960 гг., период освоения целинных и залежных земель, а также гидротехнического строительства в мелиоративных целях (1970-е гг.).

В настоящее время отдельные участки муниципальных районов бессточной области напоминают заброшенные бедленды, истощенные длительным использованием. Водные объекты чаще всего подвержены эвтрофикации и заболачиванию, сток рек уменьшается в результате непрерывной распашки в предыдущие годы и последующего заиливания.

Цель настоящего исследования – оценить современное состояние водных объектов, по возможности сравнить с имеющимися результатами изучения, актуализировать банк гидрологических, гидрохимических и гидробиологических данных, способствуя вовлечению территорий в экономический, в частности сельскохозяйственный оборот.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обь-Иртышское междуречье площадью около 190 тыс. км² представляет собой плоскоовнутую аккумулятивную озерную и озерно-аллювиальную равнину с абсолютными отметками от 96 м (в центральной части) до 160 м (по периферии). Север бессточной области занимает обширная Барабинская низменность (Бараба), южнее расположена Кулундинская низменность, с востока – Приобское плато [1].

Характерной особенностью территории является отсутствие крупных водотоков при наличии большого количества озер и малых рек. К пониженным центральным частям приурочены крупные озера, среди которых два наиболее крупных озера Западной Сибири: Чаны и Кулундинское. Их считают остаточными водоемами существовавшего здесь в прошлом обширного озерного бассейна.

Гидрографическая сеть представлена мелкими водотоками, которые протекая по засушливой равнине, теряются или впадают в бессточные озера. Источниками питания рек служат талые воды сезонных снегов, дожди и грунтовые воды. Наибольшие из рек – Кулунда, Кучук (бассейн

Кулундинского озера); Каргат и Чулым (бассейн озера Чаны).

Климат исследуемой территории имеет черты континентальности. Средние температуры января и июля соответственно составляют -16,5°C и +21,2°C (по данным метеостанции г. Славгород [2]). Абсолютный максимум температур достигает +40,2°C, абсолютный минимум: -47,2°C. Нормой количества выпадающих осадков за период наблюдений 1981–2010 гг. является 319 мм, из которых большая часть (57%) выпадает в летние и осенние месяцы (с июня по октябрь).

Территория находится в аридной и субаридной зоне. В физико-географическом отношении – это степная и лесостепная зональные области Западной Сибири, в том числе подзоны сухой и засушливой степи [3].

Основные виды землепользования – растениеводство зерноводческой направленности, разведение крупного рогатого скота и овцеводство. Так, в Славгородском муниципальном районе 88% площади занято под сельскохозяйственные угодья [4]. В целях аграрного природопользования [5] часть земель бессточной области орошается в пределах Кулундинской низменности, другая часть – Бараба – нуждается в осушении.

Поверхностные водные ресурсы используются ограниченно, преимущественно для нужд сельского хозяйства. Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются подземные воды. В результате длительного использования подземных горизонтов образовалась Славгородская депрессионная воронка, повысился уровень грунтовых вод, оказались подтоплены отдельные территории, особенно в годы повышенного увлажнения. Кроме этого, отмечаются загрязнение природных вод, гидроморфизация и засоление почв, просадочные (суффозионные) явления.

В системе оценок экологического состояния водных объектов наибольшее распространение получили три группы показателей: гидрологические, гидрохимические и гидробиологические. Гидрологические показатели характеризуют морфометрические признаки водных объектов, водный режим, многолетние и внутригодовые циклы изменений водности. Гидрохимические – позволяют оценить состояние водного объекта в конкретный момент времени (момент отбора проб), определить вклад отдельных ингредиентов из числа контролируемых показателей, что помогает установить источник воздействия. Гидробиологические показатели оценивают совокупный эффект от всех видов воздействия (в том числе неконтролируемых при гидрохимическом мониторинге и неизвестных науке) за определенный промежуток времени (как правило связанный с длительностью жизненных циклов организмов-индикаторов). Совместный анализ гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей позволяет получить более обоснованные выводы.

Гидрологические измерения проводились с целью установления глубины водного объекта, длины поперечного сечения водотока, скорости течения воды. В последующем рассчитаны величины речных расходов на участках рек, где гидрологические наблюдения ранее отсутствовали. Показатели

приурочены к фазе половодья, в завершающей его стадии.

Гидрохимический анализ проб выполнялся в Химико-аналитическом центре Института водных и экологических проблем СО РАН и включал определение следующих показателей: массовая концентрация кальция, магния, натрия, калия, аммония, нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, железа, марганца, фосфатов, фосфора общего, перманганатная окисляемость. Гидрохимический анализ проб проводился методами ионной хроматографии и спектрофотометрии.

Оценку качества воды по гидробиологическим показателям проводили с использованием структурных характеристик фито- и зоопланктона. Фитопланктон концентрировали на мембранных фильтрах «Владипор» с диаметром пор 0,8 мкм. Содержание хлорофилла *a* анализировали спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте [6]. Сбор зоопланктона производили процеживанием 100 л воды через сеть Апштейна (с размером ячеек 62×62 мкм). Для оценки состояния зоопланктонных сообществ были рассчитаны индексы биоразнообразия (с применением программного обеспечения Past version 4.0), а также были определены индексы сапробности Пантле и Букка (S) в модификации Сладечека [7], которые характеризуют степень органического загрязнения водных объектов. Индекс сапробности каждого участка вычисляли по формуле:

$$S = \sum si \cdot hi / \sum hi,$$

где: si – индикаторная значимость вида в пробе; hi – численность вида в пробе.

По значению индекса сапробности были выделены: 0,51–1,5 олигосапробная зона (чистая питьевая вода); 1,51–2,50 бета-мезосапробная зона (умеренно загрязненная вода); 1,51–3,50 – альфа-мезосапробная зона (грязная вода); 3,51–4,50 – полисапробная зона (сильно загрязненная вода) [8].

Для определения класса качества воды по гидробиологическим показателям использована экологическая классификация качества поверхностных вод суши по О.П. Оксикю и В.Н. Жукинскому [9].

Одновременно со сбором гидрохимических и гидробиологических проб измерялись: глубина отбора, тип субстрата, прозрачность, цветность, температура воды, БПК₅, концентрация кислорода. В каждой точке зондом YSI определены такие параметры, как электропроводность, общая минерализация, соленость, процент насыщения кислородом, концентрация кислорода, pH, мутность, численность сине-зеленых бактерий.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе выполнения экспедиционных работ на территории внутреннего стока Обь-Иртышского междуречья, которые проходили с 26 мая по 2 июня 2021 г., определены створы наблюдений за экологическим состоянием водных объектов на 21 участке 16 водотоков (табл. 1): р. Касмала (ниже с. Буканосое), р. Волчиха (с. Волчиха, выше пруда), р. Кучук (сс. Степной Кучук, Нижний Кучук), р. Кулунда

(ниже с. Выхово, выше с. Боево, выше с. Шимолито), р. Суека (с. Нижняя Суека), р. Пайва (ниже с. Павловка), р. Черемшанка (ниже д. Черемшанка), р. Солоновка (вблизи устья), р. Паныша (ниже с. Пакрушыха), р. Бурла (выше с. Пакрушыха), с. Хабары, ниже с. Бурла), р. Курья (выше с. Усть-Курья), р. Карасук (в г. Карасук), р. Баган (в п. Баган), р. Сума (у с. Усть-Сумы), р. Каргат (ниже г. Каргат), р. Чулым (у г. Чулым).

Гидрологическая характеристика водных объектов. Водные объекты бессточной зоны в условиях недостаточного увлажнения, как правило, характеризуются повышенной минерализацией [10]. Климат исследованной территории носит аридный характер [11–13], поэтому малые реки летом частично пересыхают, а озера имеют пульсирующую внутригодовую и многолетнюю динамику [14].

В период обследования практически все водотоки имели течение, за исключением шести участков обследованных рек (табл. 1), на которых измерения были невозможны. Скорости течения изменялись в пределах от 0,0 до 0,55 м/с, при среднем значении 0,178 м/с. При этом разовые измеренные расходы воды колебались от 0,07 до 16,85 м³/с. Наибольшее течение отмечалось на участке р. Сума близ села Усть-Сумы, но с учетом величины поперечного сечения (46,8 м²) речные расходы максимальны в створе р. Кулунда – с. Шимолито. Измерения проводились только на участках рек, не охваченных регулярными наблюдениями системы Росгидромета. В иных случаях при описании использованы гидрологические данные Росгидромета. Следует отметить, что для водного режима рек характерно резко выраженное весеннее половодье, в завершающей стадии которого и проходило исследование водотоков.

Гидрохимические показатели. Уровень минерализации изученных рек в целом невысок, что обусловлено отбором проб в период половодья. Максимальные значения общей минерализации, соответствующие уровню мезогалинных вод, отмечены в рр. Волчиха, Кулунда (среднее течение), Пайва, Баган, Бурла (нижнее течение) и Солоновка (рис. 1). На остальных участках реки имели пресные воды. Предыдущие исследования рек Обь-Иртышского междуречья показали, что в период летней межени вблизи истоков вода рек остается пресной, а возле устья становится солоноватой [15].

Также как и в реках бассейна Верхней Оби, в реках бессточной зоны преобладает гидрокарбонатно-натриевый тип вод, и только Солоновка, Баган, Сума и нижнее течение р. Бурла в период обследования имели хлоридные и сульфатно-хлоридные воды, а р. Волчиха – сульфатные воды (табл. 2).

Анализ имеющихся более ранних результатов [15] позволил выявить тенденцию увеличения уровня минерализации и метаморфизацию химического состава природных вод водоемов бессточной области Обь-Иртышского междуречья. В целом, эта тенденция подтвердилась и при сравнении ранневесенних ретроспективных [16] и полученных в ходе исследования данных.

Таблица 1. Координаты точек отбора проб и гидрологические показатели обследованных участков рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья
Table 1. Coordinates of sampling points and hydrological parameters of the surveyed sections of the rivers of the inland area of the Ob-Irtysh interfluvie

№	Река River	Населенный пункт Settlement	Система координат WGS84 Coordinate system WGS84		Средняя скорость течения, м/с Average flow rate, m/s	Площадь попереч- ного сечения, м ² Cross- sectional area, m ²	Разовый расход Measured Discharge		Средний расход за май, м ³ /с Average annual Discharge in May, m ³ /s	Период наблюдений Observation period	Гидрологический пост Hydrological station
			северная широта northern latitude	восточная долгота eastern longitude			Дата измерений date	м ³ /с m ³ /s			
01	Касмала Kasmala	с. Буканское s. Bukanskoe	52°47'18,7"	81°47'59,4"	0,00	-	24.05.2021	-	-	-	-
02	Волчиха Volchiha	с. Волчиха s. Volchiha	52°00'48,4"	80°22'20,7"	0,50	0,33	24.05.2021	0,17	-	-	-
03	Кучук Kuchuk	с. Степной Кучук s. Steпноj Kuchuk	52°35'48,5"	80°20'27,1"	0,07	0,98	25.05.2021	0,07	-	-	-
04	Кучук Kuchuk	с. Нижний Кучук s. Nizhnij Kuchuk	52°42'19,0"	79°56'30,9"	0,06	13,45	25.05.2021	0,81	0,91	2008–2018	с. Нижний Кучук s. Nizhnij Kuchuk
05	Кулунда Kulunda	с. Шимолино s. Shimolino	52°59'25,2"	79°59'54,1"	0,36	46,8	25.05.2021	16,85	27,26	2008–2018	с. Шимолино s. Shimolino
06	Суетка Suetka	с. Нижняя Суетка s. Nizhnaya Suetka	53°13'17,8"	79°53'29,3"	0,30	1,15	26.05.2021	0,35	0,36	1951–1964	с. Усть-Суетка s. Ust-Suetka
07	Пайва (приток Кулунды) Pajva (Kulunda inflow)	Между Павловкой и Баево Between Pavlovka and Baevo	53°13'39,2"	80°27'54,2"	0,08	10,53	26.05.2021	0,84	-	-	-
08	Кулунда Kulunda	с. Баево s. Baevo	53°15'53,9"	80°47'18,7"	-	-	26.05.2021	-	15,92	2008–2018	с. Баево s. Baevo
09	Черемшанка (приток Кулунды) Cheremshanka (Kulunda inflow)	с. Тюменцево s. Tumencevo	53°15'34,6"	81°14'31,8"	0,48	1,43	26.05.2021	0,69	-	-	-

10	Солоновка (приток Кулунды) Solonovka (Kulunda inflow)	п. Кулундинский s. Kulundinskij	53°12'54,2"	81°11'41,0"	0,05	4,62	26.05.2021	0,23	-	-	-
11	Кулунда Kulunda	с. Выхово s. Vykhovo	53°02'36,3"	81°24'19,0"	0,00	-	27.05.2021	-	5,12	1940–1958, 1960–1987	с. Овечкино s. Ovechkin
12	Паньшиха (приток Бурлы) Pankrushiha (Burla inflow)	с. Панкрушиха s. Pankrushiha	53°50'22,4"	80°21'04,0"	0,00	-	27.05.2021	-	-	-	-
13	Бурла Burla	с. Панкрушиха s. Pankrushiha	53°50'25,1"	80°20'48,5"	0,40	14,31	27.05.2021	5,72	3,53	1973–1975	с. Панкрушиха s. Pankrushiha
14	Курья (приток Бурлы) Kurya (Burla inflow)	с. Усть-Курья s. Ust-Kurya	53°39'22,1"	79°45'55,7"	0,00	-	28.05.2021	-	-	-	-
15	Бурла Burla	с. Хабары s. Habary	53°37'16,0"	79°31'48,5"	-	-	28.05.2021	-	10,38	2008–2018	с. Хабары
16	Бурла Burla	с. Бурла s. Burla	53°20'00,8"	78°19'05,9"	0,00	-	28.05.2021	-	11,56	1955–1960	с. Бурла s. Burla
17	Карасук Karasuk	г. Карасук Karasuk town	53°45'04,1"	78°00'36,4"	-	-	28.05.2021	-	12,06	1954–1967, 1969–1978	Карасук – Ярск Karasuk – Yarsk
18	Баган Bagan	п. Баган s. Bagan	54°06'45,1"	77°40'31,3"	0,00	-	28.05.2021	-	-	-	-
19	Сума (приток Чулыма) Suma (Chulyum inflow)	с. Усть-Сумы s. Ust-Sumy	54°51'34,0"	80°15'50,8"	0,55	8,86	29.05.2021	4,87	-	-	-
20	Каргат Kargat	г. Каргат Kargat town	55°11'10,9"	80°13'02,8"	-	-	29.05.2021	-	29,18	2008–2018	с. Здвижск s. Zdvinsk
21	Чулым Chulyum	г. Чулым Chulyum town	55°04'10,5"	80°56'04,7"	-	-	29.05.2021	-	31,66	2008–2018	с. Старогородно- стаево s. Starogorno- staevo

Примечание: прочерк означает, что измерение не проводилось, данные или гидропост отсутствуют
Note: a dash means that the measurement was not carried out and/or data or hydrological station are not available

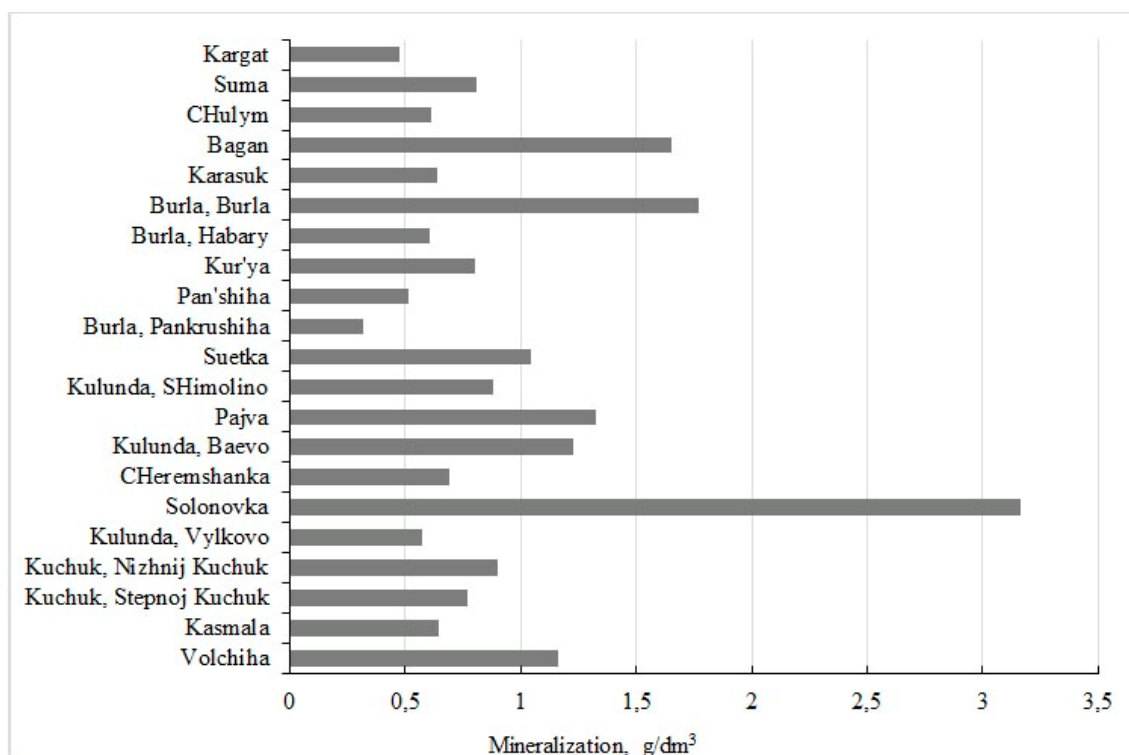


Рисунок 1. Минерализация воды обследованных рек Обь-Иртышского междуречья

Figure 1. Water mineralization of the surveyed rivers of the Ob-Irtys interfluvium

Таблица 2. Жесткость и минеральные вещества в воде исследуемых рек Обь-Иртышского междуречья

Table 2. Hardness and mineral substances in the water of the studied rivers of the Ob-Irtys interfluvium

№	Река, пункт отбора River, settlement	Общая жесткость, °Ж Hardness, degrees	Ca ²⁺ , мг/дм³ Ca ²⁺ , mg/dm³	Mg ²⁺ , мг/дм³ Mg ²⁺ , mg/dm³	Na ⁺ , мг/дм³ Na ⁺ , mg/dm³	K ⁺ , мг/дм³ K ⁺ , mg/dm³	Cl ⁻ , мг/дм³ Cl ⁻ , mg/dm³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм³ SO ₄ ²⁻ , mg/dm³	HCO ₃ ⁻ , мг/дм³ HCO ₃ ⁻ , mg/dm³
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, below s. Bukanskoe	5,7±0,9	52±3	39±6	106±18	4,4±0,9	22±3	103±13	495±59
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha, s. Volchiha	9,0±1,3	79±5	61±9	220±37	7±1	57±7	513±67	498±60
03	Кучук, с. Степной Kuchuk, s. Stepnoj Kuchuk	7,6±1,2	84±6	42±6	98±17	5±1	57±7	183±24	338±41
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk, s. Nizhnij Kuchuk	8,0±1,2	81±5	49±7	137±23	2,1±0,4	94±12	199±26	343±41
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, above s. Shimolino	6,9±1,0	53±4	51±7	133±23	6±1	92±12	155±20	404±48
06	Суетка, с. Нижняя Suetka, s. Nizhnaya Suetka	8,2±1,2	69±5	57±9	179±30	6±1	67±9	272±35	496±60
07	Пайва, ниже с. Павловка Pajva, below s. Pavlovka	10,1±1,5	76±5	77±11	228±39	5±1	133±17	372±48	508±61

08	Кулунда, выше с. Баево Kulunda, above s. Baevo	8,7±1,3	65±4	66±10	203±35	6±1	150±20	211±27	559±67
09	Черемшанка, ниже д. Черемшанка Cheremshanka below s. Cheremshanka	6,7±1,0	51±3	51±8	105±18	2,9±0,6	18±2	96±12	536±64
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	17,5±2,6	95±6	154±23	626±109	5±1	710±92	742±96	769±61
11	Кулунда, ниже с. Вилково Kulunda, below s. Vylkovo	6,5±0,6	68±5	38±6	63±11	2,1±0,4	25±3	100±13	417±50
12	Паньшиха, ниже с. Панкрушиха Pankrushiha, s. Pankrushiha	4,2±0,6	45±3	24±4	74±13	6±1	55±7	126±16	224±27
13	Бурла, выше с. Панкрушиха Burla, above s. Pankrushiha	2,8±0,4	33±2	15±2	51±9	6±1	20±3	57±7	192±23
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kurya s. Ust_Kurya	4,1±0,6	32±2	31±5	155±26	9±2	105±14	213±28	309±37
15	Бурла, в с. Хабары Burla, s. Habary	4,7±0,7	47±3	29±4	84±14	6±1	64±8	129±17	314±38
16	Бурла, ниже с. Бурла Burla, below s. Burla	11,9±1,8	73±5	100±15	327±56	16±3	411±53	449±58	536±64
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, Karasuk town	5,2±0,8	50±3	33±5	84±14	6±1	96±12	156±20	229±27
18	Баган, в п. Баган Bagan, s. Bagan	10,8±1,6	73±5	87±13	243±41	10±2	587±76	255±33	226±27
19	Сума, у с. Усть-Сумы Suma, s. Ust-Sumy	6,9±1,0	62±4	47±7	103±17	6±1	176±23	158±21	259±31
20	Каргат, ниже г. Каргат Kargat, below Kargat town	5,1±0,8	38±3	39±6	65±11	2,4±0,5	83±11	36±5	257±31
21	Чулым, у г. Чулым Chulym, Chulym town	5,2±0,8	46±3	35±5	84±14	3,2±0,6	135±18	60±8	260±31

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива
 Note: excesses of the standard are highlighted in bold

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) и перманганатная окисляемость (ПО) в период изучения имели повышенные значения практически на всех участках, что свидетельствует о загрязнении водотоков органическими веществами. В большинстве случаев отмечены также превышения ПДК по фосфору и

аммонийному азоту. Очевидно, что смыв и поступление этих веществ происходит с водосборов рек (табл. 3). Повышенное содержание органических веществ и биогенов было выявлено в реках Обь-Иртышского междуречья и по данным предыдущих исследований [15].

Таблица 3. Органические вещества и биогены в воде исследуемых рек Обь-Иртышского междуречья
Table 3. Organic substances and nutrients in the water of the studied rivers of the Ob-Irtysh interfluv

№	Река, пункт отбора River, settlement	NH_4^+ , мг/дм ³ NH_4^+ , mg/dm ³	NO_3^- , мг/дм ³ NO_3^- , mg/dm ³	NO_2^- , мг/дм ³ NO_2^- , mg/dm ³	PO_4^{3-} , мг/дм ³ PO_4^{3-} , mg/dm ³	$\text{P}_{\text{общ}}$, мг/дм ³ $\text{P}_{\text{general}}$, mg/dm ³	PO , мг/дм ³ PO , mg/dm ³	$\text{C}_{\text{орг}}$, мг/дм ³ C_{org} , mg/dm ³
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, lower s. Bukanskoe	1,2±0,2	0,88±0,18	0,012±0,006	0,70±0,11	0,28±0,04	26±3	33±7
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha , s. Volchiha	0,72±0,14	3,6±0,5*	0,12±0,06	0,12±0,02	0,061±0,008	4,2±0,4	20±4
03	Кучук, с. Степной Kuchuk s. Stepoj	0,52±0,10	2,0±0,3*	0,029±0,015	0,29±0,04	0,10±0,01	5,3±0,5	23±5
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk s. Nizhnij	0,39±0,08	0,18±0,04	<0,003	0,10±0,02	0,054±0,007	2,6±0,3	26±5
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, upper s. Shimolino	1,1±0,2	0,74±0,15	0,005±0,003	0,48±0,07	0,19±0,03	22±2	40±8
06	Суетка, с. Нижняя Suetka s. Nizhnaya	0,99±0,20	0,64±0,13	0,004±0,002	0,68±0,10	0,33±0,05	14±1	35±7
07	Суетка, с. Павловка Suetka s. Pavlovka	0,93±0,19	0,71±0,14	<0,003	0,42±0,06	0,18±0,02	16±2	41±8
08	Кулунда, upper s. Баево Kulunda, upper s. Baevo	0,78±0,16	0,53±0,11	0,004±0,002	0,51±0,08	0,23±0,03	18±2	87±13
09	Черемшанка, Черемшанка Cheremshanka below s.	0,46±0,09	0,52±0,10	0,003±0,002	0,59±0,09	0,28±0,04	7,4±0,7	20±4
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	1,1±0,2	0,85±0,17	0,17±0,07	0,57±0,09	0,28±0,04	24±2	234±35
11	Кулунда, Lower settlement Вылково Kulunda, s. Vylkovo	0,63±0,13	0,32±0,06	<0,003	0,38±0,06	0,19±0,03	11±1	22±4
12	Паньшиха, lower с. Панкрушиха Pankrushiha,	0,74±0,15	0,73±0,09	0,020±0,010	0,50±0,07	0,17±0,02	23±2	31±6

	lower s. Pankrushihа							
13	Бурла, lower с. Панкруши-ха Burlа, above s. Pankrushihа	0,56±0,11	0,76±0,15	0,031±0,016	0,60±0,09	0,20±0,03	25±3	28±6
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kuryа, upper s. Ust_Kuryа	0,85±0,17	1,0±0,2	0,034±0,017	0,56±0,08	0,19±0,03	28±3	39±8
15	Бурла, в с. Хабары Burlа, s. Nabary	0,82±0,16	1,1±0,2	0,014±0,007	0,56±0,08	0,18±0,03	30±3	36±7
16	Бурла, ниже с. Бурла Burlа, lower s. Burlа	2,4±0,5	0,86±0,17	<0,003	0,11±0,02	0,094±0,010	28±3	112±17
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, in Karasuk town	1,0±0,2	0,60±0,12	0,012±0,006	0,79±0,12	0,26±0,04	17±2	31±6
18	Баган, в п. Баган Bagan, s. Bagan	2,0±0,4	1,1±0,2	0,021±0,011	1,7±0,3	0,57±0,08	29±3	106±16
19	Сума, у с. Усть- Сумы Sumа, s. Ust-Sumy	1,4±0,3	1,0±0,2	0,023±0,012	0,29±0,04	0,096±0,010	27±3	39±8
20	Каргат, ниже г. Каргат Kargat, lower Kargat town	0,89±0,18	1,1±0,2	0,025±0,013	0,18±0,03	0,060±0,008	30±3	42±8
21	Чулым, у г. Чулым Chulym, in Chulym town	0,91±0,18	1,4±0,3	0,012±0,006	0,31±0,05	0,098±0,010	32±3	43±9

Примечание: жирным шрифтом выделены превышения норматива. ПО – перманганатная окисляемость
 Note: excesses of the standard are highlighted in bold. PO – permanganate oxidation

Гидробиологические показатели. Ведущая роль в функционировании пресноводных экосистем принадлежит фитопланктону – микроскопическим водорослям, обитающим в толще воды. За счет фотосинтеза фитопланктона в равнинных реках создается первичное органическое вещество, составляющее энергетическую основу для всех последующих звеньев биологической продукции в водоеме. В современных гидроэкологических исследованиях в качестве показателя уровня развития фитопланктона используют содержание хлорофилла (Хл) *a*, как основного фотосинтетического пигмента водорослей [17–18]. Концентрация Хл *a* считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который позволяет получить сведения о пространственном распределении фитопланктона, санитарно-биологических характеристиках качества воды и трофическом статусе водоемов [19].

Исследованные реки Обь-Иртышского междуречья характеризовались относительно высокими значениями концентрации Хл *a*, соответствующими эвтрофному (8–25 мг/м³) и даже гиперэвтрофному (более 25 мг/м³) уровню (рис. 2). Мезотрофный статус (2,5–8 мг/м³) отмечен только в реках Волчиха, Кулунда (нижнее течение), Бурла (верхнее и среднее течение), Карасук, Сума и Каргат,

олиготрофный – в р. Чулым (менее 2,5 мг/м³). Содержание продуктов распада хлорофилла – феопигментов в большинстве рек было низким (менее 30%), что указывает на высокую долю активных клеток в сообществах. Повышение данного показателя отмечено в реках с более быстрым течением и невысоким развитием фитопланктона (р. Касмала, р. Кулунда (с. Шимолино) и р. Бурла (с. Хабары).

В соответствии с Комплексной экологической классификацией поверхностных вод суши по эколого-санитарным показателям [9] качество воды рек Волчиха, Кулунда (нижнее течение), Бурла (верхнее и нижнее течение), Чулым и Каргат по содержанию Хл *a*, относятся к классу 1 (предельно чистые); реки Касмала, Кучук, Курья, Карасук и Баган – к классу 2 (чистые воды); реки Кулунда (верхнее и среднее течение), Суетка и Паньшиха – к классу 3 (удовлетворительной чистоты); реки Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – к классу 4 (загрязненные воды).

Зоопланктон как регулятор функционирования экосистем принимает участие в процессах самоочищения и служит надежным индикатором качества воды [20–21]. В мае 2021 г. в зоопланктоне обследованных степных рек бессточной области Алтайского края и Новосибирской области обнаружено 96 видов и форм: 68 – *Rotifera*, 18 – *Cladocera*, 10 –

Copepoda (рис. 3). По числу видов в исследованных реках преобладали коловратки, за исключением реки Беган, в которой преобладали *Copepoda*. Наиболее часто встречались *Notholca acuminata extense* Oloffson, 1918 (57%), *Notholca acuminata acuminata* Ehrenberg, 1832 (52%), *Notholca squamula squamula* Müller, 1786

(42%) и *Lecane arcuata* Брысе, 1891 (43%). Эти виды относятся к эупланктонным видам, род *Notholca* типичен весной. Значения индекса сапробности Пантле и Букк ($1,03 \pm 0,08$) для зоопланктона свидетельствуют о преимущественно олигосапробных условиях в исследованных реках в период половодья.

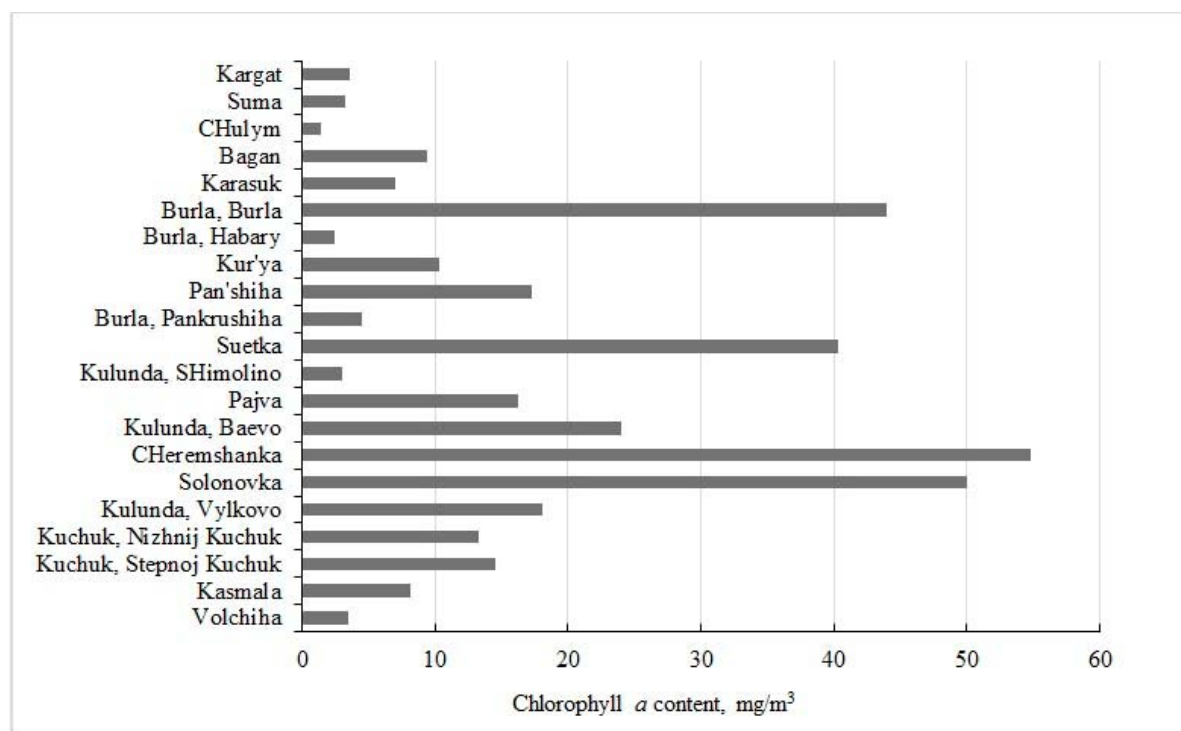


Рисунок 2. Содержание хлорофилла *a* в воде исследуемых рек
Figure 2. Content of chlorophyll *a* in the water of the rivers studied

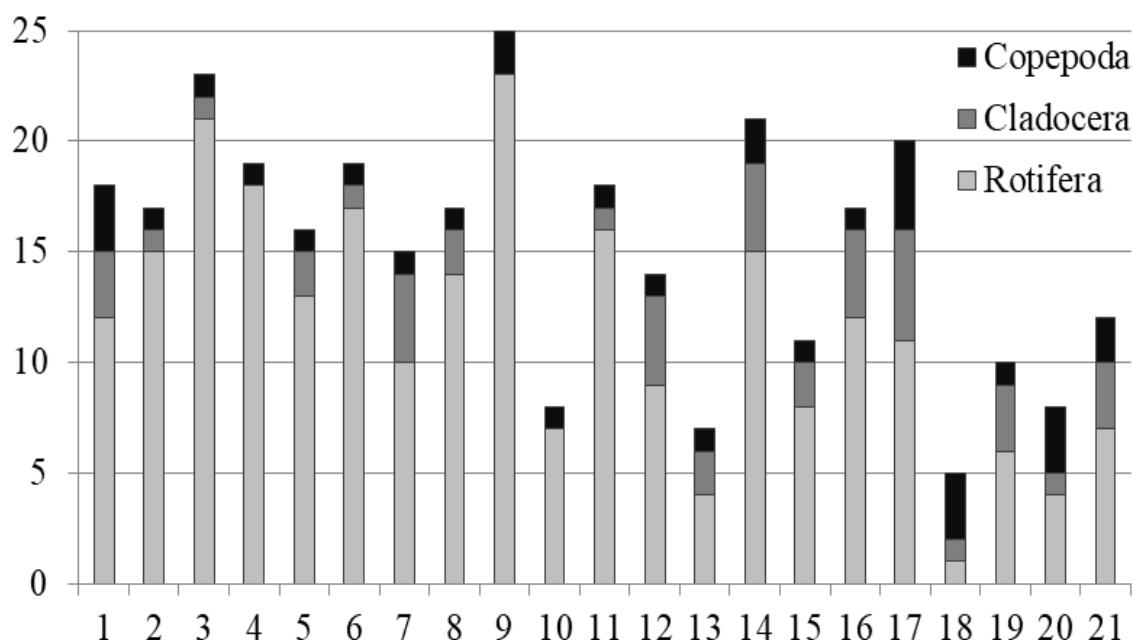


Рисунок 3. Соотношение числа видов основных групп зоопланктона
Figure 3. Ratios of the number of species of the main groups of zooplankton

Наиболее богаты по числу видов зоопланктона (табл. 4) реки Черемшанка и Кучук (в районе с. Степной Кучук). Равномерность распределения особей зоопланктона

(по индексам доминирования и выравненности) и значения индекса видового разнообразия Шеннона указывают на благоприятные условия обитания

планктонных организмов в большинстве исследованных рек. Наиболее благоприятные условия отмечены в реках Чулым и Кучук (в районе с. Нижний

Кучук), худшие – в реках Кулунда (Баево) и Бурла (выше с. Панкрушиха).

Таблица 4. Показатели видового разнообразия зоопланктона степных рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья в мае 2021 г.

Table 4. Indicators of the species diversity of zooplankton in the steppe rivers of the inland region of the Ob-Irtysh interfluvium in May 2021

№	Река, пункт отбора River, settlement	Число видов Number of species	Индекс доминирования Симпсона Simpson index	Индекс Пиелоу Pielou index	Индекс Шеннона Shannon index	Индекс сапробности Пантле и Букк Pantle & Buck index
01	Касмала, ниже с. Буканское Kasmala, lower s. Bukanskoe	18	0,19	0,66	2,86	0,77
02	Волчиха, с. Волчиха Volchiha, s. Volchiha	17	0,32	0,49	2,09	0,75
03	Кучук, с. Степной Kuchuk, s. Stepnoi	23	0,39	0,44	2,05	1,21
04	Кучук, с. Нижний Kuchuk, s. Nizhnij	19	0,15	0,75	3,25	1,55
05	Кулунда, выше с. Шимолино Kulunda, above s. Shimolino	16	0,32	0,56	2,34	0,59
06	Суетка, с. Нижняя Suetka, s. Nizhnaya	19	0,30	0,56	2,48	1,37
07	Пайва, lower с. Павловка Pajva, below s. Pavlovka	15	0,19	0,69	2,74	1,04
08	Кулунда, upper settlement Kulunda, upper settlement	17	0,60	0,35	1,48	1,59
09	Баево, Черемшанка, ниже с. Черемшанка Baevo, Cheremshanka below s. Cheremshanka	25	0,32	0,49	2,34	0,76
10	Солоновка, вблизи устья Solonovka, near mouth	8	0,47	0,52	1,65	0,97
11	Кулунда, ниже с. Вылково Kulunda, s. Vylkovo	18	0,32	0,52	2,23	1,24
12	Паньшиха, ниже с. Панкрушиха Pankrushiha, s. Pankrushiha	14	0,49	0,42	1,68	1,15
13	Бурла, выше с. Панкрушиха Burla, upper s. Pankrushiha	7	0,53	0,39	1,24	0,9
14	Курья, выше с. Усть-Курья Kurya, above	21	0,30	0,59	2,65	0,43

s. Ust_Kurya						
15	Бурла, в с. Хабары Burla, s. Habary	11	0,22	0,72	2,58	0,55
16	Бурла, below с. Бурла Burla, s. Burla	17	0,26	0,62	2,67	1,57
17	Карасук, в г. Карасук Karasuk, in Karasuk town	20	0,44	0,46	2,12	1,12
18	Баган, в с. Баган Bagan, in s. Bagan	5	0,42	0,54	1,8	1,38
19	Сума, у с. Усть-Сумы Suma, in s. Ust-Sumy	10	0,24	0,67	2,22	1,25
20	Каргат, lower г. Каргат Kargat, Kargat town	8	0,41	0,60	2,07	0,84
21	Чулым, у г. Чулым Chulim, in Chulim town	12	0,17	0,74	2,96	0,55

По структурным характеристикам зоопланктона качество воды соответствовало преимущественно 2 классу – чистая. Значения индекса сапробности в р. Кучук (с. Нижний Кучук), р. Кулунда, р. Бурла (ниже с. Бурла) соответствовали бета-мезосапробным условиям и 3 классу качества воды (умеренно-загрязненная). Анализ литературных данных показывает, что для исследованных рек характерны сезонные изменения структурных характеристик зоопланктона, приводящие к повышению уровня сапробности до бета-мезосапробного уровня [22–23].

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов и ретроспективных гидрохимических данных свидетельствует об имеющейся тенденции увеличения уровня минерализации и метаморфизации химического состава природных речных вод бессточной области Обь-Иртышского междуречья. Для большинства рек характерны повышенные концентрации органических и биогенных веществ, что, вероятно, является результатом длительного использования территории речных бассейнов в сельскохозяйственных целях.

Высокий уровень биогенной нагрузки на водотоки обуславливает повышенное развитие фитопланктонных сообществ. Большинство рек бессточной области характеризуется относительно высокими значениями концентрации Хл *a*, соответствующими эвтрофному и гиперэвтрофному уровню. Однако по эколого-санитарным показателям качество воды только трех рек – Солоновка, Черемшанка и Бурла (нижнее течение) – относятся к классу 4 (загрязненные воды). При этом значения индекса сапробности в рр. Кучук (с. Нижний Кучук), Черемшанка, Бурла (ниже с. Бурла) соответствуют бета-мезосапробным условиям и 3-му классу качества воды (умеренно-загрязненная).

Для детализации полученных результатов экологической оценки требуется дальнейшее изучение водных объектов, в том числе с проведением регулярных мониторинговых исследований. При этом сами водные объекты могут выступить индикаторами

экологического состояния и проблем природопользования изучаемых территорий. Накопленный материал станет основой для определения возможностей использования бессточной области Обь-Иртышского междуречья в социально-экономическом развитии регионов.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работы выполнены в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН, гранта РФФИ №21-55-75002 «Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон» и при поддержке гранта РГО «Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state task of the IWEP SB RAS, RFBR grant No. 21-55-75002 “Development of recommendations for the sustainable sharing of soils and groundwaters: decision-making with the support and participation of stakeholders” and with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference “Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цимбалей Ю.М., Андреева И.В. Учет ландшафтной структуры водосборов при оценке водного баланса водоприемников (на примере бессточной области Обь-Иртышского междуречья) // Известия АО РГО. 2015. N 1(36). С. 23–30.
2. Архив климатических данных. Славгород. Алтайский край. Российская Федерация. URL: <http://climatebase.ru/station/29915/> (дата обращения: 28.10.2021)

3. Винокуров Ю.И., Цимбалеи Ю.М. Региональная ландшафтная структура Сибири. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2006. 96 с.
4. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования город Славгород Алтайского края на период до 2035 года. Утв. решением Славгородского городского собрания депутатов Алтайского края от 29.06.2021 N 23.
5. Красноярова Б.А. Территориальная организация аграрного природопользования Алтайского края. Новосибирск: Изд-во «Наука», 1999. 161 с.
6. Jeffry S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls "a", "b", "c1" and "c2" in algae, phytoplankton and higher plants // *Physiol. Pflanz.* 1975. V. 167. N 2. P. 191–195.
7. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view // *Arch. Hydrobiol.* 1973. Bd. 7. N 7. P. 808–816.
8. Методы изучения пресноводного зоопланктона. Казань: КГУ, 2002. 31 с.
9. Оксий О.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // *Гидробиол. журн.* 1993. N 29 (4). С. 62–76.
10. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1953. 296 с.
11. Майсснер Р., Рупп Х., Шмидт Г., Бондарович А.А., Щербинин В.В., Понькина Е.В., Мациюра А.В., Рудев Н.В., Кожанов Н.А., Пузанов А.В., Балькин Д.Н. Агроклиматический мониторинг сухой степи Алтайского края // *География и природопользование Сибири.* 2017. N 23. С. 121–139.
12. Опустынивание засушливых земель России: новые аспекты анализа, результаты, проблемы. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2009. 298 с.
13. Парамонов Е.Г., Ишутин Я.Н., Симоненко А.П. Кулундинская степь: проблемы опустынивания. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. 137 с.
14. Смирнова Н.П., Волков И.А., Шнитников А.В. Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1982. 304 с.
15. Долматова Л.А. Особенности химического состава воды рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья // *Мир науки, культуры, образования.* 2011. N 6-1 (31). С. 260–264.
16. Ресурсы поверхностных вод районов освоения ресурсных и залежных земель: Вып. 4: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области. Л., 1962.
17. Mischke U., Venohr H., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers // *International review of hydrobiology.* 2011. Vol. 96. Iss. 5. P. 578–598.
18. Hu. R. et al. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir // *Hydrobiologia.* 2016. V. 763. Iss. 1. P. 109–124.
19. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa: National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004. Report N 1–8. 133 p.
20. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
21. Derevenskaya O., Umyarova R. Zooplankton as an indicator of river ecological condition // *International Journal of Pharmacy & Technology.* 2016. V. 8. N 2. P. 14567–14574.
22. Ермолаева Н.И. Зоопланктон // *Биоразнообразие Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь).* Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2010. С. 105–123.
23. Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Кириллова Т.В., Яныгина Л.В., Долматова Л.А., Котовщиков А.В., Жукова О.Н., Соколова М.И. Сравнительный анализ экосистем разнотипных озёр Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока // *Наука – Алтайскому краю: сборник научных статей.* Вып. 3. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2009. 354 с.

REFERENCES

1. Cimbalej Yu.M., Andreeva I.V. Taking into account the landscape structure of watersheds in assessing the water balance of water intakes (on the example of the drainless region of the Ob-Irtysh interfluvium). *Izvestiya AO RGO [Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society]*. 2015, no. 1 (36), pp. 23–30. (In Russian)
2. *Arkhiv klimaticheskikh dannikh. Slavgorod. Altaiskii krai. Rossiiskaya Federatsiya* [Archive of climatic data. Slavgorod. Altai region. Russian Federation]. Available at: <http://climatebase.ru/station/29915/> (accessed 28.10.2021). (In Russian)
3. Vinokurov Yu.I., Cimbalej Yu.M. *Regional'naya landshaftnaya struktura Sibiri* [The Regional Landscape Structure of Siberia]. Barnaul, Altai State University Publ., 2006, 96 p. (In Russian)
4. *Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya munitsipal'nogo obrazovaniya gorod Slavgorod Altaiskogo kraja na period do 2035 goda* [Strategy for the socio-economic development of the municipality of the city of Slavgorod, Altai Territory for the period up to 2035]. Approved by the decision of the Slavgorod City Assembly of Deputies of the Altai Territory dated 29.06.2021, no. 23. (In Russian)
5. Krasnoyarova B.A. *Territorial'naya organizatsiya agrarnogo prirodoopol'zovaniya Altaiskogo kraja* [Territorial organization of agrarian nature management in the Altai Territory]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1999, 161 p. (In Russian)
6. Jeffry S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls "a", "b", "c1" and "c2" in algae, phytoplankton and higher plants. *Physiol. Pflanz*, 1975, vol. 167, no. 2, pp. 191–195.
7. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view. *Arch. Hydrobiol.*, 1973, Bd. 7, no. 7, pp. 808–816.
8. *Metody izucheniya presnovodnogo zooplanktona* [Methods for studying freshwater zooplankton]. Kazan', KGU Publ., 2002, 31 p. (In Russian)
9. Oksiyuk O.P. et al. Integrated ecological classification of land surface water quality. *Gidrobiol. zhurn.*, 1993, no. 29 (4), pp. 62–76. (In Russian)
10. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry]. Leningrad, Hydrometeorological Publ., 1953, 296 p. (In Russian)
11. Majssner R., Rupp H., Shmidt G., Bondarovich A.A., Shcherbinin V.V., Pon'kina E.V., Macyura A.V., Rudev N.V., Kozhanov N.A., Puzanov A.V., Balykin D.N. Agroclimatic monitoring of the dry steppe of the Altai Territory. *Geografiya i prirodoopol'zovanie Sibiri* [Geography and Nature Management of Siberia]. 2017, no. 23, pp. 121–139. (In Russian)
12. *Oпустынивание zasushlivykh zemel' Rossii: novye aspekty analiza, rezul'taty, problemy.* [Desertification of arid lands in Russia: new aspects of analysis, results, problems]. Moscow, KMK Association of Scientific Publ., 2009, 298 p. (In Russian)
13. Paramonov E.G., Ishutin Ya.N., Simonenko A.P. *Kulundinskaya step': problemy opustynivaniya* [Kulunda steppe: problems of desertification]. Barnaul, Altai State University Publ., 2003, 137 p. (In Russian)
14. Smirnova N.P., Volkov I.A., Shnitnikov A.V. *Pul'siruyushchee ozero Chany* [Pulsating Chany Lake]. Leningrad, Nauka Publ., 1982, 304 p. (In Russian)
15. Dolmatova L.A. Peculiarities of the chemical composition of river water in the closed region of the Ob-Irtysh interfluvium. *Mir nauki, kul'tury i obrazovaniya* [The world of science,

culture, education]. 2011, no. 6-1 (31), pp. 260–264. (In Russian)

16. *Resursy poverkhnostnykh vod raionov osvoeniya resursnykh i zaleznykh zemel': Vyp. 4: Ravniny Altaiskogo kraya i yuzhnoi chasti Novosibirskoi oblasti* [Resources of surface waters in the areas of development of resource and fallow lands: Issue. 4: Plains of the Altai Territory and the southern part of the Novosibirsk Region]. Leningrad, 1962. (In Russian)
17. Mischke U., Venohr M., Behrendt H. Using Phytoplankton to Assess the Trophic Status of German Rivers. *International Review of Hydrobiology*. 2011, vol. 96, iss. 5, pp. 578–598.
18. Hu R. et al. Tracking management-related water quality alterations by phytoplankton assemblages in a tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 2016, vol. 763, iss. 1, pp. 109–124.
19. Environment Canada: national guidelines and standards office. Water policy and coordination directorate. Canadian guidance framework for the management of phosphorus in freshwater system. Ottawa, National Guidelines and Standards Office Water Policy and Coordination Directorate Environment Canada, 2004, Report no. 1–8, 133 p.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени осуществляли сбор научного материала, анализ и интерпретацию результатов исследования, подготовку, написание и корректировку рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других этических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

20. Krylov A.V. *Zooplankton ravninnykh malykh rek* [Zooplankton of lowland small rivers]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 263 p. (In Russian)

21. Derevenskaya O., Umyarova R. Zooplankton as an indicator of river ecological condition. *International Journal of Pharmacy & Technology*, 2016, vol. 8, iss. 2, pp. 14567–14574.
22. Ermolaeva N.I. Zooplankton. In: *Bioraznoobrazie Karasuksko-Burlinskogo regiona (Zapadnaya Sibir')* [Biodiversity of the Karasuksko-Burlinsky region (Western Siberia)]. Novosibirsk, SB RAN Publ., 2010, pp. 105–123. (In Russian)
23. Kirillov V.V., Zarubina E.YU., Bezmaternyh D.M., Ermolaeva N.I., Kirillova T.V., Yanygina L.V., Dolmatova L.A., Kotovshchikov A.V., Zhukova O.N., Sokolova M.I. Comparative analysis of ecosystems of different types of lakes in the Kasmalinskaya and Kulunda valleys of ancient runoff. In: *Nauka Altaiskomu krayu - sbornik nauchnykh statei* [Science – Altai Territory: collection of articles]. Barnaul, AltGTU Publ., 2009, iss. 3, 354 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors equally carried out the collection of scientific material, analysis and interpretation of the results of the study, preparation, writing and correction of 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

Ирина Д. Рыбкина / Irina D. Rybkina <https://orcid.org/0000-0002-0081-0652>
Любовь В. Яныгина / Lyubov V. Yanygina <https://orcid.org/0000-0001-6738-2769>
Михаил С. Губарев / Mihail S. Gubarev <https://orcid.org/0000-0003-0693-6371>
Ольга С. Бурмистрова / Olga S. Burmistrova <https://orcid.org/0000-0002-4895-6875>
Антон В. Котовщikov / Anton V. Kotovshchikov <https://orcid.org/0000-0001-8427-3329>

Оригинальная статья / Original article
УДК 631.11: 631.5: 631.81: 574.2
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-117-125

Богарное земледелие в степной и лесостепной зоне бассейна Урала и адаптация агротехнологий к изменяющейся влагообеспеченности, как способ сохранения ресурсов поверхностных вод

Юрий А. Гулянов, 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. +7(3532)774432

Email orensteppe@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Формат цитирования

Гулянов Ю.А., Чибилев А.А. Богарное земледелие в степной и лесостепной зоне бассейна Урала и адаптация агротехнологий к изменяющейся влагообеспеченности, как способ сохранения ресурсов поверхностных вод // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 117-125. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-117-125

Получена 12 сентября 2022 г.

Прошла рецензирование 31 октября 2022 г.

Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Определение связи урожаев зерна озимой пшеницы с метеорологическими параметрами. Выявление их динамики и современного уровня. Подбор и научное обоснование адаптивных приёмов агротехники.

Материал и методы. Ретроспективный анализ метеорологических условий и валовых сборов озимой пшеницы стандартными методами корреляционного и регрессионного анализа. Определение силы связи между данными отдельных массивов. Выявление совместной вариации результативных и факторных признаков путём попарного сравнения их временных рядов.

Результаты. Выявлено шесть совместных вариаций временных рядов результативных (валовой сбор зерна) и факторных признаков (гидротермические условия периодов вегетации и структурные показатели посевов) со средней и высокой теснотой корреляционной связи, выраженной в виде уравнений множественной регрессии.

Заключение. Результаты проведённых исследований свидетельствуют о тесной прямой связи валовых сборов зерна с урожайностью с уборочной площади ($r = 0,79$), в свою очередь обратно зависимой (в средней степени) от суммы активных температур воздуха всего периода от посева до уборки ($r = 0,64$). Из осадков различных периодов вегетации преимущественное прямое влияние на урожайность зерна оказывают осадки холодного периода года ($r = 0,49$) и всего активного периода вегетации от начала парования до уборки ($r = 0,39$). Влияние сумм осадков за отдельные короткие периоды вегетации значительно ниже. В сложившихся условиях стабильность производства зерна озимой пшеницы будет определяться адаптивностью агротехнологий к повышающейся засушливости климата, значительно ухудшающей влагообеспеченность растений.

Ключевые слова

Оптимизация природопользования, климатические изменения, влагообеспеченность посевов, озимая пшеница, методы адаптации.

Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources

Yuriy A. Gulyanov and Alexander A. Chibilev

Steppe Institute, Orenburg Federal Research Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Principal contact

Alexander A. Chibilev, Academician, Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St, Orenburg, Russia 460000.

Tel. +7(3532)774432

Email orensteppe@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

How to cite this article

Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Rain-fed agriculture in the steppe and forest-steppe zone of the Ural River basin and the adaptation of agricultural technologies to changing moisture availability as a way to preserve surface water resources. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 117-125. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-117-125

Received 12 September 2022

Revised 31 October 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. The aim of the research was to determine the relationship of winter wheat grain yields with meteorological parameters, the determination of the dynamics and current level and the selection and scientific justification of adaptive agricultural technologies.

Material and Methods. Retrospective analysis was undertaken of meteorological conditions and gross winter wheat harvests by standard methods of correlation and regression analysis. The strength of the connection between the data of individual arrays was determined, as well as the identification of joint variation of productive and factorial features by pairwise comparison of their time series.

Results. Six joint variations of time series of productive (gross grain harvest) and factorial features (hydrothermal conditions of vegetation periods and structural indicators of crops) with medium and high closeness of correlation, expressed in the form of multiple regression equations, were revealed.

Conclusion. The results of the studies indicate a close direct relationship between gross grain harvest and yield from the harvesting area ($r = 0.79$), which in turn is inversely dependent (to an average degree) on the sum of the active air temperatures of the entire period from sowing to harvesting ($r = 0.64$). Из осадков различных периодов вегетации преимущественное прямое влияние на урожайность зерна оказывают осадки холодного периода года ($r = 0.49$) и всего активного периода вегетации от начала парования до уборки ($r = 0.39$). Of the precipitation of different periods of vegetation, the predominant direct effect on grain yield is exerted by precipitation during the cold period of the year ($r = 0.49$) and the entire active period of vegetation from the beginning of fallow to harvest ($r = 0.39$). The effect of amounts of precipitation for certain short periods of vegetation is much lower. Under current conditions, the stability of winter wheat grain production will be determined by the adaptability of agricultural technologies to the increasing aridity of the climate, which significantly worsens the moisture supply of plants.

Key Words

Nature management optimization, climate change, water availability of crops, winter wheat, adaptation methods.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях крайне обостренных экологических проблем, порожденных длительной практикой экстенсивного землепользования, ощутимые климатические изменения, выражающиеся в повышении засушливости климата, предполагают оперативную разработку действенных мер по адаптации к ним современного земледелия. В первую очередь это касается совершенствования технологий возделывания зерновых хлебных культур (пшеницы, кукурузы и др.) с учётом изменяющейся влагообеспеченности посевов.

Пшеница относится к числу самых распространённых хлебных культур, определяющих продовольственную безопасность растущего населения Земли и являющейся весомой составляющей мировой торговли. По объёмам среднегодового производства (2019 г.) пшеница занимает третью строчку в рейтинге важнейших видов зерновых культур (734 млн т), после риса (782 млн т) и кукурузы (1,14 млрд т).

Основными производителями пшеницы традиционно считаются страны Азиатско-Тихоокеанского региона (из которых около трети валового сбора получают в Китае и Индии – 130,0 и 100,0 млн т) и Россия, обеспечивающая до 10,0% мирового сбора (72,1 млн т). Лидером среди европейских стран является Франция (35,8 млн т). В Северной Америке больше всего пшеницы выращивают в США (51,3 млн т), на Ближнем Востоке – в Турции (20,0 млн т), из африканских стран – в Египте (8,8 млн т), из латиноамериканских – в Аргентине (18,5 млн т) [1].

Доля экспортного зерна из России на мировом рынке достигает 6%, а 70% в общей стоимости зернового экспорта страны составляет выручка от продажи пшеницы.

Признанными житницами пшеничного зерна в России являются регионы Южного (21,0 млн т) и Центрального (15,1 млн т) федеральных округов. В Приволжском федеральном округе, вносящем в российский урожай около 12,0 млн т, наибольшими сборами выделяются республики Башкортостан, Татарстан, Саратовская и Оренбургская области. В Оренбургской области, ежегодно собирающей около 1,5 млн т или 2,3% от урожая по стране, на больших площадях возделывается и яровая, и озимая пшеница, занимающая восточнее (в Зауралье и Сибири), уже несопоставимо меньшие с яровой пшеницей площади [2].

Озимая пшеница является культурой высокого земледелия, хорошо отзываящаяся на оптимизацию и интенсификацию факторов внешней среды и значительно снижающая реализацию биологического потенциала продуктивности при их лимитировании.

Как известно, основными факторами жизнеобеспеченности озимой пшеницы являются условия водного, минерального питания и термический режим почвы и воздуха. Обеспеченность растений минеральными питательными элементами определяется уровнем почвенного плодородия, а водный и термический режимы чаще зависят от метеорологических параметров, особенно в регионах сухостепной зоны [3].

На формирование 1 г сухого вещества в начале вегетации посевы озимой пшеницы расходуют до 800–1000 г воды. С возрастом этот показатель

(транспирационный коэффициент) постепенно снижается и к завершению вегетации обычно составляет 150–200 единиц, при средних за вегетацию значениях 450–550 единиц [4]. Наиболее подходящие условия влагообеспеченности для формирования высоких урожаев складываются при влажности почвы в корнеобитаемом слое на уровне 70–75% от предельной полевой влагоёмкости. Высокая потребность в воде отмечается сразу же после посева. Только для набухания и прорастания семян требуется до 45–50% воды от массы самих семян. Наибольшее количество влаги посевы расходуют в период максимального развития вегетативной массы и формирования репродуктивных органов – в фазы выхода в трубку и цветения. Высокая потребность в воде сохраняется и после цветения, в период формирования и созревания зерна [5].

Отношение озимой пшеницы к теплу характеризуется суммой активных температур, управляющих длительностью этапов органогенеза, и устойчивостью к низким температурам, определяющей жизнеспособность растений в период зимовки. Общая потребность озимой пшеницы в тепле определяется суммой положительных температур от посева до полной спелости зерна, составляющей в среднем 1850–2200°C. Зоной экологической валентности считается температурный интервал от 4–5°C до 37–40°C, за пределами которого затрудняется прирост сухого вещества. В зимний период озимая пшеница способна переносить кратковременное понижение температуры почвы в зоне узла кущения до минус 16°C – минус 18°C. Лучше перезимовывают хорошо развившиеся с осени посевы, прошедшие закалку и укрытые снегом.

Озимая пшеница достаточно чувствительна к абиотическим стрессам. Различные неблагоприятные погодные условия могут значительно снижать валовые сборы зерна [6–8] и сопровождаться ощутимыми финансовыми издержками [9]. К примеру, длительные летние периоды без дождей, особенно накануне посева, становятся причиной иссушения верхнего слоя почвы, снижения полевой всхожести семян, получения недружных, слабых всходов. Критически низкие температуры в бесснежные и малоснежные зимы могут приводить к массовой гибели растений, изреженности продуктивного стеблестоя и существенному снижению урожайности [10]. Продолжительная засуха в весенне-летний период замедляет рост вегетативной массы, особенно листьев, ускоряет их старение, что приводит к снижению эффективности использования солнечной радиации [11]. Чрезвычайно высокие температуры в период цветения, как правило, сопровождаются уменьшением количества зёрен в колосе, вызывая фертильность цветков [12; 13]. При наливе зерна в отсутствие достаточного количества атмосферной и почвенной влаги это становится причиной формирования не полностью сформировавшегося, мелкого и щуплого зерна с низкими качественными показателями [14; 15].

Как видно из представленной информации, мировым научным сообществом достаточно активно прорабатываются биологические особенности озимой пшеницы, выявляется зависимость урожайного потенциала от метеорологических параметров территорий возделывания. Не менее активно такие

исследования проводятся и в основных зернопроизводящих регионах России.

В степном Оренбуржье, на наш взгляд, таких исследований проведено ещё недостаточно, особенно в условиях меняющегося климата. Не выработана стратегия адекватного технологического ответа на природные и антропогенные вызовы, исключающего орошение из-за отсутствия достаточных ресурсов поверхностных вод и его негативные последствия, выражающиеся в значительном повышении затратности и усилении техногенной нагрузки, активизации засоления и эрозионных процессов. К тому же, обустройство примитивных полуправильных водозаборов и неконтролируемый сброс оросительных вод, как это зачастую наблюдается в пустынной зоне низовий Урала, дополнительно сопровождается катастрофическим загрязнением и разрушением берегов реки.

Цель настоящих исследований заключалась в определении связи урожая зерна озимой пшеницы в отдельных административных районах Заволжской степной провинции с метеорологическими параметрами, выявлении их динамики, современного уровня, подборе и научном обосновании адаптивных приёмов богарной агротехники.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- актуализировать представления о биологических особенностях озимой пшеницы и влиянии метеорологических параметров на формирование урожая;
- определить связь структурных элементов урожая с гидротермическими условиями периодов вегетации и выявить метеорологические факторы, в наибольшей степени влияющие на реализацию урожайного потенциала;
- провести ретроспективный анализ гидротермических условий отдельных периодов вегетации, выявить их динамику и определить современные параметры;
- обосновать направления адаптации агротехнологий к современным климатическим тенденциям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследований выступали административные районы Центральной и Западной почвенно-климатических зон Оренбургской области, приуроченные к Заволжской степной провинции и принимающие активное участие в формировании областного урожая озимой пшеницы.

Заволжская степная провинция занимает практически всю расположенную южнее Предуральской лесостепной провинции территорию Оренбургского Предуралья, за исключением самых южных, граничащих с Республикой Казахстан, окраин Ташлинского, Илекского, Соль-Илецкого и Акбулакского районов, входящих в Заволжскую сухостепную провинцию. Почвенный покров представлен чернозёмами обыкновенными и южными [16; 17].

Предметом исследований служили результаты хозяйственной деятельности и метеорологические условия за истекший 32-х летний период (1990–2021 гг.). В качестве метеорологической информации использовали данные метеорологических станций Росгидромета [18], а в качестве информации об

объёмах производства озимой пшеницы – данные Единой межведомственной информационно-статистической системы России [2] и сведения Министерства сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области.

Метеорологические условия исследуемых территорий (1990–2021 гг.) оценивались по количеству выпавших атмосферных осадков (мм), температуре воздуха (°C), сумме активных (более 10°C) температур и гидротермическому коэффициенту (ГТК) Селянинова [19]. Их определение осуществлялось как в целом за год, так и за его части (период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C или период активных температур и холодный период года), а также периоды, приуроченные к вегетации озимой пшеницы. Отдельно выделяли предшествующий посеву период парования (с мая по август), период осенней (с августа по октябрь) и весенне-летней (с апреля по июнь) вегетации. Оценка засушливости климата осуществлялась на основе гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). При значениях ГТК от 1,3 до 1,0 условия увлажнения считали слабо-засушливыми, от 1,0 до 0,7 – засушливыми, от 0,7 до 0,4 – очень засушливыми и ниже 0,4 – сухими.

Математическая обработка анализируемых данных проводилась стандартными статистическими методами корреляционного и регрессионного анализа [20] в *Microsoft Office Excel*. Для оценки силы связи между данными отдельных массивов, имеющими нормальное распределение, использовали коэффициент корреляции Пирсона (r). При его значениях от 0,1 до 0,3 корреляционную зависимость считали слабой, от 0,3 до 0,7 – средней и больше 0,7 – сильной [21]. Для более точной оценки силы корреляционной связи пользовались интерпретацией абсолютных значений r по Чеддоку [22]. Выявление совместной вариации результативных и факторных признаков проводилось путём попарного сравнения временных рядов площадей посева (га), площадей уборки (га), валового сбора зерна (т), урожайности с посевной площади (т/га), урожайности с уборочной площади (т/га) с гидротермическими условиями различных периодов вегетации озимой пшеницы. К ним относили суммы активных температур воздуха (°C), осадков (мм) и ГТК Селянинова за периоды: предпосевной (период парования) – с мая по август года посева; осенней вегетации – с августа по октябрь года посева; весенне-летней вегетации – с апреля по июнь года уборки; периода от начала парования до уборки – с мая года посева по июнь года уборки и периода от посева до уборки – с августа года посева по июнь года уборки. Дополнительно определяли связь результативных признаков с осадками месяца посева (август); осадками холодного периода (периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 10°C); осадками всего периода вегетации – с августа года посева по июнь года уборки, включая осадки холодного периода. В совокупности на наличие связей проведено сравнение 248 пар результативных и факторных признаков, представленных 14–32-х летними временными рядами.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате перекрёстного определения связи структурных элементов урожая озимой пшеницы между

собой и с гидротермическими условиями периодов вегетации выявлено шесть совместных вариаций временных рядов результативных (валовой сбор зерна) и факторных признаков с теснотой корреляционной связи выше слабой, с абсолютными значениями коэффициента корреляции Пирсона (r) более 0,3.

С площадью уборки и урожайностью с посевной и уборочной площади связь валовых урожаев прямая сильная высокая (r от 0,74 до 0,79), наиболее тесная с уборочной площадью. С площадью посева, суммой активных температур воздуха и суммой осадков (включая холодную часть года) периодов вегетации (от

даты посева до даты уборки) выявлена средняя умеренная связь (r от 0,33 до 0,48), причём с суммой активных температур связь обратная.

На основе парных коэффициентов корреляции приведённых признаков получено уравнение множественной регрессии с долей дисперсии зависимой переменной (Y) от объясняющих переменных (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 и X_6) достаточно хорошего уровня 93,0% ($R^2 = 0,93$), в натуральной форме имеющее вид:

$$Y = 0,0658x_1 + 1,5754x_2 + 59,5264x_3 + 19184,7368x_4 - 3,5570x_5 - 8,7599x_6 - 18377,3041,$$

где: Y — валовой сбор зерна озимой пшеницы, т

x_1 — площадь посева, га

x_2 — площадь уборки, га

x_3 — урожайность с посевной площади, т/га

x_4 — урожайность с уборочной площади, т/га

x_5 — сумма активных температур воздуха от даты посева до даты уборки, °C

x_6 — сумма осадков (включая холодный период года) от даты посева до даты уборки, мм

Стандартизованная форма данного уравнения в виде:

$$t_y = 0,7660E - 01t_{x_1} + 0,6020t_{x_2} + 0,1830E - 02t_{x_3} + 0,5541t_{x_4} - 0,2486E - 01t_{x_5} - 0,2831E - 01t_{x_6}$$

указывает на преимущественное прямое влияние на валовой сбор зерна размера убранной площади (коэффициент $\beta_2 = 0,6020$) и её урожайности (коэффициент $\beta_4 = 0,5541$), а влияние других переменных заметно ниже.

Как известно, стратегия природосберегающего степного землепользования, активно развиваемая Институтом степи УрО РАН и основывающаяся на оптимальном соотношении различных ландшафтов в структуре земельного фонда, предусматривает переход на интенсивные технологии в растениеводстве и вывод из обработки нарушенных и неустойчивых низкопродуктивных земель [23]. Сохранение стабильных валовых сборов растительного сырья, прежде всего продовольственного назначения (зерно), предполагается за счёт существенного повышения урожайности на остающихся в обработке высокоплодородных полях [24].

В этом отношении представляется целесообразным выявление связей урожайности зерна с

уборочной площади, как фактора интенсификации растениеводства, с различными факторами внешней среды и прежде всего с метеорологическими параметрами — температурой воздуха и атмосферными осадками. В условиях современных климатических тенденций научный поиск в указанном направлении может иметь важное практическое значение для разработки эффективных и своевременных стратегий адаптации.

Как показали наши исследования, из четырёх парных сравнений временных рядов урожайности озимой пшеницы с убранной площади с температурными факторными признаками выделено 2 совместных вариации со средней теснотой корреляционной связи, с абсолютными значениями коэффициента корреляции Пирсона (r) от 0,52 до 0,64.

Полученное на основе парных коэффициентов корреляции уравнение множественной регрессии в натуральной форме имеет вид:

$$Y = 0,5868E - 03x_1 - 0,3103E - 02x_2 + 8,6551,$$

где: Y — урожайность зерна озимой пшеницы с убранной площади, т/га

x_1 — сумма активных температур воздуха в весенне-летнюю вегетацию, °C

x_2 — сумма активных температур воздуха от даты посева до даты уборки, °C

Стандартизованная форма данного уравнения в виде $t_y = 0,1311t_{x_1} - 0,7510t_{x_2}$ свидетельствует о преимущественном обратном влиянии на урожайность зерна озимой пшеницы суммы активных температур воздуха за весь период вегетации, от посева до уборки (коэффициент $\beta_2 = 0,7510$), а влияние

суммы активных температур только весенне-летнего периода (коэффициент $\beta_1 = 0,1311$) имеет подчинённое значение.

Из восьми парных сравнений временных рядов урожайности зерна и количества атмосферных осадков в различные периоды вегетации озимой пшеницы выделено 6 совместных вариаций со средней теснотой корреляционной связи, с абсолютными значениями коэффициента корреляции Пирсона (r) от 0,35 до 0,49, представленных в уравнении множественной регрессии следующего вида:

$$Y = 0,1579E - 02x_1 + 1,9755E - 05x_2 + 0,3296E - 02x_3 + 0,6877E - 02x_4 + 0,9350E - 03x_5 - 0,9977,$$

где: Y — урожайность зерна озимой пшеницы с убранный площади, т/га

X_1 — сумма осадков периода парования, мм

X_2 — сумма осадков активного периода осенней вегетации, мм

X_3 — сумма осадков активного периода от начала парования до уборки, мм

$$t_y = 0,1165t_{x_1} + 0,1145t_{x_2} - 0,2t_{x_3} + 0,3190t_{x_4} + 0,4519t_{x_5} - 0,1046t_{x_6}$$

указывает на преимущественное прямое влияние на урожайность зерна осадков холодного периода года (коэффициент $\beta_4 = 0,4519$) и суммы осадков активного периода от начала парования до уборки (коэффициент $\beta_3 = 0,3190$), а влияние сумм осадков за отдельные короткие периоды вегетации значительно ниже.

Таким образом, из большого числа метеорологических факторов на разных этапах формирования урожая озимой пшеницы наиболее существенное влияние на интенсификацию производства зерна, выражающуюся в изменении урожайности с единицы убранный площади, оказывают (в порядке убывания) сумма активных температур воздуха от даты посева до даты уборки ($^{\circ}\text{C}$), сумма осадков холодного периода года (мм), сумма осадков активного периода от начала парования до уборки (мм) и сумма активных температур воздуха в весенне-летнюю вегетацию ($^{\circ}\text{C}$).

Как известно, эти же метеорологические параметры и определяют влагообеспеченность посевов — при чрезмерно высокой солнечной инсоляции происходят большие потери влаги на непродуктивное испарение с поверхности почвы, вызывая дефицит воды для растений. Аналогичная ситуация в агроценозах

X_4 — сумма осадков холодного периода, мм

X_5 — сумма осадков от посева до уборки, включая осадки холодного периода, мм

Стандартизованная форма данного уравнения в виде:

складывается и при скудных атмосферных осадках или их длительном отсутствии в периоды наибольшей потребности растений [25].

В результате ретроспективного анализа гидротермических условий отдельных периодов вегетации озимой пшеницы на примере трёх районов Заволжской степной провинции выявлена динамика, определены современные параметры и направление снижения влагообеспеченности полевых культур в современных климатических реалиях.

Наибольший средний ресурс активных температур (1294°C) с коэффициентом вариации 13,9% за период весенне-летней вегетации озимой пшеницы отмечен в Центральной почвенно-климатической зоне (Оренбургский район), занимающей восточную часть Заволжской степной провинции. В расположенном в восточной части Западной природно-климатической зоны Сорочинском районе при той же вариативности сумма активных температур оказалась на 53°C ниже и ещё на 13°C ниже (при меньшей на 1 п.п. вариативности) в Бузулукском районе, расположенном на самых западных окраинах области (рис. 1а).

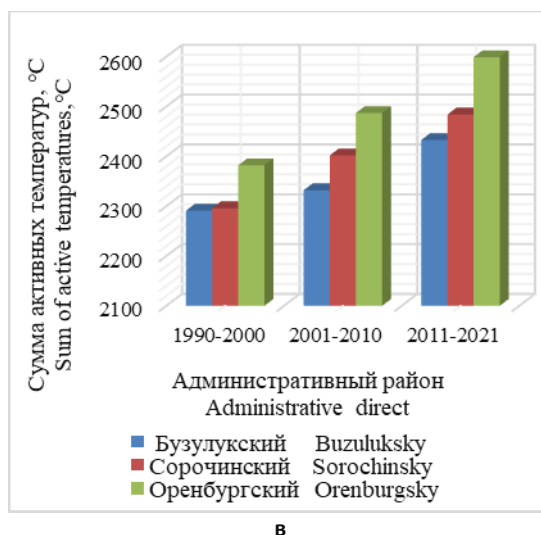
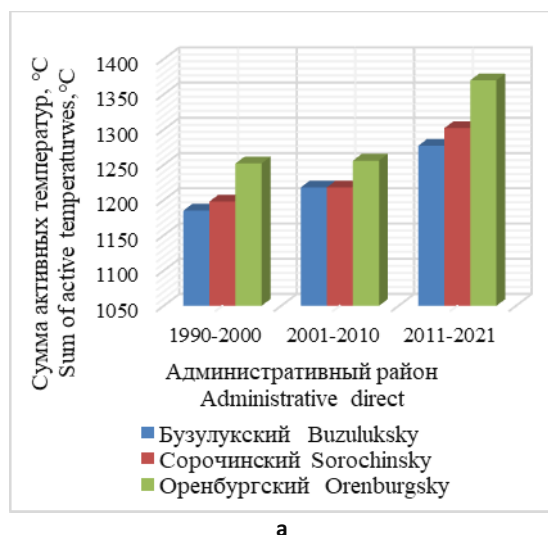


Рисунок 1. Динамика сумм активных температур воздуха за весенне-летний период вегетации озимой пшеницы (а) и за весь период от посева до уборки (б) в административных районах Заволжской степной природно-сельскохозяйственной провинции, Оренбургская область, 1990–2021 гг.

Figure 1. Dynamics of the sum of active air temperatures for the spring-summer growing season of winter wheat (a) and for the entire period from sowing to harvesting (b) in the administrative districts of the Trans-Volga steppe natural agricultural province, Orenburg region, 1990–2021

Установлено существенное изменение суммы активных температур в этот период, выразившееся в её увеличении за 32 года на 185°C (14,3%) в Центральной почвенно-климатической зоне (Оренбургский район) и на 138°C (11,1%) – 90°C (7,3%) в Западной (Сорочинский и Бузулукский районы соответственно).

Аналогичный, только более выраженный прирост термических ресурсов отмечен и за более длительный период — от посева до уборки, включая ещё и период парования (рис. 1б). В центральной части области он составил 370°C (14,8%) и 268°C (11,9%) – 240°C (10,2%) — в западной.

В отношении динамики атмосферных осадков за анализируемый период отмечены определённые географические особенности, выразившиеся в снижении их количества в одних территориях и увеличении в других. Так, количество осадков холодного периода года, в наибольшей степени определяющее урожайность зерна, в самой осадкоде-

фицитной Центральной почвенно-климатической зоне Заволжской степной провинции снизилось на 15,5%. В Сорочинском районе обозначился их незначительный тренд в сторону увеличения (на 2,9%), а в Бузулукском, самом осадкообеспеченном районе Западной природно-климатической зоны, существенный прирост – на 28,9% (рис. 2а).

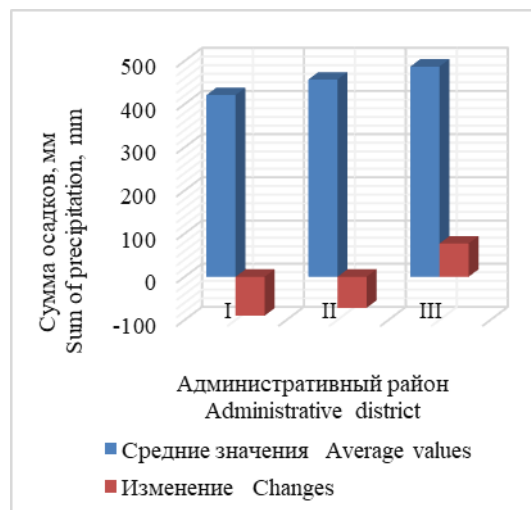
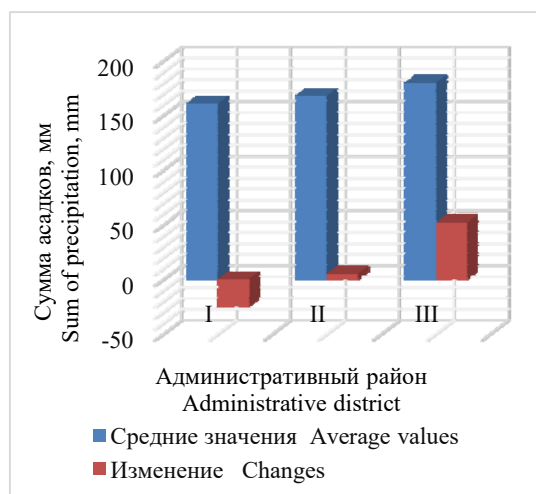


Рисунок 2. Средние значения и изменение количества осадков холодного (а) и всего периода вегетации озимой пшеницы (включая период парования) (б) в административных районах Заволжской степной природно-сельскохозяйственной провинции за 1990–2021 гг. (I – Оренбургский, II – Сорочинский, III – Бузулукский), Оренбургская область

Figure 2. Average values and changes in the amount of precipitation of cold (a) and the entire growing season of winter wheat (including the fallow period) (b) in the administrative districts of the Trans-Volga steppe natural agricultural province for 1990–2021 (I – Orenburgsky, II – Sorochinsky, III – Buzuluksky), the Orenburg region

В отношении количества осадков всего периода вегетации озимой пшеницы, включая и период парования (рис. 2б), отмечены несколько иные особенности: отрицательный тренд выявлен не только в Центральной почвенно-климатической зоне (на 21,3%) но и на восточных окраинах Западной почвенно-климатической зоны (на 15,7%), в основном за счёт значительного сокращения осадков в тёплый период года (на 75 мм).

Результаты проведённого анализа гидротермических условий позволили выявить направленность уменьшения влагообеспеченности посевов и повышения засушливости климата, о чём убедительно свидетельствует и динамика ГТК по Селянинову. Его снижение за период активных температур при среднем значении в Центральной почвенно-климатической зоне 0,62 единицы, соответствующем очень засушливым условиям, составило 0,23 единицы (37,1%). В самых западных территориях области (Бузулукский район) при средних значениях ГТК 0,75 единиц (засушливые условия) снижение составило только 0,05 единиц или 6,7%.

В соответствии с этим для максимальной реализации биологического потенциала возделываемых сортов представляется целесообразной оптимизация пространственного размещения посевов с их преимущественной концентрацией в северо-западной части области и научное обоснование адаптивных технологических приёмов, увязанных с климатическими тенденциями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стабилизация производства зерна озимой пшеницы в богарном земледелии Оренбургской области нуждается в

научном обосновании и разработке перспективных направлений адаптации агротехнологий к повышающейся засушливости климата, значительно ухудшающей влагообеспеченность растений.

Развитие богарного земледелия без изъятия дополнительных поверхностных и подрусловых вод будет способствовать улучшению эколого-гидрологического режима реки Урал, ограничит смыв пестицидов и удобрений, снизит вероятность эрозионных процессов, будет способствовать восстановлению экосистем трансграничной реки.

В пределах Заволжской степной провинции повышению эффективности богарного земледелия могут способствовать технологические приёмы, направленные на сохранение жизнеспособности растений и почвенных влагозапасов в условиях нарастающих термических ресурсов и сокращения количества атмосферных осадков. К главным из них следует отнести посев засухоустойчивых и жаростойких сортов и максимальное сбережение, и рациональное расходование осадков холодного периода года путём посева кулис на паровых полях, снегозадержания, регулирования снеготаяния и снижение засорённости полей. Среди других влагосберегающих технологических приёмов, касающихся всего технологического цикла, включающего и подготовку паровых полей, перспективен переход к влагосберегающей минимальной обработке почвы с мульчированием поверхности поля или её полному исключению – технологиям нулевой обработки почвы, Mini-till, Strip-till, No-till, технологиям прямого посева, Twin-Row, технологиям разбросного поверхностного посева и др. Целесообразна уборка зерновых культур

очесывающими жатками с оставлением на поле практически не повреждённого стеблестоя (с выбранным зерном), выполняющего экологические функции, аналогичные естественным травяным сообществам.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем», № ГР АААА-А21-121011190016-1. Опубликовано при поддержке гранта РГО – Международная конференция «Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейне рек Внутренней Евразии в связи с изменением климата».

ACKNOWLEDGMENT

The research was conducted in the frame of SRW OFRC UB RAS (the Institute of Steppe UB RAS) "Problems of steppe nature management in condition of modern challenges: optimization of the interaction between natural and socio-economical systems", № ГР АААА-А21-121011190016-1. Published with the support of a grant from the Russian Geographical Society – International Conference "Transboundary Geoecological problems and Environmental Management issues in the basin of the rivers of Inner Eurasia in connection with climate change".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.Ерохин В.Л. Мировое производство и торговля основными видами зерновых // Маркетинг и логистика. 2020. N 4 (30). URL: <https://marklog.ru/mirovoe-proizvodstvo-i-torgovlja-osnovnymi-vidami-zernovykh/> (дата обращения: 16.03.2022)
- 2.ЕМИСС. Государственная статистика / Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчёте на убранную площадь). URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (дата обращения: 05.01.2022)
- 3.Гулянов Ю.А. Адаптация приёмов возделывания озимой пшеницы к климатическим особенностям // Земледелие. 2004. N 4. С. 28–29.
- 4.Пакшина С.М., Торилов В.Е., Мельникова О.М., Колыхалина А.Е., Осипов А.А. Урожайность озимой пшеницы и зависимость её от транспирации при дефиците почвенной влаги и элементов питания // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. N 4. С. 27–33.
- 5.Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Попов А.С., Сухарев А.А. Расход влаги при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области // Аграрная Наука Евро-Северо-Востока. 2015. N 5 (48). С. 4–9.
- 6.Barnabas B., Jaeger K., Feher F. The effect of drought and heat stress on reproductive Processes in cereals // Plant Cell Environ. 2008. V. 31. P. 11–38. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x
- 7.Rashid M.A., Andersen M.N., Wollenweber B., Zhang X., Olesen J.E. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat // Agricultural and Forest Meteorology. 2018. V. 248. P. 119–129. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.09.018
- 8.Trnka N., Rotter R.P., Ruiz-Ramos M., Kersebaum K.C., Olesen J.E., Zalud Z., Semenov M.A. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change // Nature Climate Change. 2014. V. 4. P. 637–643. DOI: 10.1038/NCLIMAT2242
- 9.Harkness C., Semenov M.A., Areal F., Senapati N., Trnka M., Balek J., Bishop J. Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 282–283. P. 107862. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862

- 10.Ионова Е.В., Иванисов М.М. Морозостойкость озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2014. N 4. С. 36–40.
- 11.Сухоруков А.Ф., Сухоруков А.А. Селекция озимой пшеницы на засухоустойчивость в Среднем Поволжье // Аграрная наука. 2017. N 5. С. 15–18.
- 12.Alghabari F., Lukas M., Jones H.E., Gooding M.J. Effect of Rht Alleles on the Tolerance of Wheat Grain Set to High Temperature and Drought Stress During Booting and Anthesis // Journal of Agronomy and Crop Science. 2014. V. 200. N 1. P. 36–45. DOI: 10.1111/jac.12038
- 13.Asseng S., Martre P., Maorano A., Rotter R.P., O'leary G.J., Fitzgerald G.J., Girousse C., Motzo R., Giunta F., Babar M.A. Climate change impact and adaptation for wheat protein // Global Change Biology. 2019. V. 25. N 1. P. 155–173. DOI: 10.1111/gcb.14481
- 14.Nasehzadeh M., Ellis R.H. Wheat seed weight and quality differ temporally in sensitivity to warm or cool conditions during seed development and maturation // Annals of Botany. 2017. V. 120. P. 479–493. DOI: 10.1093/aob/mcx074
- 15.Savill G.P., Michalski A., Powers S.J., Wan Y., Tosi P., Buchner P., Hawkesford M.J. Temperature and nitrogen supply interact to determine protein distribution gradients in the wheat grain endosperm // Journal of Experimental Botany. 2018. V. 69. P. 3117–3126. DOI: 10.1093/jxb/ery127
- 16.Блохин Е.В. Экология почв Оренбургской области. Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 1997. 229 с.
- 17.Климентьев А.И. Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка. Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 2000. 433 с.
- 18.Специализированные массивы для климатических исследований. URL: <http://aisori-meteo.ru/waisori/select.xhtml> (дата обращения: 16.03.2022)
- 19.Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. СПб.: ООО «Квадро», 2012. 366 с.
- 20.Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 21.Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents // Proceedings of the Royal Society of London. V. 58. N 347–352. P. 240–242. URL: [https://www.scopus.com/record-display.uri?eid=2s2.01942429034&origin=inward&tx-Gid=01a7778089314d187ce6c4c-130241e7e](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.01942429034&origin=inward&tx-Gid=01a7778089314d187ce6c4c-130241e7e) (дата обращения: 12.02.2022)
- 22.Chaddock R.E. Principles and Methods of Statistics. Houghton Mifflin, 1925. URL: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=&redir_esc=y (дата обращения: 16.03.2022).
- 23.Чибилёв А.А. Возобновляемые стратегические природные ресурсы устойчивого развития регионов степной зоны РФ // Успехи современного естествознания. 2016. N 3. С. 214–219.
- 24.Гулянов Ю.А., Чибилёв (мл.) А.А., Чибилёв А.А., Левыкин С.В. Проблемы адаптации степного землепользования к антропогенным и климатическим изменениям (на примере Оренбургской области) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. T. 86. N 1. С. 28–40.
- 25.Гулянов Ю.А. Возможности интеллектуальных цифровых технологий в экологизации ландшафтно-адаптивного земледелия степной зоны // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. N 4 (78). С. 8–11.

REFERENCES

- 1.Erokhin V.L. World production and trade in major cereals. Marketing i logistika [Marketing and logistics]. 2020, no. 4 (30). Available at: <https://marklog.ru/mirovoe-proizvodstvo-i-torgovlja-osnovnymi-vidami-zernovykh/> (accessed 16.03.2022) (In Russian)
2. EMISS. Gosudarstvennaya statistika / Urozhainost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (v raschete na ubrannuyu ploshchad') [EMISS. State statistics/ Crop yield (per harvested

area]]. Available at:

<http://https://www.fedstat.ru/indicator/31533> (accessed 05.01.2022)

3. Gulyanov Yu.A. Adaptation of methods of cultivation of winter wheat to climatic features. *Zemledelie [Agriculture]*. 2004, no. 4, pp. 28–29. (In Russian)
4. Pakshina S.M., Torikov V.E., Mel'nikova O.M., Koly'xalina A.E., Osipov A.A. Dependence of winter wheat yield on transpiration with deficit of soil moisture and nutrients. *Problemy agrokhimii i ekologii [Problems of agrochemistry and ecology]*. 2015, no. 4, pp. 27–33. (In Russian)
5. Alabushev A.V., Yankovskiy N.G., Ovsyannikova G.V., Popov A.S., Sukharev A.A. The consumption of moisture at cultivation of winter wheat on different predecessors in the southern zone of the Rostov Region. *Agrarnaya Nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural Science Euro-Northeast]*. 2015, no. 5 (48), pp. 4–9. (In Russian)
6. Barnabas B., Jaeger K., Feher F. The effect of drought and heat stress on reproductive Processes in cereals. *Plant Cell Environ*, 2008, vol. 31, pp. 11–38. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x
7. Rashid M.A., Andersen M.N., Wollenweber B., Zhang X., Olesen J.E. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2018, vol. 248, pp. 119–129. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.09.018
8. Trnka N., Rotter R.P., Ruiz-Ramos M., Kersebaum K.C., Olesen J.E., Zalud Z., Semenov M.A. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 2014, vol. 4, pp. 637–643. DOI: 10.1038/NCLIMAT2242
9. Harkness C., Semenov M.A., Areal F., Senapati N., Trnka M., Bialek J., Bishop J. Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2020, vol. 282–283, pp. 107862. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862
10. Ionova E.V., Ivanisov M.M. Frost resistance of winter-type wheat. *Zernovoe khozyaystvo Rossii [Grain economy of Russia]*. 2014, no. 4, pp. 36–40. (In Russian)
11. Suxorukov A.F., Sukhorukov A.A. Selection of winter wheat for drought tolerance in the Middle Volga Region. *Agrarnaya Nauka [Agricultural science]*. 2017, no. 5, pp. 15–18. (In Russian)
12. Alghabari F., Lukas M., Jones H.E., Gooding M.J. Effect of Rht Alleles on the Tolerance of Wheat Grain Set to High Temperature and Drought Stress During Booting and Anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2014, vol. 200, no. 1, pp. 36–45. DOI: 10.1111/jac.12038
13. Asseng S., Martre P., Maïorano A., Rotter R.P., O'Leary G.J., Fitzgerald G.J., Girousse C., Motzo R., Giunta F., Babar M.A. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Global Change Biology*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 155–173. DOI: 10.1111/gcb.14481

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Юрий А. Гулянов и Александр А. Чибилев собрали материал, анализировали и интерпретировали результаты исследований, подготовили рукопись. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

14. Nasehzadeh M., Ellis R.H. Wheat seed weight and quality differ temporally in sensitivity to warm or cool conditions during seed development and maturation. *Annals of Botany*, 2017, vol. 120, pp. 479–493. DOI: 10.1093/aob/mcx074
15. Savill G.P., Michalski A., Powers S.J., Wan Y., Tosi P., Buchner P., Hawkesford M.J. Temperature and nitrogen supply interact to determine protein distribution gradients in the wheat grain endosperm. *Journal of Experimental Botany*, 2018, vol. 69, pp. 3117–3126. DOI: 10.1093/jxb/ery127
16. Blokhin E.V. *Ekologiya pochv Orenburgskoi oblasti [Soil ecology of the Orenburg region]*. Ekaterinburg, UrO RAS Publ., 1997, 229 p. (In Russian)
17. Klimentev A.I. *Pochvy stepnogo Zaural'ya: landshaftno-geneticheskaya i ekologicheskaya otsenka [Soils of the steppe Trans-Urals: landscape-genetic and ecological assessment]*. Ekaterinburg, UrO RAS Publ., 2000, 433 p. (In Russian)
18. *Spetsializirovannye massivy dlya klimaticheskikh issledovaniy [Specialized arrays for climate research]*. Available at: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/select.xhtml> (accessed 16.03.2022)
19. Zhurina L.L., Losev A.P. *Agrometeorologiya [Agrometeorology]*. St. Petersburg, Kvaldro Publ., 2012, 366 p. (In Russian)
20. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)
21. Pearson K. Note on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 58, no. 347–352, pp. 240–242. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0.1942429034&origin=inward&tx-Gid=01a7778089314d187ce6c4c-130241e7e> (accessed 12.02.2022)
22. Chaddock R.E. *Principles and Methods of Statistics*. Houghton Mifflin, 1925. Available at: https://books.google.ru/books/about/Principles_and_methods_of_statistics.html?id=&redir_esc=y (accessed 16.03.2022)
23. Chibilyov A.A. Renewable strategic natural resources of sustainable development of regions of the steppe zone of the Russian Federation. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science]*. 2016, no. 3, pp. 214–219.
24. Gulyanov Yu.A., Chibilyov (Jr.) A.A., Chibilyov A.A., Levykin S.V. Problems of steppe land use adaptation to anthropogenic and climatic changes (case of Orenburg oblast). *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographic series]*. 2022, vol. 86, no. 1, pp. 28–40.
25. Gulyanov Yu.A. Opportunities of intelligent digital technologies in the ecologization of landscape-adaptive crop farming in the steppe zone. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]*. 2019, no. 4 (78), pp. 8–11.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Yuriy A. Gulyanov and Alexander A. Chibilev collected the data, analyzed and interpreted the results of the research, drafted the manuscript. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Юрий А. Гулянов / Yuriy A. Gulyanov <https://orcid.org/0000-0002-5883-349X>

Александр А. Чибилев / Alexander A. Chibilev <https://orcid.org/0000-0002-6214-1437>

Оригинальная статья / Original article

УДК 574.46

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-126-139

Структура институциональной модели формирования экологической культуры молодежи: региональные аспекты

Мария В. Терешина¹, Инна В. Мирошниченко¹, Наталия В. Яковенко², Елена А. Яковлева²

¹Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

²Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия

Контактное лицо

Наталия В. Яковенко, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник дирекции НИИ ИТЛК, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова; 394087 Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8.

Тел. +79191889232

Email n.v.yakovenko71@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

Формат цитирования

Терешина М.В., Мирошниченко И.В., Яковенко Н.В., Яковлева Е.А. Структура институциональной модели формирования экологической культуры молодежи: региональные аспекты // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 126-139. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-126-139

Получена 21 сентября 2022 г.

Прошла рецензирование 10 ноября 2022 г.

Принята 12 декабря 2022 г.

Резюме

Цель. Обоснование структуры институциональной модели формирования экологической культуры молодежи как целостной конструкции, интегрирующей различных субъектов этого процесса, а также имеющиеся ресурсы и реализуемые технологии для достижения целей устойчивого регионального развития.

Материал и методы. Эмпирическое обоснование предлагаемой модели базировалось на 14 фокус-групповых интервью с представителями молодежи, экспертных сессиях с представителями институциональных структур, участвующих в реализации практик формирования экологической культуры молодежи (12 экспертных сессий), онлайн-анкетирование молодежи (объем выборки 1600 респондентов), проведенных в Краснодарском крае в 2022 году. Для анализа экоориентированных практик в сфере молодежной и образовательной политики использовался метод кейс-стадии.

Результаты. Авторами выявлены и охарактеризованы основные субъекты формирования экологической культуры молодежи, набор используемых ими технологий (информационно-коммуникативных, игровых и проектных) и ресурсов, принципы, определяющие эффективность экологических образовательных и просветительских практик. Предложена структура институциональной модели процесса и результатов формирования и развития экологической культуры молодежи, раскрывающая ее когнитивные, ценностные, эмоциональные и деятельностные компоненты в контексте обеспечения устойчивого регионального развития.

Заключение. Универсальный характер структуры предлагаемой модели, позволяет экстраполировать основные результаты в систему педагогического сопровождения развития экологической культуры молодежи, в деятельность образовательных провайдеров, а также создает основу для их институализации в деятельности органов исполнительной власти, органов по работе с молодежью не только в Краснодарском крае, но и в других регионах Российской Федерации.

Ключевые слова

Экологическая культура, экологическое образование, устойчивое развитие, институциональная модель, педагогическое сопровождение, Краснодарский край.

The structure of the institutional model of formation of youth ecological culture: regional aspects

Maria V. Tereshina¹, Inna V. Miroshnichenko¹, Nataliya V. Yakovenko² and Elena A. Yakovleva²

¹Kuban State University, Krasnodar, Russia

²G.F. Morozov State University Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

Principal contact

Nataliya V. Yakovenko, Doctor of Geography, Professor, Chief Research Officer of the Directorate of the Research Institute of Innovative Technologies and the Forestry Complex of the G.F. Morozov Voronezh State University Forestry and Technologies; 8 Timiryazev St, Voronezh, Russia 394087.

Tel. +79191889232

Email n.v.yakovenko71@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

How to cite this article

Tereshina M.V., Miroshnichenko I.V., Yakovenko N.V., Yakovleva E.A. The structure of the institutional model of formation of youth ecological culture: regional aspects. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 126-139. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-126-139

Received 21 September 2022

Revised 10 November 2022

Accepted 12 December 2022

Abstract

Aim. To develop a justification of the structure of the institutional model for the formation of environmental culture of young people as a holistic structure that integrates the various actors in this process, as well as the available resources and implemented technologies to achieve the aims of sustainable regional development.

Material and Methods. The empirical justification of the proposed model was based on 14 focus group interviews conducted in the Krasnodar region in 2022 with representatives of young people, expert sessions with representatives of institutional structures involved in the implementation of practices to form the ecological culture of young people (12 expert sessions), online questioning of young people (sample size 1600 respondents). The case-study method was used to analyse eco-oriented practices in the field of youth and educational policy.

Results. The authors identified and characterised the main subjects involved in the formation of the ecological culture of young people, the set of technologies used (information and communication, game and project) and the resources and principles that determine the effectiveness of environmental education and educational practices. The authors propose a structure of the institutional model of the process and the results of formation and development of youth ecological culture, revealing its cognitive, value, emotional and activity components in the context of sustainable regional development.

Conclusion. The universal nature of the structure of the proposed model allows us to extrapolate the main results in the system of pedagogical support of the development of youth ecological culture in the activities of educational providers, as well as creating a basis for their institutionalisation in the activities of the executive authorities and bodies working with young people, not only in the Krasnodar Territory but also in other regions of the Russian Federation.

Key Words

Ecological culture, ecological education, sustainable development, institutional model, pedagogical support, Krasnodar region.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость превращения молодежи из пассивного объекта экологического просвещения и воспитания в субъект продуцирования ценностей экологической культуры и устойчивого развития в настоящее время активно отражается в научно-исследовательском дискурсе [1] и фиксируется в русле различных исследовательских концепций.

Среди них можно выделить концепции непрерывного экологического образования [2; 3], психолого-педагогических условий формирования экологической культуры личности [4; 5], развития экологического сознания и экологических ценностей [6–8], теории экологической идентичности [9] и экологически ответственного потребления [10], экологического гражданства [11; 12].

Проблемы формирования экологических ценностей молодежи, развития системы экологического образования в целях устойчивого развития чаще всего становятся предметом исследования в педагогике и педагогической психологии, при этом происходит стремительная актуализация данной проблематики и расширение ее в другие предметные и междисциплинарные области. Теоретико-методологические ориентиры экологического образования в интересах устойчивого развития определены российскими [13] и зарубежными учеными [14]. Значительный пласт исследований посвящен разработке методик экологизации общего образования [15; 16], преподавания экологии и ее разделов в средней школе [17], теории и практике экологизации высшего образования [18], значения семьи [19; 20], онлайн социальных сетей [21] а также влияния современных глобальных трендов, в частности, цифровизации [22], на экологическое воспитание молодежи. При этом большинство исследователей подчеркивают, что формирование и развитие экологической культуры молодежи находится в тесной связи с экологическим образованием и просвещением [23], рассматриваемым в настоящее время в более широком ключе как образование для устойчивого развития [24].

Социологическое направление изучения различных аспектов экологической культуры представлено в, ставших классическими, работах О. Яницкого [25], внесшего значительный вклад в становление отечественной экологической социологии в целом, в частности, изучавшим ценностные ориентации участников гражданских экоинициатив и инвайронментальных движений, а также выявившим отличия в характеристиках младшего и старшего поколения участников российского экологического движения.

В последние годы обнаруживается нарастание исследовательского интереса к эмпирическим социологическим исследованиям в области уровня развития экологической культуры и экологического сознания молодежи, а также компаративным различиям в возрастном [26], региональном и страновом срезе [27] и разработке методик оценки уровня экологической культуры, экологической грамотности [28], развития экологических ценностей у молодежи разных возрастных групп [29]. Региональной специфике экологического образо-

вания посвящены работы Г.М. Абдурахманова [30], С.В. Алексеева [31].

Несмотря на существующие активные попытки поиска и существенный рост интереса многих ученых и педагогов к данной проблеме, вопрос разработки контекстно-чувствительных теоретико-методологических подходов к институциональному проектированию формирования экологической культуры молодежи, в том числе на региональном уровне, остается весьма актуальной.

Согласно определению ЮНЕСКО, цель формирования экологической культуры состоит в создании системы «знаний, навыков, установок, мотивации и стремлений действовать индивидуально и коллективно в поисках решений современных техногенных проблем и предотвращения новых».

Приоритеты в области формирования и развития экологической культуры закреплены в российском законодательстве. Так, например, в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» в Главе XIII «Основы формирования экологической культуры» указывается на всеобщность и комплексность экологического образования, экологического просвещения, которое должно осуществляться кроме учреждений образования, также федеральными и региональными органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, СМИ, музеями, библиотеками, природоохранными учреждениями, организациями спорта и туризма как основа формирования экологической культуры. В развитие федерального законодательства на региональном уровне в рамках соответствующих законов устанавливаются правовые, организационные и экономические основы формирования экологической культуры. Так, принятый в Краснодарском крае закон определяет экологическую культуру как «совокупность экологического сознания и экологического поведения человека, способ организации и развития жизнедеятельности в системе ценностных ориентаций и экологических норм взаимодействия с окружающей средой на основе экологических знаний, навыков и умений».

В других региональных законах, например, Воронежской области и Республики Дагестан, экокультура выступает неотъемлемой частью общечеловеческой культуры. В то же время декларативный характер некоторых законодательных норм не обеспечивает эффективного механизма их реализации, особенно применительно к молодому поколению.

Процесс формирования экологической культуры молодежи складывается на пересечении индивидуальных, контекстуальных, институциональных, политических, экономических и социальных факторов, подразумевает обязательную эмоциональную и социальную вовлеченность, может включать различных субъектов, выполняющих разные функции и в той или иной степени влияющих на формирование и развитие «экологического интеллекта» молодежи.

Сегодня совершенно очевидно, что именно характеристики архитектуры составляющих институ-

циональной модели формирования экологической культуры молодежи, успешное взаимодействие между различными субъектами и институтами, а также интеграция ресурсов, определяют не только результат этого процесса, но и перспективы устойчивого развития в целом.

В настоящее время большая часть экспертов отмечает существенный «разрыв» в модернизации содержания и технологий формирования экологической культуры и разобщением и недостаточной эффективностью реализуемых практик. Решение проблемы видится в институциональном проектировании социального и образовательного полей формирования экологической культуры молодого поколения, развитии различных форматов образовательной и просветительской деятельности, метапредметном подходе к освоению экологических знаний и навыков, базирующихся на социальном запросе на молодых граждан, способных эффективно реализовать принципы устойчивого развития.

Цель исследования состоит в обосновании институциональной модели формирования экологической культуры молодежи как целостной конструкции, интегрирующей различных субъектов этого процесса, а также реализуемые ими локальные практики и технологии для достижения целей устойчивого регионального развития. Для достижения исследовательской цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить место и роль экологической проблематики в рейтинге актуальных молодежных проблем;
2. Проанализировать осведомленность молодежи в области актуальных трендов, связанных с экологией и устойчивым развитием и ее готовность к «включению» в решение экологических проблем региона;
3. Выявить основных субъектов формирования экологической культуры молодежи и описать формат используемых ими технологий и набор ресурсов для обоснования институциональной модели развития экологической культуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эмпирическое исследование проводилось в Краснодарском крае в течение 2021–2022 гг. Оно состояло из 14 фокус-групповых интервью – с представителями молодежи, 12 экспертных сессий с представителями институциональных структур, которые учувствуют в практической деятельности по формированию экологической культуры молодежи, онлайн-анкетирование молодежи, а также дескриптивный анализ данных. Для дифференциации экологической проблематики в сознании молодежи, на основе авторской анкеты было проведено онлайн анкетирование молодежи Краснодарского края в возрасте от 14 до 35 лет (объем выборки 1600 респондентов, более 10% от общей численности молодежи в регионе).

Основная цель фокус-групповых интервью с представителями молодежи заключалась в выявлении экологических потребностей и интересов молодежи, а также оценку потенциала вовлеченности их в различные экоориентированные практики. Критериями выбора муниципальных образований для проведения фокус-групповых

интервью стали их типичные социально-экономические, социокультурные и экологические характеристики, представляющие согласно «Стратегии социально-экономического развития Краснодарского края» семь экономических зон: северную (Каневской район), центральную (Тимашевский район), восточную (Тихорецкий район), черноморскую (Туапсинский район), предгорную (Белореченский район), а также краснодарскую (г. Краснодар) и сочинскую (г. Сочи) агломерации [31].

Серия экспертных сессий с представителями региональных структур и муниципальных органов по делам молодежи, образовательных учреждений, общественных организаций, бизнес-структур, «включенных» в экоориентированную деятельность с участием молодежи была проведена для выявления основных субъектов, определения ресурсного потенциала и форматов развития экологической культуры молодежи.

По результатам проведения фокус-групповых интервью и экспертных сессий для выявления различных форматов работы с молодежью в сфере развития экологической культуры на основе метода кейс-стадии были изучены различные экоориентированные практики в сфере молодежной и образовательной политики.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анкетирования показали, что молодежь Краснодарского края достаточно хорошо информирована о существующих экологических проблемах (только 0,1% опрошенных затруднились перечислить существующие экологические проблемы). При этом большинство опрошенных демонстрировали достаточно типичную дифференциацию экологических проблем по значимости, связанную с наиболее актуальной с точки зрения локальной специфики проблемой (рис. 1). Так, большинство опрошенных на первое место в рейтинге волнующих их экологических проблем поставили проблему мусора. Значительно «проигрывает» по сравнению с ней проблема изменения климата, вызывающая алармистскую рефлексию у западной молодежи [32–34].

В то же время исследование показало достаточно низкий уровень экологических знаний молодежи. Для определения уровня экологической компетентности молодым людям был предложен набор экологических дефиниций, отражающих наиболее важные современные тренды в области охраны окружающей среды и рационального природопользования, который был сформирован с учетом мнений экспертов. Молодые люди должны были ответить на два вопроса: знакомо ли им это понятие и выбрать один из четырех правильных ответов для его корректного определения. Только около 33 % молодежи знакомы с понятием устойчивого развития, при этом треть из них затруднились с корректным его определением. Наиболее известным понятием является «парниковый эффект» (его в качестве хорошо им известного выбрали почти все респонденты). Однако почти 33% не смогли правильно определить его суть. Такие понятия как «зеленая» и «циркулярная» экономика, а особенно «карбоновые полигоны» практически

неизвестны молодым людям. Наибольшую информированность продемонстрировали школьники и студенты (рис. 2).

Экологическая культура может выражаться как на уровне осознания экологических проблем, так и на деятельностном уровне. Поэтому важным для нашего исследования был вопрос о том, какое место

занимает экологическая проблематика в иерархии проблем, волнующих молодежь, а также готовность молодежи «включаться» в решение экологических проблем (рис. 3). Молодым людям был задан вопрос, какие общественные проблемы кажутся им настолько важными, что они готовы включиться в их решение?

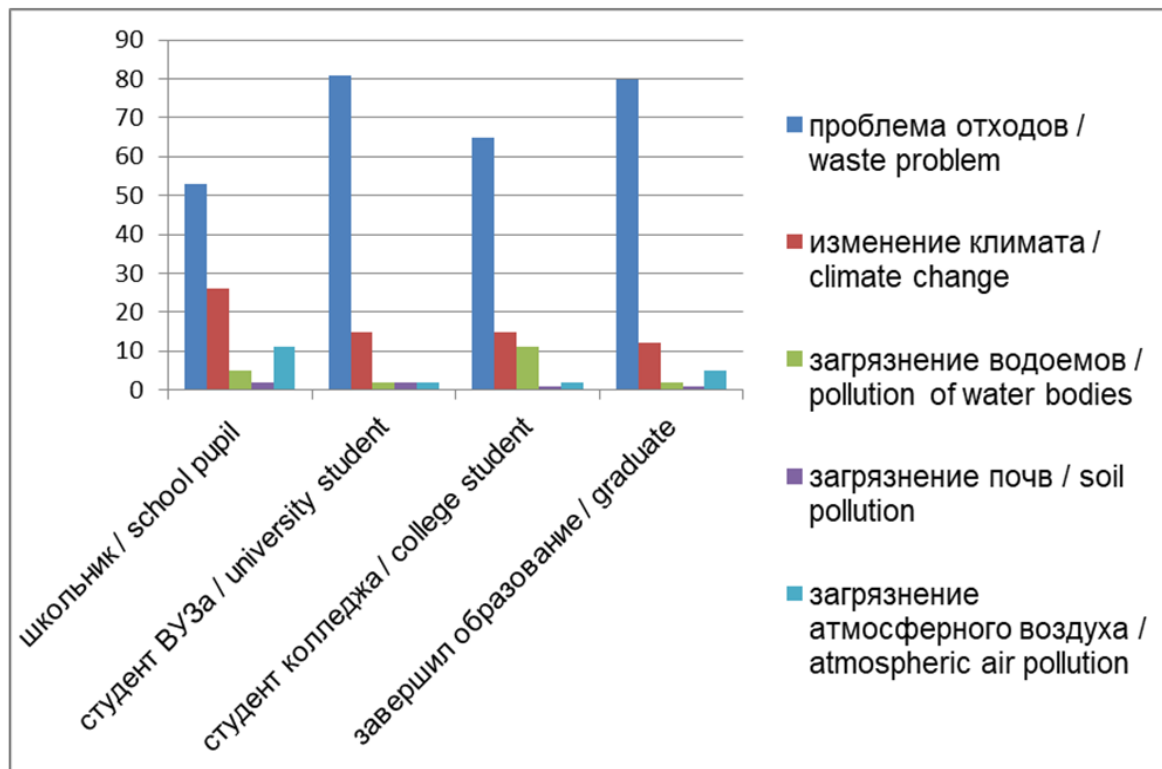


Рисунок 1. Рейтинг экологических проблем в сознании молодежи Краснодарского края (по результатам опроса молодежи от 14 до 35 лет, N=1600, декабрь 2021)

Figure 1. Rating of environmental problems in the minds of young people of Krasnodar Territory (based on the results of a survey of young people from 14 to 35 years old, N=1600, December 2021)

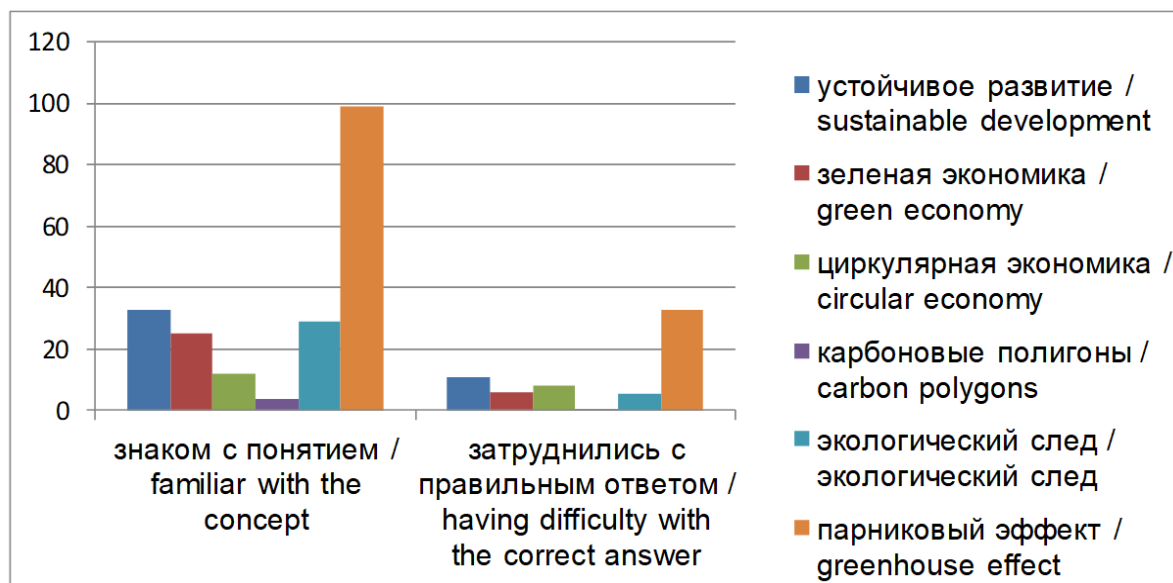


Рисунок 2. Уровень знаний молодежи в области актуальных экологических понятий (по результатам опроса молодежи от 14 до 35 лет, N=1600, декабрь 2021)

Figure 2. The level of knowledge of young people in the field of current environmental concepts (according to the results of a survey of young people from 14 to 35 years old, N=1600, December 2021)

Результаты исследования показали, что проблемы экологии занимают важное место в сознании молодежи. Полученные данные вполне коррелируют с субъективным восприятием экологической обстановки респондентами: 14% считают себя полностью защищенными от экологических угроз, и 2,5% – полностью незащищенными. Школьники, которые показали наибольшую активность, готовы лично принимать участие в решении экологических проблем.

К числу наиболее распространенных в молодежной среде индивидуальных экологических

поведенческих практик, отмеченных респондентами, можно отнести: уборка мусора после отдыха «на природе» – 85,3%, экономичное водопотребление – 59%, экономное электропотребление – 86% (закрытый вопрос, несколько вариантов ответа). Преобладающая часть молодежи (87%) готова сортировать бытовой мусор, однако не делают этого из-за отсутствия необходимых условий. Одновременно с этим около 10% опрошенных на постоянной основе на практике применяют раздельный сбор использованных батареек и пластика.

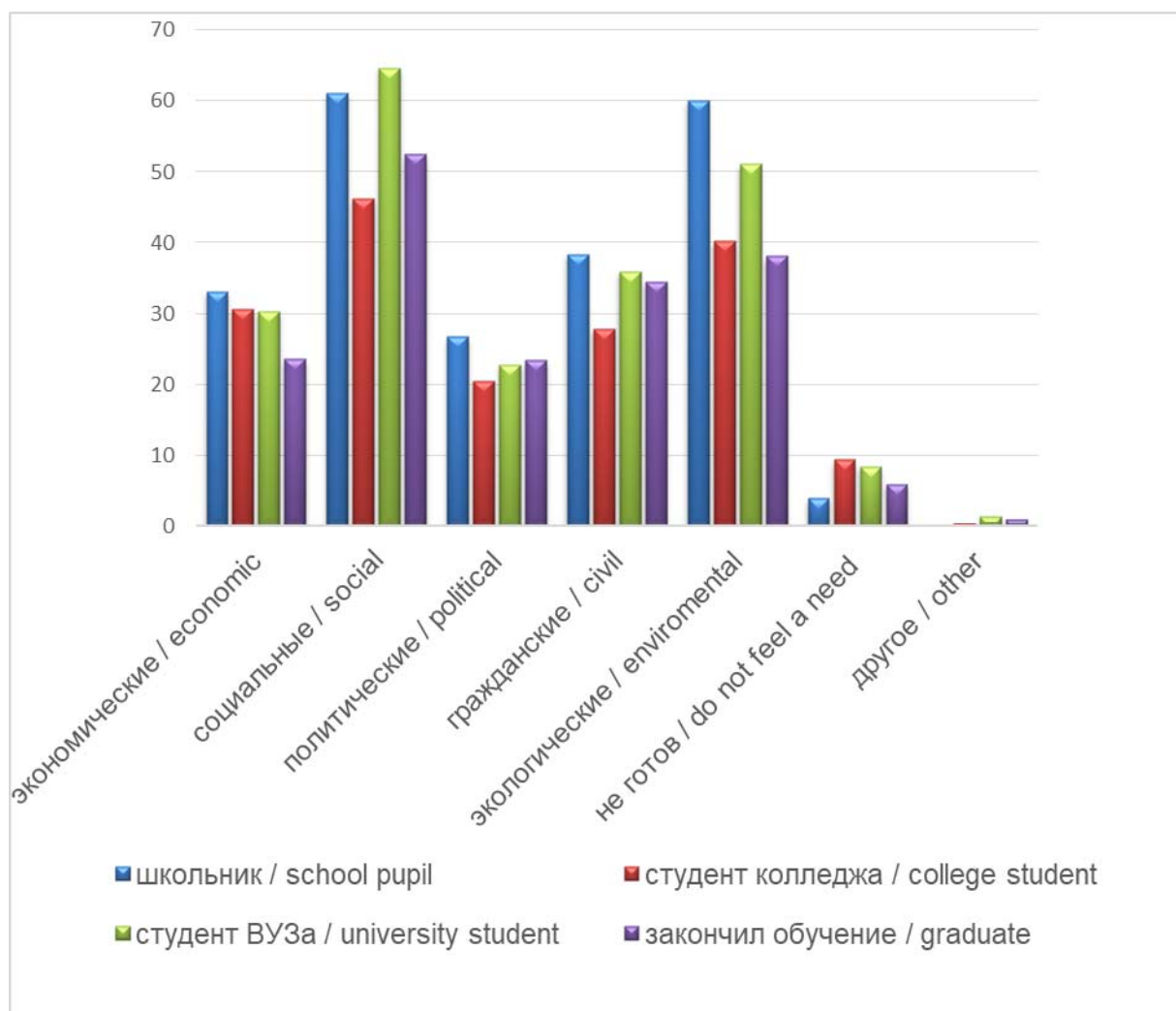


Рисунок 3. Готовность молодежи включиться в решение экологических проблем (по результатам опроса молодежи от 14 до 35 лет, N=1600, декабрь 2021)

Figure 3. The willingness of young people to become involved in solving environmental problems (according to the results of a survey of young people from 14 to 35 years old, N=1600, December 2021)

15,9% опрошенных ответили, что никогда не принимали участие в экологических акциях. В школьных олимпиадах по экологии участвовало менее 1% опрошенных. Наиболее массовыми формами участия в общественной экологической активности выступили: онлайн-акции и флешмобы (их упомянули 42,4% опрошенных), волонтерская деятельность (36,1%), социальные проекты (25,6%). При этом именно событийный, символический, а не социальный характер мероприятий является наиболее привлекательным для молодых людей. Проявили собственную инициативу для участия в экологических

мероприятиях – 25,9% респондентов, большая же часть эколооориентированных форм активности молодежи носит организованный характер, в основном в рамках учебных и образовательных учреждений. Таким образом, публичные практики и создание соответствующих условий, а также участие в коллективных экологических проектах является важным фактором развития деятельностного компонента экологической культуры молодых людей. По мнению целого ряда авторов, проэкологическое поведение и формирование экологической культуры молодежи тесно связаны с социальной идентичностью

в отношении соблюдающей экологические нормы группы [32].

Результаты фокус-групповых интервью позволили выделить ключевых субъектов формирования экологической культуры молодежи в регионе, которым относятся образовательные учреждения, общественные организации и движения, органы исполнительной и представительной власти, бизнес-структуры, семья.

Большая часть респондентов в качестве основного субъекта формирования экологической культуры молодежи назвали школу и ВУЗ. При этом основная роль в формировании экологической культуры принадлежит не системе образования как таковой, поскольку, например, в школе предмет «экология» не входит в число обязательных, нет его и в новых ФГОС, а личной инициативе заинтересованного педагога-организатора. Таким образом, молодёжь чаще всего демонстрирует экологически ориентированное поведение в том случае, если она включена в организованные публичные практики и для этого имеются специально созданные соответствующие условия. Учреждения дополнительного экологического образования, по мнению респондентов, предлагают, в основном, традиционные образовательные продукты, рассчитанные в большинстве своем на младших школьников (до 14 лет) и не способны обеспечить охват доступным и целевым кастомизированным контентом различные группы молодежи.

Многие респонденты в качестве субъекта формирования экологической культуры назвали общественные организации и движения, активно продвигающие экологическую повестку и предлагающие различные форматы экоориентированных практик, экологических мероприятий и видов деятельности и использующие «понятный для молодежи язык».

Отношение к бизнесу как субъекту формирования экологической культуры среди респондентов неоднозначное, хотя многие из молодых людей и принимали участие в проектах, инициированных бизнес-структурами, но достаточно скептически относятся к его роли в обеспечении охраны окружающей среды. Часть респондентов в качестве субъекта формирования экологической культуры назвали органы исполнительной и представительной власти, а также органы местного самоуправления, инициирующие проведение различных экологических фестивалей, квестов. Незначительное количество опрошенных отметили в качестве субъекта формирования экологической культуры СМИ. При этом некоторые участники фокус-группы подчеркнули недоверие к СМИ, акцентируя внимание на негативных экологических событиях и сценариях. Семью как важного субъекта формирования экологической культуры выделили практически все опрошенные.

Таким образом, субъекты формирования экологической культуры участвуют в этом процессе не одинаковым образом. Некоторые из них, обладающие значительным потенциалом, используют его достаточно слабо. Наиболее важную роль играют те субъекты, которые предполагают непосредственное и

постоянное организованное взаимодействие с молодыми людьми. При этом как образовательные учреждения, так органы власти, бизнес-структуры и семья с большей степенью эффективности достигают результатов в сетевом партнерстве и совместном приложении ресурсов [35].

Результаты эмпирического исследования позволили также выделить и классифицировать набор технологий формирования экологической культуры молодежи, используемый в процессе формирования и развития экологической культуры молодежи: информационно-коммуникативные, игровые и проектные.

Разнообразие инструментальных характеристик информационно-коммуникативных технологий (школьные уроки, специализированные университетские курсы, дополнительное образование, устная коммуникация, традиционные СМИ и социальные медиа, визуальные методы воздействия) позволяют создавать общее смысловое и символическое пространство, способствующее формированию представлений об экологической проблематике, положительному эмоциональному отношению к окружающей среде, мотивации к активной социальной деятельности и гражданскому участию в решении экологических проблем. При этом определяющую роль играет качество этих технологий, в значительной степени зависящее от профессионализма субъектов его создания и трансляции.

Широкие возможности игровых технологий, «заточенных» на достижение конкретного результата в условиях конструируемой среды, открываются прежде всего для учащейся и студенческой молодежи. Этот вид технологий может быть реализован в форматах викторин, квестов, игр-путешествий, игр с использованием виртуальной реальности и т.д. Ценность этих технологий заключается в том, что, являясь самыми разнообразными по содержанию, они стимулируют интерес у конкретных целевых групп к познавательной деятельности в экологической сфере.

Объектом проектных технологий для молодежных сообществ может стать широкий круг проблем (от благоустройства двора и озеленения парка до краудсорсинговых проектов составления карт несанкционированных свалок, мест сброса неочищенных сточных вод, повреждения или уничтожения лесов и др.). Технологии социального проектирования нацелены на формирование активной гражданской позиции и развитие сетевых молодежных сообществ, готовых и способных включаться в задачи устойчивого развития региона и государства.

Анализируя в целом технологии формирования экологической культуры молодежи, можно сказать, что важным фактором повышения их эффективности является интерактивность.

Эволюция экологической культуры в культуру устойчивого развития диктует необходимость нового качества экологической культуры молодежи, которое достигается за счет формирования когнитивных, ценностных, эмоциональных и деятельностных ее компонентов, культивируемых различными институциональными субъектами этого процесса (табл. 1).

Таблица 1. Структура институциональной модели системы формирования и развития экологической культуры молодежи**Table 1.** Structure of the system of formation and development of an institutional model of youth ecological culture

Субъекты и институты Subjects and institutions	Ресурсы Resources	Функции Functions	Формируемый компонент экологической культуры The formed component of ecological culture
Система общего образования General education system	Кадровые, информационные, организационные, материально-технические Personnel, information, organizational, material and technical	Формирование базовой системы экологических ценностей и экологической грамотности, навыков экологически безопасного образа жизни, экологическое воспитание, создание устойчивого интереса к проблемам окружающей среды, вовлечение обучающихся в экологическое просвещение родителей, формирование и развитие экологического интеллекта как метакомпетенции Formation of a basic system of environmental values and environmental literacy, skills of an environmentally safe lifestyle, environmental education, creation of a sustainable interest in environmental problems, involvement of students in environmental education of parents, formation and development of environmental intelligence as a meta-competence	Эмоциональный, ценностный, когнитивный, деятельностный Emotional, value, cognitive, activity
Система профессионального образования System of vocational education	Кадровые, информационные, материально-технические Personnel, information, material and technical	Обеспечение преемственности и непрерывности формирования экологической культуры по уровням образования, создание «бесшовного» пространства формирования экологической культуры на основе междисциплинарных курсов и дисциплин, профессионализация экологических знаний, умений и навыков Ensuring continuity and continuity of the formation of ecological culture by levels of education, creation of a "seamless" space for the formation of ecological culture based on interdisciplinary courses and disciplines, professionalisation of environmental knowledge, skills and abilities	Ценностный, когнитивный, деятельный Value, cognitive, active
Система дополнительного образования The system of additional education	Кадровые, информационные, организационные, материально-технические Personnel, information, organizational, material and technical	Оперативное реагирование на социальный запрос, обусловленный новыми экологическими и социальными вызовами, апробация и внедрение инновационных педагогических технологий, обеспечивающих развитие экологической личности, формирование опыта творческой деятельности молодежи в наиболее адекватном их возрасте и потребностям Prompt response to the social demand caused by new environmental and social challenges, testing and implementation of innovative pedagogical technologies that ensure the development of ecological personality, the formation of the experience of creative activity of young people in the most adequate to their age and needs volume and format, the development of environmental competencies of teachers	Эмоциональный, когнитивный, смысловой, деятельностный Emotional, cognitive, activity, semantic

Научно-экспертное сообщество Scientific and expert community	Интеллектуальные, информационные ресурсы Intellectual, information resources	Участие в профессиональном конструировании экологического дискурса в публичном пространстве; диагностика и селекция наиболее перспективных технологий формирования и развития экологической культуры молодежи; разработка инновационных педагогических практик в экологической сфере, их экспертно-консультационная поддержка Participation in the professional construction of environmental discourse in the public space; diagnostics and selection of the most promising technologies for the formation and development of ecological culture of youth; development of innovative pedagogical practices in the environmental field, their expert and consulting support	Когнитивный Cognitive
Органы законодательной власти Legislative authorities	Административные, бюджетно-финансовые, информационно-дискурсивные ресурсы Administrative, budgetary and financial, informational and discursive resources	Создание четкого и непротиворечивого правового поля для формирования экологической культуры молодежи, нормативного механизма правоприменения в сфере экологического образования и просвещения, образовательной и молодежной политике Creation of a clear and consistent legal framework for the formation of the youth ecological culture and a regulatory mechanism for enforcement in the field of environmental education and enlightenment, educational and youth policy	Когнитивный, деятельностный Cognitive, activity-based
Органы исполнительной власти Executive authorities	Административные, бюджетно-финансовые, информационно-дискурсивные, организационные ресурсы Administrative, budgetary and financial, informational and discursive, organisational resources	Формулирование приоритетов в области социально-экономического развития с учетом экологических императивов, мониторинг результатов экологического образования на разных уровнях: образовательной организации, муниципальном, региональном; координация деятельности по реализации и методическому сопровождению процесса формирования и развития экологической культуры молодежи; инициация и проведение экологических мероприятий для молодежи, грантовая поддержка молодежных экологических инициатив и проектов Formulation of priorities in the field of socio-economic development taking into account environmental imperatives and monitoring of the results of environmental education at different levels: educational organization, municipal, regional; coordination of activities for the implementation and methodological support of the process of formation and development of ecological culture of youth; initiation and implementation of environmental events for young people and grant support for youth environmental initiatives and projects	Когнитивный, деятельностный Cognitive, activity-based

Бизнес-структуры Business structures	Инвестиционно-финансовые, материально-технические, информационные ресурсы Investment and financial, material and technical, information resources	Создание и поддержание функционирования экологической инфраструктуры деятельности, обеспечивающей формирование базовых основ экологической культуры молодежи, реализация партнерских программ и проектов для вовлечения молодежи в экоориентированную деятельность, участие в разработке и реализации образовательных программ экологической направленности, демонстрация экологических ценностей и ESG- приоритетов в хозяйственной деятельности, формирование спроса на экологические товары и услуги Creation and maintenance of ecological infrastructure activities that ensure the formation of the basic foundations of youth ecological culture of youth and the implementation of partner programs and projects to involve young people in eco-oriented activities, participation in the development and implementation of environmental educational programs, demonstration of environmental values and ESG priorities in economic activities and the formation of demand for environmental goods and services	Деятельностный, смысловой Activity, semantic
СМИ Media	Сетевые, символическо-имиджевые, информационные ресурсы Network, symbolic and image, information resources	Актуализация экологической проблематики в массовом сознании, позиционирование экологических ценностей в символических форматах; формирование единого интегрированного с оффлайн и онлайн-средой информационного эколого-культурного пространства Actualisation of environmental issues in the mass consciousness, positioning of environmental values in symbolic formats; formation of a single ecological and cultural information space integrated with the offline and online environment	Когнитивный, эмоциональный, смысловой Cognitive, emotional, semantic
Семья Family	Организационные, материальные, символические Organisational, material, symbolic	Формирование адекватного принципам экологической культуры отношения к собственной среде обитания, экологических норм и ценностей, поведенческих экологических навыков и умений по изучению природы, оптимальному природопользованию, сохранению и восстановлению природы, формирование потребности прогнозировать результаты своих действий по отношению к окружающей среде, развитие познавательной, творческой, общественной экологической активности Formation of an attitude to one's own environment in line with the principles of ecological culture, environmental norms and values, behavioral environmental skills and abilities to study nature, optimal nature management, conservation and restoration of nature and formation of the need to predict the results of one's actions in relation to the environment, the development of cognitive, creative and social environmental activity	Ценностный, эмоциональный, деятельностный, когнитивный Value, emotional, activity, cognitive

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показало, что экологическая проблематика занимает важное место в сознании молодежи Краснодарского края, и молодые люди вполне осознают серьезность экологических рисков и угроз. В рейтинге экологических проблем наибольшую обеспокоенность вызывает проблема мусора, что совпадает с важным значением решения этой проблемы для Краснодарского края и иллюстрирует повышенное внимание именно к контекстуальным экологическим проблемам. При этом молодежь демонстрирует невысокий уровень знаний в экологической сфере. Так, сравнительно новые термины, отражающие современные тренды в сфере экологии, слабо знакомы молодым людям. Самооценка своих знаний также в некоторых случаях завышена. Эти результаты свидетельствуют о «пробелах» в экологических знаниях молодежи, о том, что образовательное и просветительское пространство в существующем формате не способны сформировать устойчивый содержательный, когнитивный компонент экологической культуры.

Гипотеза о наличии известного из литературных источников «парадокса экологического сознания», состоящего в осознании большинством людей необходимости решения экологических проблем, но не делающих этого из-за представлений о невозможности что-либо изменить, в отношении респондентов не подтвердилась. Молодежь Краснодарского края высоко оценивает важность экологической проблематики и готова активно включаться в деятельность по решению экологических проблем, если для этого созданы соответствующие условия. Социальная экологическая активность молодежи довольно высока, значительная часть опрошенных принимала участие в экологических акциях и мероприятиях, причем около четверти опрошенных делали это по собственной инициативе, что свидетельствует о значительном потенциале молодежи для вовлечения в решение природоохранных задач региона.

Пространство, в котором формируется экологическая культура молодежи, многосубъектно. Эффективное проектирование институциональных практик формирования экологической культуры молодежи невозможно без межсекторного взаимодействия, понимания роли, функций и ресурсов каждого из участников этого процесса.

Представляется, что перспективы взаимодействия субъектов в формировании экологической культуры молодежи связаны с системным подходом к разработке и реализации образовательных и просветительских практик, основанных на нескольких важных принципах. К числу этих принципов, помимо интеграции ресурсов организаций различной ведомственной принадлежности и форм собственности, можно отнести:

- формирование экологических знаний и компетенций через реальное участие молодежи в решении конкретных региональных проблем,
- актуализацию содержания и форматов проводимых мероприятий, методологических и дидактических техник применительно к конкретной целевой аудитории молодежи, создание соответствующих гибких и вариативных сред и пространств;

- поддержка мотивации молодежи к экоориентированной деятельности в контексте повседневных практик;

- проектирование образовательных и просветительских программ и проектов на основе модульного принципа с использованием ресурсов наиболее компетентных участников процесса;

- переход от достаточно разрозненных и в некоторых случаях дублирующих событийных практик к комплексным масштабным мероприятиям/проектам с участием различных целевых аудиторий молодежи на основе межрегионального или межмуниципального взаимодействия.

Универсальный характер структуры предлагаемой модели позволяет экстраполировать основные результаты в систему педагогического сопровождения развития экологической культуры молодежи, в деятельность образовательных провайдеров, а также создает основу для их институализации в деятельности органов исполнительной власти, органов по работе с молодежью не только в Краснодарском крае, но и в других регионах Российской Федерации.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено при поддержке Кубанского научного Фонда. Проект ППН-21.1,13 «Формирование экологической культуры молодежи Краснодарского края: научное обоснование педагогического сопровождения».

ACKNOWLEDGMENT

The study was carried out with the support of the Kuban Scientific Foundation. Project PPN-21.1,13 "Formation of ecological culture of youth of Krasnodar Territory: scientific substantiation of pedagogical support".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Gronhoj A., Hubert M. Are we a growing a green generation? Exploring young people's pro-environmental orientation over time // *Journal of Marketing Management*. 2022. N 38. V. 9–10. P. 844–865. DOI: 10.1080/0267257X.2021.2005664
2. Дзятковская Е.Н., Захлебный А.Н. Гуманитаризация экологического образования как вектор его развития до 2030 г. // *Непрерывное образование: XXI век*. 2021. N 1 (33). С. 1–14. DOI: 10.15393/j5.art.2021.6692
3. Недюрмагомедов Г.Г. Проблемы становления непрерывного экологического образования в Дагестане // *Профессиональное образование в России и за рубежом*. 2017. N 4 (28). С. 141–146.
4. Глазачев С.Н., Анисимов О.С., Гришаева О.С. Объектно-онтологический подход и его роль в методологии экологического образования для устойчивого развития // *Экопсихологические исследования – 6: экология детства и психология устойчивого развития*. 2020. N 6. С. 355–359.
5. Ясвин В.А. Психологические основы экологического образования // *Образовательные технологии*. 2019. N 2. С. 25–39.
6. Zhang T. From environment to sustainable development: China's strategies for ESD in basic education // *Int Rev Educ*. 2010. N 56. P. 329–341. DOI: 10.1007/s11159-010-9159-7
7. Mikkelsen G.M. Environmental Values, Human Nature, and Economic Democracy // *Hum Ecol.*, 2017. N 45. P. 131–134. DOI: 10.1007/s10745-016-9877-y
8. Исаева З.М., Абакарова Р.М. Экологические ценности современной молодежной культуры // *Юг России: экология, развитие*. 2010. N 1. С. 170–173.

9. Birch R. Ecological Identity Work. In: Cutting, R., Passy, R. (eds) *Contemporary Approaches to Outdoor Learning*. Palgrave Studies in Alternative Education, 2022. Palgrave Macmillan, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-85095-1_14
10. Al-Nuaimi S.R., Al-Ghamdi S.G. Sustainable Consumption and Education for Sustainability in Higher Education // *Sustainability*. 2022. N 14. P. 7255. DOI: 10.3390/su14127255
11. Bintang A. Ecological Citizenship Through Education and Management // *Journal of Enterprise and Business Intelligence*. 2021. V. 1. N 3. P. 131–136. DOI: 10.53759/5181/JEBI202101014
12. Bauer N., Megyesi B., Halbac-Cotoara-Zamfir R., Halbac-Cotoara-Zamfir C. Attitudes and Environmental Citizenship. In: *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education*. Environmental Discourses in Science Education. 2020. V. 4. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-20249-1_7
13. Дзятковская Е.Н., Парфенов М.А., Шленова В.М., Кошкарёва Л.Г. Организация экологического образования и просвещения в регионе на основе базовой модели экологической культуры личности // *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2022. N 4. С. 94–107.
14. Sinakou E., Boeve-de P.J., Petegem V.P. Exploring the concept of sustainable development within education for sustainable development: implications for ESD research and practice // *Environ Dev Sustain*. 2019. N 21. P. 1–10. DOI: 10.1007/s10668-017-0032-8
15. Yadav S.K., Banerjee A., Jharia M.K., Meena R.S., Raj A., Khan N., Kumar S., Sheoran S. Environmental education for sustainable development. In *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*. Chapter 19. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2022, pp. 415–431. DOI: 10.1016/B978-0-12-822976-7.00010-7
16. Koprina H. Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals // *J. Environ. Educ.* 2020. N 51. P. 1–12.
17. Трикула Л.Н., Вареных И.В., Костина И.Б. Формирование экологической компетентности обучающихся во внеурочной деятельности по географии // *Проблемы современного педагогического образования*. 2022. N 74–3. С. 264–267.
18. Кравченко О.Г. Определение понятия и сущности экологизации содержания высшего образования // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки*. 2022. Т. 8 (74). N 1. С. 37–45.
19. Jia F., Sorgente A., Yu H. Parental Participation in the Environment: Scale Validation Across Parental Role, Income, and Region // *Front. Psychol*. 2022. V. 13. P. 788306. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.788306
20. Gong Y., Li J., Xie J. et al. Will “Green” Parents Have “Green” Children? The Relationship Between Parents’ and Early Adolescents’ Green Consumption Values // *J Bus Ethics*. 2022. V. 179. P. 369–385. DOI: 10.1007/s10551-021-04835-y
21. Rezaei A., Ahmadi S., Karimi H. The role of online social networks in university students’ environmentally responsible behavior // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2022. V. 23. N 5. P. 1045–1069. DOI: 10.1108/IJSHE-05-2020-0168
22. Оселедчик Е.Б., Дмитриева А.В. Педагогическая специфика цифровизации экологического воспитания детей и подростков // *Проблемы современного педагогического образования*. 2022. N 74–3. С. 219–221.
23. Flaherty O., Liddy M. The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research // *Environmental Education Research*. 2018. N 24:7. P. 1031–1049. DOI: 10.1080/13504622.2017.1392484
24. Malmio I., Liwång H. Education for Sustainable Development. In: Leal Filho W., Azul A.M., Doni F., Salvia, A.L. (eds) *Handbook of Sustainability Science in the Future*. Springer Cham, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-68074-9_126-1
25. Яницкий О.Н. Экологическая парадигма как элемент культуры // *Социологические исследования*. 2006. N 7. С. 83–93.
26. Zibenberg A., Greenspan I., Katz-Gerro T. et al. Environmental Behavior Among Russian Youth: The Role of Self-direction and Environmental Concern // *Environmental Management*. 2018. N 62. P. 295–304. DOI: 10.1007/s00267-018-1032-7
27. Ferguson T., Rooft C., Cook L.D. Teachers’ perspectives on sustainable development: the implications for education for sustainable development // *Environmental Education Research*. 2021. N 27:9. P. 1343–1359. DOI: 10.1080/13504622.2021.1921113
28. Dawn B.N., Feeser K., Kurtzhals G. An assessment of environmental literacy, behaviors, attitudes and lifestyle factors of college students // *Journal of American College Health*. 2021. N 17. P. 1–10. DOI: 10.1080/07448481.2021.1975720
29. Rosa C.D., Collado S., Larson L.R. The utility and limitations of the New Ecological Paradigm scale for children // *The Journal of Environmental Education*. 2022. N 53:2. P. 87–98. DOI: 10.1080/00958964.2022.2044281
30. Абдурахманов Г.М., Давудова Э.З., Аливердиева М.А. Экологическое образование и воспитание как основа устойчивого развития человечества (на примере школ Кировского района г. Махачкалы РД) // *Юг России: экология, развитие*. 2017. N 4. С. 166–178.
31. Устойчивое развитие: приоритеты в области образования (опыт регионов России) / под ред. В.М. Захарова, А.В. Семенова, И.А. Соколова. М.: Московский университет им. С.Ю. Витте / Центр устойчивого развития и здоровья среды ИБР РАН, 2022. 248 с.
32. Jordan R.C., Singer, Vaughan J., Berkowitz A. What should every citizen know about ecology? // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2009. N 7. P. 495–500.
33. Wallis H., Loy L.S. What drives pro-environmental activism of young people? A survey study on the Fridays for Future movement // *Journal of Environmental Psychology*. 2021. V. 74. P. 101581. DOI: 10.1016/j.jenvp.2021.101581
34. Fielding K.S., Hornsey M.J. A social identity analysis of climate change and environmental attitudes and behaviors: Insights and opportunities // *Frontiers in psychology*. 2016. V. 11. P. 1–12. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00121

REFERENCES

1. Gronhoj A., Hubert M. Are we a growing a green generation? Exploring young people’s pro-environmental orientation over time. *Journal of Marketing Management*, 2022, no. 38, vol. 9–10, pp. 844–865. DOI: 10.1080/0267257X.2021.2005664
2. Dzyatkovskaya E.N., Zakhlebny A.N. Humanitarization of environmental education as a vector of its development until 2030. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek [Continuing education: XXI century]*. 2021, no. 1(33), pp. 1–14. (In Russian)
3. Nedyurmagomedov G.G. Problems of formation of continuous environmental education in Dagestan. *Professional'noe obrazovanie v Rossii i za rubezhom [Vocational education in Russia and abroad]*. 2017, no. 4 (28), pp.141–146. (In Russian)
4. Glazachev S.N., Anisimov O.S., Grishaeva O.S. Object-ontological approach and its role in the methodology of environmental education for sustainable development. *Ekopsikholicheskie issledovaniya – 6: ekologiya detstva i psikhologiya ustoichivogo razvitiya [Ecopsychological research – 6: ecology of childhood and psychology of sustainable development]*. 2020, no. 6, pp. 355–359. (In Russian)
5. Yasvin V.A. Psychological foundations of ecological education. *Obrazovatel'nye tekhnologii [Educational technologies]*. 2019, no. 2, pp. 25–39. (In Russian)

6. Zhang T. From environment to sustainable development: China's strategies for ESD in basic education. *Int Rev Educ.*, 2010, no. 56, pp. 329–341. DOI: 10.1007/s11159-010-9159-7
7. Mikkelsen G.M. Environmental Values, Human Nature, and Economic Democracy. *Hum Ecol.*, 2017, no. 45, pp. 131–134. DOI: 10.1007/s10745-016-9877-y
8. Isaeva Z.M., Abakarova R.M. Ecological values of modern youth culture. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2010, no. 1, pp. 170–173. (In Russian)
9. Birch R. Ecological Identity Work. In: Cutting, R., Passy, R. (eds) *Contemporary Approaches to Outdoor Learning*. Palgrave Studies in Alternative Education, 2022. Palgrave Macmillan, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-85095-1_14
10. Al-Nuaimi S.R., Al-Ghamdi S.G. Sustainable Consumption and Education for Sustainability in Higher Education. *Sustainability*, 2022, no. 14, p. 7255. DOI: 10.3390/su14127255
11. Bintang A. Ecological Citizenship Through Education and Management. *Journal of Enterprise and Business Intelligence*, 2021, vol. 1, no. 3, pp. 131–136. DOI: 10.53759/5181/JEBI202101014
12. Bauer N., Megyesi B., Halbac-Cotoara-Zamfir R., Halbac-Cotoara-Zamfir C. Attitudes and Environmental Citizenship. In: *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education*. Environmental Discourses in Science Education, 2020, vol. 4. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-20249-1_7
13. Dzyatkovskaya E.N., Parfenov M.A., Shlenova V.M., Koshkareva L.G. Organization of ecological education and enlightenment in the region based on the basic model of ecological culture of the individual. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* [Domestic and foreign pedagogy]. 2022, no. 4, pp. 94–107. (In Russian)
14. Sinakou E., Boeve-de P.J., Petegem V.P. Exploring the concept of sustainable development within education for sustainable development: implications for ESD research and practice. *Environ Dev Sustain*, 2019, no. 21, pp.1–10. DOI: 10.1007/s10668-017-0032-8
15. Yadav S.K., Banerjee A., Jhariya M.K., Meena R.S., Raj A., Khan N., Kumar S., Sheoran S. Environmental education for sustainable development. In *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*. Chapter 19. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2022, pp. 415–431. DOI: 10.1016/B978-0-12-822976-7.00010-7
16. Kopnina H. Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals. *J. Environ. Educ.* 2020, no. 51, pp. 1–12.
17. Trikola L.N., Varenikh I.V., Kostina I.B. Formation of ecological competence of students in extracurricular activities in geography. *Problemy sovremennoogo pedagogicheskogo obrazovaniya* [Problems of modern pedagogical education]. 2022, no. 74-3, pp. 264–267. (In Russian)
18. Kravchenko O.G. Definition of the concept and essence of ecologization of the content of higher education. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Yuridicheskie nauki* [Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Legal sciences]. 2022, vol. 8 (74), no. 1, pp. 37–45. (In Russian)
19. Jia F., Sorgente A., Yu H. Parental Participation in the Environment: Scale Validation Across Parental Role, Income, and Region. *Front. Psychol.*, 2022, vol. 13, pp. 788306. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.788306
20. Gong Y., Li J., Xie J. et al. Will "Green" Parents Have "Green" Children? The Relationship Between Parents' and Early Adolescents' Green Consumption Values. *J Bus Ethics*, 2022, vol. 179, pp. 369–385. DOI: 10.1007/s10551-021-04835-y
21. Rezaei A., Ahmadi S., Karimi H. The role of online social networks in university students' environmentally responsible behavior. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2022, vol. 23, no. 5, pp. 1045–1069. DOI: 10.1108/IJSHE-05-2020-0168
22. Oseledchik E.B., Dmitrieva A.V. Pedagogical specificity of digitalization of ecological education of children and adolescents. *Problemy sovremennoogo pedagogicheskogo obrazovaniya* [Problems of modern pedagogical education]. 2022, no. 74, pp. 219–221. (In Russian)
23. Flaherty O., Liddy M. The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research. *Environmental Education Research*, 2018, no. 24:7, pp. 1031–1049. DOI: 10.1080/13504622.2017.1392484
24. Malmio I., Liwång H. Education for Sustainable Development. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Doni, F., Salvia, A.L. (eds) *Handbook of Sustainability Science in the Future*. Springer Cham, 2022, DOI: 10.1007/978-3-030-68074-9_126-1
25. Yanitsky O.N. Ecological paradigm as an element of culture. *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological research]. 2006, no. 7, pp. 83–93. (In Russian)
26. Zibenberg A., Greenspan I., Katz-Gerro T. et al. Environmental Behavior Among Russian Youth: The Role of Self-direction and Environmental Concern. *Environmental Management*, 2018, no. 62, pp. 295–304. DOI: 10.1007/s00267-018-1032-7
27. Ferguson T., Roofe C., Cook L.D. Teachers' perspectives on sustainable development: the implications for education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 2021, no. 27:9, pp. 1343–1359. DOI: 10.1080/13504622.2021.1921113
28. Dawn B.N., Feeser K., Kurtzhals G. An assessment of environmental literacy, behaviors, attitudes and lifestyle factors of college students. *Journal of American College Health*, 2021, no. 17, pp. 1–10. DOI: 10.1080/07448481.2021.1975720
29. Rosa C.D., Collado S., Larson L.R. The utility and limitations of the New Ecological Paradigm scale for children. *The Journal of Environmental Education*, 2022, no. 53:2, pp. 87–98. DOI: 10.1080/00958964.2022.2044281
30. Abdurakhmanov G.M., Davydova E.Z., Aliverdieva M.A. Ecological education and upbringing as the basis of sustainable development of mankind (on the example of schools of the Kirovsky district of Makhachkala RD). *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2017, no. 4, pp. 166–178. (In Russian)
31. Zakharov V.M., Semenov A.V., Sokolov I.A., eds. *Ustoichivoe razvitie: priority v oblasti obrazovaniya (opyt regionov Rossii)* [Sustainable development: priorities in the field of education (experience of the regions of Russia)]. Moscow, Moscow University named after S.Yu. Witte. Center for Sustainable Development and Environmental Health of the IDB RAS, 2022, 248 p. (In Russian)
32. Jordan R.C., Singer, Vaughan J., Berkowitz A. What should every citizen know about ecology? *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2009, no. 7, pp. 495–500.
33. Wallis H., Loy L.S. What drives pro-environmental activism of young people? A survey study on the Fridays For Future movement. *Journal of Environmental Psychology*, 2021, vol. 74, p. 101581. DOI: 10.1016/j.jenvp.2021.101581
34. Fielding K.S., Hornsey M.J. A social identity analysis of climate change and environmental attitudes and behaviors: Insights and opportunities. *Frontiers in psychology*, 2016, vol. 11, pp.1–12. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00121

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Мария В. Терешина разработала дизайн эмпирического исследования, провела фокус-групповые интервью,

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Maria V. Tereshina developed the design of an empirical study, conducted focus group interviews, organised and

организовала и провела онлайн-анкетирование, теоретически интерпретировала данные эмпирического исследования для обоснования институциональной модели, анализ кейсов, подготовка рукописи. Инна В. Мирошниченко разработала дизайн эмпирического исследования, провела фокус-групповые интервью, организовала и провела онлайн-анкетирование, теоретически интерпретировала данные эмпирического исследования для обоснования институциональной модели, проанализировала кейсы; Наталия В. Яковенко провела библиографический обзор зарубежной и отечественной литературы по тематике исследования, описание и первичный анализ транскриптов фокус-групповых интервью, экспертные интервью; Елена А. Яковлева проведение анализа и описание технологий формирования экологической культуры молодежи, экспертных интервью, подготовка рукописи к печати. 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.

conducted an online questionnaire, theoretically interpreted the empirical research data to substantiate the institutional model, undertook case analysis and prepared the manuscript. Inna V. Miroshnichenko developed the design of an empirical study, conducted focus groups, organized and conducted an online questionnaire, theoretically interpreted empirical research data to substantiate the institutional model and analysed cases. Nataliya V. Yakovenko conducted a bibliographic review of foreign and domestic literature on the subject of the research, description and primary analysis of transcripts of focus group interviews and expert interviews. Elena A. Yakovleva conducted the analysis and description of technologies for the formation of youth ecological culture, expert interviews and prepared the manuscript for printing. 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

Мария В. Терешина / Maria V. Tereshina <http://orcid.org/0000-0001-8982-5831>

Инна В. Мирошниченко / Inna V. Miroshnichenko <http://orcid.org/0000-0002-2650-6662>

Наталия В. Яковенко / Nataliya V. Yakovenko <https://orcid.org/0000-0003-4203-0040>

Елена А. Яковлева / Elena A. Yakovleva <https://orcid.org/0000-0002-9697-8024>

Оригинальная статья / Original article

УДК 372

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-140-156

Национально-региональный опыт реализации экологического образования для устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона

Георгий Г. Недюрмагомедов¹, Загир В. Атаев^{1,2,3}¹Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия²Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Махачкала, Россия³Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, Нальчик, Россия

Контактное лицо

Загир В. Атаев, кандидат географических наук, профессор кафедры географии и методики преподавания, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии, начальник управления научных исследований, Дагестанский государственный педагогический университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Магомеда Ярагского, 57.

Тел. +7928-961-10-97

Email zagir05@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

Формат цитирования

Недюрмагомедов Г.Г., Атаев З.В. Национально-региональный опыт реализации экологического образования для устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 140-156. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-140-156

Получена 10 января 2023 г.

Прошла рецензирование 23 января 2023 г.

Принята 27 января 2023 г.

Резюме

Цель. Целью статьи является выявления эффективных условий развития экологической культуры в дагестанской школе в интересах устойчивого развития региона.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели использовались адекватные методы с учетом специфики каждого этапа работы: анализ научной литературы (психолого-педагогической, методической и экологической), нормативных и программно-методических документов по проблеме; наблюдение, педагогический эксперимент, тестирование, изучение педагогического опыта и методы математической обработки результатов эксперимента (χ^2 -критерий).

Результаты. Развитие глобального экологического кризиса поставило перед обществом задачу выживания и обеспечения существования человечества в контексте концепции «устойчивого развития человечества», рассматриваемой как развитие, удовлетворяющее потребности настоящего времени и не ставящее под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Это позволяет констатировать актуальность внедрения в школу эффективных моделей экологического образования для устойчивого развития (однопредметной, многопредметной и смешанной). Результаты исследования показывают эффективность различных видов экологизации (предметная, межпредметная и метапредметная) и «смешанной модели». Было разработано учебное пособие по региональной экологии (Экология Дагестана), с учетом специфики законов функционирования экосистем планеты и региона. С включением в «смешанную модель» региональной экологии школьное экологическое образование в интересах устойчивого развития получило свою завершенность.

Выводы. Экологическое образование в интересах устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона эффективно при экологизации школьных дисциплин и использовании «смешанной модели», и включении в их содержание национально-регионального компонента.

Ключевые слова

Глобальный экологический кризис, экологическое образование, образование в интересах устойчивого развития, экологическое образование для устойчивого развития региона.

National and regional experience in the implementation of environmental education for sustainable development and preservation of regional natural and cultural heritage

Georgy G. Nedurmagomedov¹ and Zagir V. Ataev^{1,2,3}

¹Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia

²Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

³Kabardino-Balkar Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, Nalchik, Russia

Principal contact

Zagir V. Ataev, PhD (Geography), Professor, Department of Geography and Teaching Methods, Director, Research Institute of Biogeography and Landscape Ecology, Head of Scientific Research Department, Dagestan State Pedagogical University; 57 Magomed Yaragsky St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +7 928-961-10-97

Email zagir05@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

How to cite this article

Nedurmagomedov G.G., Ataev Z.V. National and regional experience in the implementation of environmental education for sustainable development and preservation of regional natural and cultural heritage. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 140-156. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-140-156

Received 10 January 2023

Revised 23 January 2023

Accepted 27 January 2023

Abstract

Aim. The article is to identify effective conditions for the development of ecological culture in Dagestan schools in the interests of sustainable regional development.

Material and Methods. To achieve this goal, adequate methods were used, taking into account the specifics of each stage of the work: analysis of scientific literature (psychological-pedagogical, methodological and environmental), regulatory and programme-methodical documents about the problem; observation, pedagogical experiment, testing, study of pedagogical experience and methods of mathematical processing of experimental results (χ^2 -criterion).

Results. The development of the global environmental crisis has set before society the task of survival and ensuring the existence of mankind, in the context of the concept of "sustainable development of mankind", considered as development that meets the needs of the present and does not jeopardize the ability of future generations to meet their needs. This allows us to state the relevance of introducing effective models of environmental education for sustainable development (one-subject, multi-subject and mixed) into school curricula. The results of the study show the effectiveness of various types of ecologisation (subject, inter-subject and meta-subject) and the "mixed model". A textbook on regional ecology (Ecology of Dagestan) was developed, taking into account the specifics of the laws of functioning of the ecosystems of the planet and the region. With the inclusion of regional ecology in the "mixed model", school environmental education for sustainable development has been completed.

Conclusions. Environmental education in the interests of sustainable development and preservation of the natural and cultural heritage of the region is effective in the greening of school disciplines and the use of a "mixed model", and the inclusion of a national and regional component in their content.

Key Words

Global environmental crisis, environmental education, education for sustainable development, environmental education for the sustainable development of the region, Dagestan.

«Экологическими знаниями, подобно арифметике, должны обладать все, независимо от специальности и характера работы, места обитания и цвета кожи».

Н.Н. Моисеев

ВВЕДЕНИЕ

Резкое обострение взаимоотношений общества и природы на рубеже XX–XXI вв. привело человечество на грань очередной в истории цивилизации экологической катастрофы. Усиленно стал развиваться «глобальный (планетарный) экологический кризис», под которым понимается объективное нарушение взаимодействия «человек – природа», выразившееся в антропогенной нагрузке на биосферу, экспоненциальном росте населения планеты, истощении природных ресурсов, нарушении равновесия в природной среде и разрушении биосферы. Все причины кризиса носят необратимый характер (Н.Н. Моисеев отмечал: «...борьба за выживание на планете грозит глобальной катастрофой. Обостряющаяся борьба за ресурсы при современном росте технического и военного могущества цивилизаций может иметь финалом исчезновение человека с лица Земли») [1].

В условиях развития «глобального экологического кризиса» и глобализации экологических проблем для обеспечения выживания человечества необходимы кардинальные решения, в том числе и в области образования. Экологическое благополучие сильно зависит от социальной сбалансированности и стабильности, поэтому глобальные экологические проблемы стали рассматривать под таким ракурсом с 1980-х гг., в контексте возникшей парадигмы «устойчивого развития человечества».

Определение «устойчивое развитие» было предложено в докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» (известного как «Доклад Гру Харлем Брундтланд»), посвященном обоснованию необходимости перехода к устойчивому развитию, где «устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [2].

В этом докладе сформулирована основная цель необходимости перехода к «устойчивому развитию» – выживание и обеспечение существования человечества на будущее неопределенно долгие времена. Особое место в проблематике устойчивого развития занимают вопросы региональной устойчивости. Устойчивое развитие региона должно быть нацелено на достижение высокого качества жизни его населения (при позитивной динамике комплекса показателей), в пределах порога безопасности при колебаниях внешних и внутренних воздействий (политического, культурно-образовательного, экономического, техногенного, природно-климатического и др. характера), грозящих падением качества жизни и гибелью населения.

Устойчивое развитие стало вызовом для всех стран, поскольку продемонстрировало необходимость формирования новой экономической системы, ключевой чертой которой должен стать учет экологического фактора в связи с повсеместным истощением ресурсного потенциала планеты, загрязнением окружающей среды и разрушением биосферы.

Переход к устойчивому развитию требует радикальных перемен в человеческой цивилизации. Согласно Концепции и целям устойчивого развития (принятым мировым сообществом), к 2030 г. нужно «обеспечить, чтобы все обучающиеся приобретали знания и навыки, необходимые для содействия устойчивому развитию, посредством обучения по вопросам устойчивого развития и устойчивого образа жизни...» [3].

Основой образования для устойчивого развития (во всех странах мира) является «экологическое образование», цель которого – формирование и развитие «экологической культуры», опыта практических действий в интересах устойчивого развития местного сообщества (региона), опирающихся на современную научную картину мира и ценности экологически устойчивого развития.

Проблемы экологического образования для устойчивого развития все еще не получили адекватной поддержки со стороны властных структур, образования и науки; в сложившейся системе экологического образования наблюдается несоответствие заявленных целей и планируемых результатов с реальными [4–6].

«Экологическое образование в интересах устойчивого развития» – это направление (наряду с экономическим и социальным) в интересах устойчивого развития, которое отражает внедрение идей устойчивого развития в содержание школьного экологического образования [7].

В контексте реализации новых Федеральных государственных образовательных стандартов нового поколения (2021) [8], «концепция формирования экологической культуры» предполагает рассмотрение ключевых идей, положений и принципов ее эффективной реализации, а также критерии и индикаторы оценки ее результативности. Ученые связывают педагогическое осмысление концепции формирования экологической культуры с феноменом культуры устойчивого развития.

«Экологическое образование для устойчивого развития» должно стать основным фактором в достижении сбалансированного развития цивилизации, потому требуется его совершенствование и поиск эффективных условий его реализации на практике. Без экологизации человеческой деятельности, системы образования (в том числе и школьного), без становления современной экологической культуры личности и общества невозможно противостоять глобальным экологическим изменениям, реализовать концепцию устойчивого развития.

Анализ трудов специалистов [9–15] свидетельствует о том, что в школьном экологическом образовании действуют региональные педагогические системы, эффективные в местных условиях, в то же время вопросы того, какой должна быть непосредственная организация, структура и содержание экологического образования школьников в данном регионе и какова его педагогическая роль в решении задач устойчивого развития региона, требуют дальнейшего изучения.

Развитие человеческой цивилизации сопровождалось региональными и глобальными экологическими кризисами антропогенного происхождения. В XXI веке, «глобальный (планетарный) экологический кризис» стал объективной реальностью, он интенсивно развивается, проявляясь в разрушении биосферы, ухудшении качества жизни и в спровоцированных им военных конфликтах [16–20].

А.В. Гагарин отмечает, что *глобальный экологический кризис* – это «глобальные, часто необратимые изменения окружающей среды (изменения климата, суши, океана, потеря биоразнообразия и др.), происходящие вследствие бесконтрольного прагматического (пользовательского) отношения человека к природе» [21]. «Впервые в истории физическое выживание человеческого рода, – отмечал Э. Фромм, – зависит от радикального изменения человеческого сердца» [22]. Уникальность современного «планетарного экологического кризиса» в том, что он касается существования человека как биосоциального существа.

К середине XX века тема устойчивого развития социально-экономических систем разного уровня стала самой актуальной, вытекающей из осмысления взаимосвязи экономического развития и деградации окружающей природной среды.

В 1970-е годы стала формироваться «Концепция устойчивого развития», как вызов на глобальные экологические проблемы, она нашла отражение и в работах членов «Римского клуба» (созданного в 1968 г. под руководством А. Печчеи) [23].

«Концепция устойчивого развития» была принята на Конференции ООН по развитию и окружающей среде в г. Рио-де-Жанейро в 1992 году (ее еще именуют «всемирной моделью будущего цивилизации»), а термин «устойчивое развитие» (с англ. яз. – «*sustainable development*») широкое распространение получил с 1987 года, когда в Копенгагене был опубликован доклад Всемирной комиссии ООН по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее», известный также по имени ее председателя Г.Х. Брундтланд, и в котором было сформулировано определение устойчивого развития в его распространенной трактовке [24].

В основе концепции лежит «теория роста» Я. Тинбергена, в которой в качестве внутренних пределов развития рассматривались рациональные потребности человека, а внешние пределы определялись емкостью биосферы [25].

В современном понимании основным звеном в обеспечении устойчивого развития выступает региональный уровень, поскольку детерминирующее воздействие имеет разнонаправленный вектор: с одной стороны, обеспечивает сбалансированность систем более высокого порядка (мировой), с другой стороны, способствует сбалансированности составляющих его подсистем [26].

Специалисты ООН считают, что принятие обществом идей устойчивого развития еще возможно – через систему образования (в том числе и школьного), которое может изменить массовое сознание людей, ориентируя их на сохранение природных и культурных ценностей. В «Европейской стратегии образования в интересах устойчивого развития» (ОУР) отмечается, что образование и устойчивое развитие – два процесса, направленные в будущее и призванные обеспечить

качественную жизнь нынешним и будущим поколениям [27].

Во второй половине XX века «природоохранное образование» эволюционировало в «экологическое», фундамент которого заложил Патрик Геддес (которого называют «отцом экологического образования») [28], затем – в «образование в области глобальных проблем человечества», и наконец – «экологическое образование в области устойчивого развития» [29]. Эволюция «экологического образования» в «экологическое образование для устойчивого развития» отражает содержание нового витка развития человеческого общества, направленного на создание условий для преодоления «глобального экологического кризиса».

Образование в интересах устойчивого развития позволяет понять характер и масштаб проблем в области устойчивого развития; сформировать критический, нестандартный и творческий подход, необходимый для поиска новых, более эффективных решений общемировых проблем; понять суть тех мощных факторов, которые определяют неустойчивый образ жизни; и поможет людям выработать уверенность в себе, организационные навыки и оптимизм, который позволит им действовать по отдельности и коллективно во благо интересов устойчивого будущего [30].

Суть стратегии образования в интересах устойчивого развития (Education for Sustainable Development, ESD) состоит в том, чтобы «перейти от простой передачи знаний и навыков, необходимых для существования в современном обществе, к готовности действовать и жить в быстро меняющихся условиях, участвовать в планировании социального развития, учиться предвидеть последствия предпринимаемых действий, в том числе и возможные последствия в сфере устойчивости природных экосистем и социальных структур». Как отмечается в Стратегии: «Образование выступает одной из предпосылок для достижения устойчивого развития...» [31], что предполагает переход от традиционного обучения к экологически ориентированной «модели», в основе которой должны лежать широкие междисциплинарные знания, базирующиеся на комплексном подходе к развитию общества, экономики и окружающей среды.

Понятие «Образование в интересах устойчивого развития» рассматривается в рамках ООН в качестве концептуального подхода, включающего такие совокупные компоненты, как:

- образование, дающее возможность приобрести навыки, способность действовать, представления и знания, необходимые для обеспечения устойчивого развития;

- образование на всех уровнях и во всех общественных ячейках (школа, ВУЗ и т.д.);

- образование с целью формирования социально ответственных граждан и укрепления демократии, при которой отдельные граждане и их объединения пользуются своими правами, выполняя при этом и свои гражданские обязанности;

- образование, содействующее получению знаний в течение всей жизни;

- образование, направленное на гармоничное развитие личности [32].

Специалисты отмечают [33–37], что «экологическое образование» и «образование в интересах

устойчивого развития» – это не одно и то же. В современной отечественной системе образования экологическое образование включает «образование для устойчивого развития», которое все еще находится в зачаточном состоянии, и реализуется в общеобразовательных учреждениях фрагментировано, и опирается на различные естественнонаучные и гуманитарные учебные дисциплины (но в основном на биологию, экологию, химию и географию).

Роль «экологического образования» станет усиливаться в системе школьного образования по мере того, как последняя будет превращаться в систему «образования для устойчивого развития», будет реализован опережающий механизм развертывания образовательного процесса (т.е. включение в содержание образования проблем будущего). Опережающее образование принципиально нацелено на будущее.

Целью экологического образования является непрерывное личностное развитие личности (формирование ее «экологической культуры»), помогающее ей понять свои потенциальные возможности, сформировать способности (компетенции) разрешать жизненные и иные непредвиденные ситуации, обеспечивающие повышение качества жизни, необходимые для достижения гармонии между результатами обучения учащихся и требованиями устойчивого развития [38–41].

Первопроходцами в области разработки проблем формирования экологической культуры были известные мыслители и ученые – Т. Мальтус, Б. Коммонер, Ле Шателье-Браун и др. [42–44].

Отличие экологической культуры от культуры в широком смысле заключается в том, что экологическая культура – это способ согласованного социоприродного развития (в то время как культура вообще является способом социального развития личности). Н.Ф. Реймерс рассматривал экологическую культуру как «этап и составную часть развития общемировой культуры, характеризующиеся острым, глубоким и всеобщим осознанием насущной важности экологических проблем в жизни будущего развития человечества» [45].

И.Д. Зверев отмечает, что экологическая культура как цель экологического образования включает четыре качественные характеристики, это: обогащение положительного научного и практического опыта взаимодействия личности с социоприродной средой; формирование ее ответственного отношения к природе, к материальным, социальным и духовным ценностям, осознание и утверждение приоритета всех форм жизни как условие существования человека; обеспечение всестороннего развития личности, ее склонностей и творческих способностей; обеспечение благополучия здоровья в условиях оптимизации системы «природа – человек» [46].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления эффективных направлений реализации целей экологического образования нами использовались теоретический анализ научной литературы по исследуемой проблеме, изучение программно-методических документов по школьному экологическому образованию, наблюдение, педагогический эксперимент, методы математической обработки результатов эксперимента и др. [47–53].

Методологическим основанием статьи служили подходы развития теории образования – культурологический подход [54–56], теория интеграции в образовании, представления о трансдисциплинарности (трансграничности) источников отбора содержания [57] и транспредметности «сквозного» содержания [58].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейшей нерешенной проблемой экологического образования школьников является теоретическое и методологическое обоснование аксиологической основы экологического образования («экологическая культура» человеческой цивилизации и отдельной личности).

В этой связи отметим, что мы понимаем под целью «экологического образования в интересах устойчивого развития» школьников формирование «экологической культуры» личности, как части общей культуры, как наследуемые и непрерывно формируемые знания и совокупность опыта взаимодействия людей с природной средой и как фундаментальной основы устойчивого развития [59–61].

Опираясь на подход Суравегиной И.Т., рассматривающей экологическую культуру как динамическое единство экологических знаний, положительного отношения к ним и реальной деятельности человека в окружающей природе; как сложную черту личности, включающую: понимание человеком ценностей правильного поведения в природной среде, осознание природы как национального общественного достояния и умения предвидеть последствия различных воздействий на нее, способность действовать в природе сообразно ее законам [62], Недюрмагомедов Г.Г. в структуре экологической культуры школьников выделяет взаимосвязанные *компоненты*: когнитивный, эмоционально-эстетический, ценностно-смысловой и деятельностный.

Выделенные компоненты свидетельствуют о том, что экологическая культура является интегративным качеством и важнейшим свойством личности, отражающим ее психологическую, теоретическую и практическую готовность ответственно относиться к окружающей среде, а их сочетание определяет условия ее формирования [63].

В процессе экспериментальной работы были определены критерии сформированности компонентов экологической культуры (табл. 1).

Работы ученых, посвященные изучению специфики и особенностям организации учебного процесса в целом, и экологического образования в частности (в том числе и в школах Северного Кавказа), свидетельствуют о его многоаспектности и многоплановости.

Нынешний этап функционирования экологического образования в интересах устойчивого развития характеризуют: аморфность целей и состава содержания школьного экологического образования на разных возрастных этапах в целом и на этапе обучения «экологии» в частности; низкий уровень экологизации дисциплин естественнонаучного и гуманитарного циклов; неопределенность роли отдельных составляющих элементов социального опыта в обучении экологии; недостаточность сведений по дидактическому обоснованию и построению учебного процесса по экологии, в том числе региональной [64–68].

Таблица 1. Критерии сформированности компонентов экологической культуры школьников**Table 1.** Criteria for the formation of the components of ecological culture of schoolchildren

Компоненты экологической культуры школьников Components of ecological culture of schoolchildren	Критерии экологической культуры школьников Criteria of ecological culture of schoolchildren
1. Эмоционально-эстетический компонент 1. Emotional-aesthetic component	– положительное эмоциональное отношение к изучению и общению (эмоциональная отзывчивость – умение переживать, анализировать) с природой, умение ценить (и оценивать) красоту явлений природы – психические механизмы (волевые и эмоциональные проявления), направленные на активность личности в эстетических взаимоотношениях с природой – positive emotional attitude to study and communication (emotional responsiveness the ability to experience and analyse) nature and the ability to appreciate (and evaluate) the beauty of natural phenomena – mental mechanisms (volitional and emotional manifestations) aimed at the activity of the individual in aesthetic relationships with nature
2. Ценностно-смысловой компонент 2. Value-semantic component	– стремление к познанию нового, необычного и ценного в природе – наличие развитой рефлексии отношения к природе – доминирующие мотивы, смыслообразующие мотивы, благодаря которым происходит осознание значимости экологической деятельности (учащийся может ответить на вопрос «зачем?», т.е. определить личностный смысл и необходимость осуществления действий, связанных с постановкой цели и задач школьного экологического образования) – desire for knowledge of the new, unusual and valuable in nature – presence of a developed reflection of the attitude to nature – dominant motives and meaning-forming motives, through which there is an awareness of the importance of environmental activities (the student can answer the question “why?”, i.e. determine the personal meaning and the need for actions related to setting the goals and objectives of school environmental education)
3. Когнитивный компонент 3. Cognitive component	– знания об отдельных предметах и явлениях природы, осознанных представлений об их взаимосвязях и взаимозависимостях – знаний основ общей и социальной экологии – knowledge about individual objects and phenomena of nature and conscious ideas about their relationships and interdependencies – knowledge of the basics of general and social ecology
4. Деятельностный компонент 4. Activity component	– готовность участвовать в решении экологических проблем (в том числе местных) – экологическая деятельность; умение применять экологические знания в практической экодеятельности (наблюдение, определение, исследование и т.д.) – система умений и навыков, необходимых для осуществления практико-ориентированной экологической деятельности – умение прогнозировать результаты явлений природы и экологической деятельности – willingness to participate in solving environmental problems (including local ones) – environmental activities; the ability to apply environmental knowledge in practical environmental activities (observation, identification, research, etc.) – a system of skills and abilities necessary for the implementation of practice-oriented environmental activities – the ability to predict the results of natural phenomena and environmental activities

Формирование экологической культуры школьников тесно связано с региональной ситуацией, которая позволяет обеспечить этому процессу конкретность, целенаправленность и предметность (т.е. регионализация в школьном экологическом образовании является сегодня объективной потребностью). Природно-климатические, биологические, географические, историко-культурные и социально-экономические особенности регионов определяют специфику регионального компонента содержания школьного образования. И.Т. Суравегина отмечает, что дисциплины «регионального уровня» должны обеспечивать лучшее «...усвоение концепций классической, глобальной и социальной экологии». Недостаточность роли регионального компонента в школьном экологическом образовании снижает его

эффективность: «преподавание экологии по федеральным программам оказывается... оторванным от реальной экологической ситуации той местности, в которой живут и учатся, а в будущем будут работать школьники. В результате овладение научными знаниями и практическими умениями не учитывает естественной связи учебного содержания с экологической реальностью, не позволяет воспринимать экологические проблемы региона своего проживания как лично значимые».

Включение в систему школьного образования Дагестана региональной дисциплины «Экология Дагестана» обуславливает необходимость определения ее положения в возрастной периодике и ее содержания. Предполагалось введение предмета в региональный компонент учебного плана в 5-х и 9-х

классах, затем (в большинстве школ) в учебных планах (федеральных, а позже – и региональных), стали указывать 9–10 классы. В практике дагестанских школ предмет «переведен» из 7/8-х в 9/10-е классы. В работах специалистов отмечается большая эффективность обучения учащихся старшего звена, так как к 9/10 классу учащиеся уже имеют базовые знания по основным биологическим дисциплинам, поэтому именно в 9/10-х классах «Экология» может и должна быть базовым предметом экологического образования учащихся общеобразовательной школы. Однако в школах образовательный потенциал дисциплины «Экология» реализуется слабо, что обусловлено причинами: дисциплина «Экология» в дагестанской школе не подкреплена региональными учебными пособиями для учащихся; уровень теоретико-методологического и научно-методического обоснования обучения «региональной экологии» недостаточен; отсутствует научно-методический комментарий процессуальной стороны учебной деятельности, моделируемой в том числе и на основе учебно-методических материалов; содержание как федеральной, так и региональной дисциплины «Экология» научно не определено, поэтому используются педагогические технологии, не достигающие целей, поставленных «теорией экологического образования школьников».

Школьная практика сталкивается сегодня с парадоксальной ситуацией: идей, технологий, методов, условий, предлагаемых исследователями в многочисленных диссертациях и монографиях по проблемам экологического образования учащихся разных возрастных групп много, а их эффективность очень низкая. Учителя общеобразовательных школ, где в учебный план включена «Экология», используют традиционные технологии, рекомендованные для изучения «Биологии» или других естественнонаучных дисциплин, без учета специфики «Экологии», что снижает эффективность, как процесса обучения дисциплины «экология», так и экологического образования школьников в целом. Школьное экологическое образование в интересах устойчивого развития не имеет завершенности без базовой дисциплины, нет также и эффективной методики обучения «Экологии» (в том числе и регионального курса). Указанное противоречие в дагестанских школах было впервые частично решено в 2014 г., когда был разработан школьный региональный курс «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)» (учебное пособие для 9/10-х классов, разработанное Г.Г. Недюрмагомедовым и И.А. Багировой) [69].

Региональная дисциплина «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)» синтетичен и междисциплинарен, так как включает не только научный, но и культурно-исторический подход, что определяет ряд особенностей его преподавания (содержание курса базируется не только на научных основах «экологии», но и на эмоционально-ценностном отношении к миру; «территориальный подход» к учебному материалу сочетается с временным, диахроническим).

При разработке дисциплины авторы столкнулись с проблемами: в традиционных школьных курсах «Экологии» не определены требования к подготовке учащихся основной школы по изучению «экологии региона»; не предполагается изучение региона (Западного Прикаспия) как целостности

особого рода, – это связано с тем, что не сложилось единого представления об уровне усвоения знаний об экологических особенностях региона; фрагменты экологических знаний сообщаются бессистемно; не разработана программа изучения экологических особенностей региона в аспектах классической и социальной экологии, а также «экологии человека»; мало средств обучения, отражающих экологическую региональную специфику экосистем, этнокультурные традиции взаимодействия с окружающей средой, региональные экологические проблемы и т.д. Необходимость учебного пособия по экологии региона определяется еще и тем, что, хотя законы функционирования различных экосистем одинаковы, экосистемы различных регионов (а также его частей) специфичны.

Структуру учебной дисциплины «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)» определяют содержательные линии:

- основы общей экологии: «организм и среда»; «экология популяций»; «экология сообществ»; «экосистемы»;

- социально-прикладные аспекты экологии: «место и роль человека в окружающей среде»; «окружающая среда и здоровье человека»; «экологические основы охраны природы».

«Фундамент» наполнения естественнонаучной учебной дисциплины «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)» составляют основы базовых наук – «Биология» и «Экология». В целом, содержание обучения «региональной экологии» должно обеспечить достижение экологической и природоохранной компетентности, то есть такого уровня образованности школьников, который характеризуется способностью решать типовые экологические задачи (нормативные для учащихся 9/10-х классов) на основе использования ими социального и их собственного опыта.

Курс «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)» [70] включает 9 глав:

- Предмет и задачи «Экологии Дагестана (Западного Прикаспия)»;

- Факторы окружающей среды. Среда обитания;
- Экологические условия Западного Прикаспия;
- Экология почв;
- Экология флоры Западного Прикаспия;
- Экология фауны Западного Прикаспия;
- Прикладная экология;
- Охрана природы Западного Прикаспия;
- Экологическое образование.

Изучение «региональной экологии» будет эффективным, если процесс обучения будет реализован в соответствующей модели обучения.

Анализ возможных моделей изучения «региональной экологии», предложенных школам Дагестана, Калмыкии и Ставропольского края (в 2008–2020 гг.) показывает, что учителями-биологами приоритетными называются: «экологические знания, присутствующие во всех предметах» (≈ 40%), что соответствует *многопредметному подходу* к организации школьного экологического образования, предполагающего включение экологического материала в содержание различных школьных дисциплин, и введение «отдельного интегративного курса экологии» (≈ 40%), предполагающее наряду с *экологизацией содержания* учебных предметов введение интегративного курса экологии,

обобщающего и систематизирующего знания, полученные учащимися в других предметах – данный подход характеризует «смешанную модель» школьного экологического образования. Учебный материал, обеспечивающий достижение базового, академического и профориентированного уровня экологического образования в интересах устойчивого развития, может включаться в обязательный компонент учебного плана школы несколькими путями. В педагогической литературе последних лет [71; 72] это выражали понятием «модели экологического образования», представляющие собой общие схемы экологического образования в учебных заведениях.

Одна из первых попыток разработки модели экологического образования (в том числе в интересах устойчивого развития) была предпринята в Западной Европе в середине 1970-х годов – это «трех-аспектная модель», предложенная в 1974 году «Советом школ Великобритании» [73], компонентами которой являются образование об окружающей среде, для окружающей среды и посредством окружающей среды.

С. Стерлинг и Дж. Купер [74] предложили модели, способствующие дальнейшему совершенствованию процесса экологического образования: первая – «линейная модель», предполагающая, что ученик проходит все этапы экологического образования в строгом порядке один за другим («информированность → знание → навыки → нравственные ценности → деятельность»); вторая – все элементы взаимосвязаны и усиливают друг друга.

К XXI веку зарубежными и отечественными специалистами было разработано множество моделей экологического образования школьников.

В настоящее время особое значение приобретает поиск и внедрение в образовательный процесс школы современных (опережающих) моделей «экологического образования для устойчивого развития», отвечающих требованиям новых школьных ФГОС (2021) [75]. Реализация содержания школьного экологического образования в интересах устойчивого развития (направленного на формирование экологической культуры), сегодня возможна на основе трех моделей – однопредметной, многопредметной и смешанной, из которых первые две основываются на знаниевой парадигме, а третья – на культуросообразной.

«Однопредметная модель» (рекомендована «Всемирной хартией охраны природы») базируется на изучении «экологии» как самостоятельной школьной дисциплины, включенной в учебный план школы. Предполагается, что «экологию» (соответствующего уровня сложности) будут изучать на каждом уровне школьного образования. Данная модель в условиях многочисленных проблем, с которыми сталкиваются дагестанские школы, оказалась малоэффективной, хотя и широко используется в современной школе (содержание экологии, на которую выделяется один час в неделю, – слишком сложное, и одна естественнонаучная дисциплина решить все задачи экологического образования в интересах устойчивого развития, том числе и формирование экологической культуры – не может).

«Многопредметная модель» (часто реализовывается в городских школах) предполагает экологизацию содержания традиционных дисциплин естественнонаучного (биология, химия, физика, общая

экология, география и др.) и общественно-гуманитарного направления. Экологизация – это процесс проникновения экологического подхода и экологических принципов (принципов (законов) минимума, толерантности, биоразнообразия и др.) в образовательный процесс школы. Экологизация в школьном образовании – объективно идущий процесс и результат целенаправленного конструирования в разных предметных областях, учебных дисциплинах, внеурочной деятельности – содержания, формирующей систему экологических знаний, умений и экологических и природоохранных компетенций [76].

В этом случае многоаспектное содержание экологической проблематики рассредоточивается по различным предметам, на основе принципа дополнительности (рассматриваются различные аспекты взаимодействия в системе «Человек – Общество – Природа»). Экологические вопросы соотносятся с изучаемым программным учебным материалом и обычной логикой его обучения. В содержание той или иной школьной дисциплины вводятся специальные обобщающие темы: в цикле гуманитарно-эстетических дисциплин раскрываются проблемы формирования экологической культуры; в общественных дисциплинах – история взаимоотношения общества с природой, материального производства, его особенности, а также общественные движения народов за мир и сохранение благоприятной природной среды. Экологический материал вводится по трем направлениям:

- увязывание программного материала с экологическим (отбор экологического материала зависит от содержания конкретной темы);
- расширение объема экологического содержания в программных темах;
- введение специальных экологических тем (или отдельных уроков), имеющих собственную экологическую логику.

Глобальные проблемы конкретизированы, и примером реализации подобного подхода являются «вкладыши» в учебники по проблемам окружающей среды. Эта модель позволяет детально (хотя и менее целостно) формировать систему знаний школьников об окружающей среде, проблемах ее охраны и путях решения. Однако при конструировании единого содержания и реализации его на практике возникли непреодолимые сложности (каждая учебная дисциплина строится в логике своей науки, отличной от целей экологического образования). Использование межпредметного экологического содержания – не способствует качеству обучения и воспитания школьников и не интенсифицирует учебный процесс [77].

Распространенная в большинстве дагестанских школ практика *предметной экологизации* направлена на достижение предметных и метапредметных результатов обучения и частных научных картин мира (биологической, физической, химической и др.) и показала свою несостоятельность в достижении личностных результатов экологического образования – базовых компонентов экологической культуры. С введением новых ФГОС (2021) стал развиваться новый вид экологизации – *метапредметная экологизация* (использование во всех школьных дисциплинах «общенаучного экологического подхода» к изучению окружающей действительности).

«Смешанная модель» представляет более оптимальные возможности для достижения целей экологического образования. Все учебные предметы сохраняют свои специфические учебно-воспитательные цели, а координирующую роль берет на себя одна из экологических дисциплин (общая экология, региональная экология и др.), в содержании которой представлены естественнонаучные и социальные аспекты содержания.

В некоторых дагестанских школах «смешанная модель» реализуется «по горизонтали»: учебный предмет («общая экология», «экология региона» и т.д.) + экологизация учебных предметов (биология, химия, физика, география и др.) + внеклассная работа по экологии. В рамках «смешанной модели» изучается дисциплина «Экология Дагестана (Западный Прикаспий)», которая вводится в ряде школ на уровне регионального или школьного компонента [78]. В связи с тем, что курс «Экология» не является обязательным компонентом «Федерального базисного учебного плана», многие общеобразовательные учреждения осуществляют экологическое образование через систему факультативов и кружковой работы.

Используя подход, предложенный Г.И. Вергелес [79], нами также выделена *система педагогических условий*, обеспечивающих эффективность формирования экологической культуры школьников в процессе реализации «смешанной модели»:

- личностно осознанное овладение учениками основными компонентами экологической культуры в процессе учебной деятельности;
- развитие устойчивой потребности в эколого-ориентированной учебной деятельности;
- экологизация учебных дисциплин и введение курса региональной экологии («Экология Дагестана»);
- целенаправленное формирование на уроках естественнонаучных дисциплин экологических знаний, практических умений, навыков и компетентностей;
- нормативная компетентность учителей по формированию теоретических и практических экологических умений и навыков;
- учет психологических и возрастных особенностей учащихся старших классов при формировании уровней экологической культуры и ее компонентов;
- усиление эмоционально-эстетического и ценностно-смыслового компонентов в процессе формирования экологической культуры в интересах устойчивого развития.

На основе рассмотренных выше структурных компонентов и критериев были определены уровни сформированности экологической культуры учащихся IX классов (высокий, средний, низкий) в контрольной и экспериментальной школах, а это позволило установить, что школьники с высоким уровнем развития экологической культуры имеют более глубокие экологические и природоохранные знания и владеют умениями (на уровне навыков) применять эти знания на практике в разнообразных ситуациях; ученикам со средним уровнем присущи владения основами экологических и природоохранных знаний и умений и способность свободно ими интерпретировать; низкий уровень имеют ученики, владеющие недостаточным объемом экологическими и природоохранными

знаниями и слабыми умениями самостоятельно применять их в экологической деятельности.

Базой педагогического исследования являлись общеобразовательные школы Республики Дагестан: «Новомугурухская СОШ Чародинского района» и «Карабудахкентская СОШ N 3» (Карабудахкентский р-он); «Гимназия N 13» и «Гимназия N 17» (Махачкала), на базе которых были определены *контрольная* (100 учащихся девятых классов) и *экспериментальная* группы (110 учащихся). Исследование включало три этапа (поисково-подготовительный, опытно-экспериментальный и этап обобщения и систематизации).

Для выявления уровней сформированности экологической культуры школьников были использованы «Комплексная анкета по выявлению состояния экологической культуры учащихся» [80] и методика диагностики экологической воспитанности [81].

Были выявлены три уровня:

– *высокий уровень*: характеризуется выраженной экологической направленностью поведения и деятельности; большой потребностью в общении с природой и адекватностью экологического сознания. Учащимся присущи развитые природоохранные убеждения, глубокие и системные знания; широкий круг экологических природоохранных умений, понимание универсальной ценности природы; устойчивый интерес к экологическим проблемам; инициатива в природоохранной деятельности; мотивы экологической деятельности характеризуются осознанием личной ответственности за состояние природной среды, стремлением внести свой вклад в сохранение природы, убежденностью в необходимости познать и реализовать пути оптимизации взаимодействия с природой в интересах устойчивого развития;

– *средний уровень* характеризуется недостаточно полными и систематизированными экологическими знаниями; неосознанно действуют по образцу и затрудняются при решении экологических задач творческого характера; владеют недостаточным уровнем природоохранных и экологических умений и убеждений. Учащиеся понимают универсальную ценность «природы», но проявляют частичный интерес к экологическим проблемам, экологической и природоохранной деятельности; недостаточно осознают их социальную значимость, и свою роль в решении проблем взаимодействия человека и природы; мотивы их экологической деятельности имеют недостаточную социальную направленность;

– *низкий уровень* характеризуется низкой степенью осознания важности экологических проблем в настоящее время; поверхностными, фрагментарными базовыми знаниями по биологии и экологии о взаимодействии общества и природы; владеют отдельными практическими природоохранными и экологическими умениями и навыками; отсутствует потребность общения с природой; не сформированы серьезные ценностные экологические ориентации, недостаточен уровень убежденности в необходимости охраны «природы», отсутствует осознание необходимости своей причастности к этому; преобладает потребительское отношение к «природе», учащиеся не знают проблем глобального, регионального и местного уровней, основные нормы поведения на природе.

Необходимо отметить трудность диагностики уровней развития экологической культуры личности, это объясняется тем, что экологическая культура является сложным психическим новообразованием, связанной с общей культурой личности, и одним из основных ее показателей является поведение личности в повседневной жизни, а установить, что повлияло на принятие того или иного решения, каким образом экологические знания, ценности, умения стали регуляторами поведения очень трудно. «Эффективность работы по формированию экологической культуры может быть оценена скоростью превращения экологических знаний в социальные регулятивы, нормы и ценности общества» [82].

Полученные результаты свидетельствуют, что большинство школьников имеют низкий уровень сформированности базовых компонентов экологической культуры, что свидетельствует о необходимости работы по их повышению. Решение поставленных задач мы видели в реализации «смешанной модели» и предложенной системы педагогических условий формирования экологической культуры школьников. В задействованных в эксперименте школах были сформированы контрольная и экспериментальная группы.

В контрольной группе педагогические условия и «смешанная модель» не реализовывались, не изучался и курс региональной экологии (Экология Дагестана).

В экспериментальной группе проверялась «смешанная модель» и реализовывались организационно-педагогические условия (которые в процессе эксперимента уточнялись), изучалась «региональная экология».

Также систематически проводилась «экологизация» естественнонаучных дисциплин (биология, химия, география, физика и др.): включались экологический материал и материал по устойчивому развитию в программные темы, учебный эксперимент с элементами экологического содержания, задачи по программному материалу с элементами экологической направленности, дополнительные темы экологической направленности для самостоятельного изучения, использовались активные методы обучения.

Система формирования основ экологической культуры школьников (в интересах устойчивого развития) осуществлялась в рамках уроков естественнонаучных дисциплин и курса «Экология Дагестана».

Результаты эксперимента показывают позитивную тенденцию в изменении уровней экологической культуры; об этом свидетельствует увеличение численности учащихся с высоким и средним уровнем сформированности основных компонентов экологической культуры (табл. 2).

Таблица 2. Динамика сформированности уровней основных компонентов экологической культуры школьников
Table 2. Level formation dynamics the main components of the ecological culture of schoolchildren

Уровни Levels	Контрольная группа (100 учеников) Control group (100 students)		Экспериментальная группа (110 учеников) Experimental group (110 students)	
	до эксперимента before the experiment	после эксперимента after the experiment	до эксперимента before the experiment	после эксперимента after the experiment
Высокий High	11,44%	13,98%	13,56%	31,00%
Средний Average	43,22%	50,42%	47,35%	53,62%
Низкий Low	45,34%	35,59%	39,09%	15,37%

Анализ динамики развития сформированности уровней основных компонентов экологической культуры школьников до и после (формирующего) эксперимента показывает значительные позитивные изменения в экспериментальной группе (высокий уровень вырос в 2,5 раза, а низкий уменьшился – почти в 3 раза), а в контрольной – лишь небольшие естественные улучшения. Полученные усредненные данные по уровням сформированности компонентов (деятельностного, когнитивного, эмоционально-эстетического и ценностно-смыслового), и соответственно – экологической культуры в целом у учащихся в процессе учебной деятельности, контрольной и экспериментальной групп позволяет сделать вывод: предложенная «модель...» и педагогические условия формирования экологической культуры в интересах устойчивого развития, способствуют высоким сдвигам и новообразованиям, и повышению эффективности данного процесса в целом.

Для подтверждения полученных результатов была проведена их статистическая проверка по

стандартным методикам, согласно рекомендациям М.И. Грабаря, А.А. Кыверялга [83; 84] и др. В качестве статистического метода обработки результатов педагогического эксперимента использовался метод χ^2 -квадрат. Значения χ^2 эмп $\geq 6,69$ по всем компонентам экологической культуры в экспериментальных группах, что больше χ^2 крит. = 5,99, поэтому отвергается нулевая гипотеза (H_0) о сходстве и принимается альтернативная гипотеза (H_1) о различии, то есть изменения в группах имеются и достоверность этих различий составляет 95% значимости. Следовательно, эффект изменений по каждому отдельному компоненту (когнитивному, эмоционально-эстетическому, ценностно-смысловому и деятельностному), а значит и в целом (в процессе учебной деятельности) обусловлен применением указанных «модели...» и педагогических условий.

Таким образом, типология моделей экологического образования в интересах устойчивого развития в Дагестане, в русле процесса экологизации, прошла определенный путь развития: от «однопредметной» – к «многопредметной» и

«смешанной», и реализуются через системно-деятельностный подход новых школьных ФГОС, в которые впервые были включены требования к знаниям об устойчивом развитии и формированию общеучебных компетенций, которые созвучны с рекомендациями ОУР: учиться знать (учиться учить себя), учиться делать (быть субъектом), учиться быть (самоидентифицироваться и самоопределяться), учиться жить вместе (общаться и сотрудничать), учиться менять себя и общество (развиваться), то есть социализироваться и делать мир и себя лучше. Сегодня наблюдается возрастание роли национально-регионального компонента экологического образования в общеобразовательной школе.

Специалисты подчеркивают, что нужна отдельная дисциплина («Региональная экология») как звено, связывающее в единое целое знание школьников в области экологии и устойчивого развития (роль которого в дагестанской школе выполняет предмет «Экология Дагестана»), которые содержатся и в других предметах: «мы даём экологические знания в разных предметах, но должно быть что-то, что сводит всё и интегрирует знания воедино» [85].

Перед разработчиками национально-регионального компонента содержания экологического образования стоит задача соединения близких и далёких перспектив как системы локально-глобальных отношений (среди круга вопросов можно выделить: создание курсов, ориентированных на культурно-контекстное обучение; методическое обеспечение региональных программ экологического образования; разработка проблем регионального компонента в интересах устойчивого развития и др.) [86].

Чтобы выстроить оптимальную стратегию развития школьного экологического образования в интересах устойчивого развития, необходимо сократить сетку часов, отведенную на предметы гуманитарного и социального блока, так как неоправданное увеличение часов на их изучение происходит в ущерб, в первую очередь, предметам естественнонаучного цикла, определяющих прогресс и развитие человеческой цивилизации. Для того, чтобы общество двигалось в направлении к устойчивому развитию, необходимо преодолеть стереотипы поведения граждан и сформировать единые ценностные установки.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В условиях развития «глобального экологического кризиса» возрастает роль «экологического образования в интересах устойчивого развития» (с национально-региональным компонентом в содержании) на всех уровнях. В неустойчивом современном мире население должно быть готовым действовать нестереотипно и не только решать срочные проблемы, но и предвидеть последствия своих действий в будущем (что и составляет суть «концепции устойчивого развития»). Система образования в контексте концепции устойчивого развития ставит перед научно-педагогическим сообществом новые целевые ориентиры осуществления профессиональной деятельности, поиска нового содержания образования, инновационных технологий обучения, результатом которых должно стать сформированное концептуальное мышление обучающихся, возможность учиться, делая, решая проблемы, критически анализируя разнообразные точки зрения. Рассматривая

экологическое образование как ключевой фактор устойчивого развития, отметим и объективную потребность в разработке современной методики воспитания школьников в процессе изучения естественнонаучных дисциплин, с национально-региональным компонентом в содержании.

Результаты, полученные в ходе и по окончании педагогического эксперимента, позволяют утверждать, что предложенные пути («смешанная модель» и педагогические условия) формирования экологической культуры учащихся (в интересах устойчивого развития) в процессе учебной деятельности, являются эффективными и содействуют повышению уровня сформированности основных компонентов экологической культуры. Результаты экспериментальной работы также показывают, что после завершения базового образования (в 9/10-м классе) необходимо изучение самостоятельной дисциплины «Региональная экология» (Экология Дагестана).

Таким образом, школьное образование (с национально-региональным компонентом в содержании) как механизм формирования будущего цивилизации пока обладает большим потенциалом и возможностями; и должно подготовить выпускников школ быстро адаптироваться к изменяющимся и непредсказуемым условиям при нарастающей неустойчивости в природе и обществе и учитывать в своих действиях возможные негативные последствия в своем регионе, в чём и заключается смысл национально-регионального компонента экологического образования для устойчивого развития в дагестанской общеобразовательной школе.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена по Государственному заданию Министерства просвещения Российской Федерации N 073-00081-22-01 на 2022 год в рамках научной темы «Национально-региональный опыт эколого-географического и туристско-краеведческого образования для устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона: история, теория, практика».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out according to state task of the Ministry of Education of the Russian Federation No.073-00081-22-01 for 2022 within the framework of the scientific theme "National-Regional Experience of Ecological-Geographical and Tourist-Local History Education for the Sustainable Development and the Preservation of Natural and Cultural Heritage of the Region: History, Theory, Practice".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. М.: Устойчивый мир, 2001. 200 с.
2. Наше общее будущее: Докл. Междунар. комис. по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ. / Под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета; [Предисл. Г. Харлем Брундтланд]. М.: Прогресс, 1989. 371 с.
3. Халудорова Л.Е. Экологическое образование для устойчивого развития как условие совершенствования профессиональных компетенций педагога // Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. Томск, 2016. N 3 (13). С. 76–80.

4. Недурмагомедов Г.Г. Проблемы экологического образования старшеклассников в дагестанской общеобразовательной школ // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. N 3. С. 130–133.
5. Несговорова Н.П. Подготовка педагога-эколога к деятельности в современном мире: теоретико-методологические основания подготовки педагогов-экологов. М.: Творческий центр "Сфера", 2011. 159 с.
6. Суравегина И.Т., Сенкевич В.М. Экология и мир: Метод. пособие для учителя. М.: Новая шк., 1994. 125 с.
7. Алексеев С.В., Корякина Н.И., Рипачева Е.А. Педагогика окружающей среды и устойчивого развития: теория и практика: монография / под общ. ред. С.В. Алексеева. СПб.: СПб АППО, 2015. 230 с.
8. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 N 287 (ред. от 08.11.2022) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования" (Зарегистрировано в Минюсте России 05.07.2021 N 64101). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/ (дата обращения: 18.02.2023)
9. Бахарев В.В. Экологическая культура как фактор устойчивого развития социума. Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. ун-та, 1999. 446 с.
10. Гайсин И.Т. Эколого-нравственное воспитание школьников: [монография]. Казанский (Приволжский) федеральный ун-т. [2-е изд., перераб. и доп.]. Казань: Отечество, 2015. 130 с.
11. Ефимова Е.И. Экологическая культура: проблемы становления. М.: Гос. унитар. предприятие "Науч.-техн. центр по безопасности в пром-сти Госгортехнадзора России", 2001. 150 с.
12. Недурмагомедов Г.Г. Экологическое образование учащихся основной школы в интересах устойчивого развития // Proceedings of the eighth student scientific conference «Ecology and environment» (April 29-30, 2022. Shumen). Shumen: Konstantin Preslavsky University Press, 2022. V. 9. P. 49–58.
13. Несговорова Н.П., Ионина Н.Г., Охупкина Е.Н. Методика экологического образования школьников. Курган, 2004. 113 с.
14. Пономарева О.Н., Васина О.Н. Экологическое образование для устойчивого развития: региональный опыт // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность: сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 21-22 ноября 2019 года. Нижний Новгород: ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина», 2019. С. 61–64.
15. Янакиева Е.К. Методологические основы на экологического воспитания // Педагогика. 2002. Кн. 4. С. 18–28.
16. Горелов А.А. Эволюция культуры и экология. М., 2002. 245 с.
17. Коммонер Барри. Замыкающийся круг: Природа, человек, технология: [Пер. с англ.] / [Послел. акад. Е.К. Федорова]. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 279 с.
18. Моисеев Н.Н. Экология и образование. М.: 1996. 192 с.
19. Печчеи А. Человеческие качества / ред., авт. послел. Д.М. Гвишиани, пер. с англ. О.М. Захарова. М.: Прогресс, 1980. 300 с.
20. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М., 1990. 259 с.
21. Гагарин А.В. Теория и менеджмент экологического образования. М.: Изд-во «Социум», 2002. 160 с.
22. Фромм Э. Иметь или быть? Пер. с англ. 2-е изд. М.: Прогресс, 1990. 330 с.
23. Римский клуб. Декларация. Миссия // Вопросы философии. 1995. N 3. С. 65–72.
24. Наше общее будущее: Докл. Междунар. комис. по окружающей среде и развитию (МКОСР): Пер. с англ. / Под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета; [Предисл. Г. Харлем Брундтланд]. М.: Прогресс, 1989. 371 с.
25. Тинбэрхэн Я., Босс Х. Математические модели экономического роста. М.: Прогресс, 1967. 174 с.
26. Алферова Т.В. Становление концепции устойчивого развития: региональный аспект // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2021. N 1. С. 252–263.
27. Стратегия ЕЭК ООН в области образования в интересах устойчивого развития. СЕР/АС.13/2005/3/Rev.1. Вильнюс: ЕЭК ООН, 2005. 22 с. URL: <http://documents.un.org/results.asp> (дата обращения: 31.05.2022)
28. Environmental Education in the European Union. Luxembourg: European Commission, 1997. 147 p.
29. Проект концепции общего экологического образования в интересах устойчивого развития. М.: ИСМО РАО, 2007. 8 с.
30. Глобальная программа действий по образованию в интересах устойчивого развития. URL: <http://www.geogr.msu.ru/science/projects/our/docs/index.php> (дата обращения: 31.05.2022).
31. Национальная стратегия образования для устойчивого развития в Российской Федерации // Европейская экономическая комиссия ООН: сайт. URL: https://unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/Implementation/NA_R/RussianFederationNS.r.pdf (дата обращения: 12.12.2022)
32. Николаева Т.П., Бичева И.Б. Образование как необходимое условие достижения устойчивого развития и основа будущего прогресса // Вестник Мининского университета. 2014. N 4. С. 34–40.
33. Алексеев С.В. Теория и методика эколого-педагогической подготовки учителя в системе постдипломного образования: Монография. СПб.: СпецЛит, 2001. 204 с.
34. Дзятковская Е.Н. Экологическая культура как вектор обновления основных образовательных программ // Управление образованием: теория и практика. 2022. N 1 (47). С. 207–213.
35. Касимов Н.С. От экологического образования к образованию для устойчивого развития. – Образование для устойчивого развития: материалы семинара «Экологическое образование и образование для устойчивого развития» / Под ред. Н.С. Касимова. Смоленск: «Универсум», 2004. С. 31–46.
36. Суслов В.Г., Гдалин Д.А. и др. Образование для устойчивого развития: интерактивные формы обучения. Учебно-методическое пособие. СПб.: Эпиграф, 2004. 131 с.
37. Янакиева Е.К. Методологические основы на экологического воспитания // Педагогика. 2002. Кн. 4. С. 18–28.
38. Багирова И.А., Недурмагомедов Г.Г. Приоритеты экологического образования старшеклассников в условиях снижения качества школьного образования // Десятилетия образования для устойчивого развития (2005–2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход: Всероссийская научно-практическая очно-заочная конференция с международным участием, Курган, 13–14 ноября 2014 года / Отв. ред. Н.П. Несговорова. Курган: Курганский государственный университет, 2014. С. 59–61.
39. Несговорова Н.П., Ионина Н.Г., Охупкина Е.Н. Методика экологического образования школьников. Курган, 2004. 113 с.
40. Семчук Н.М. К вопросу о принципе воспитывающего обучения экологии // Экологические исследования и проблемы экологического образования в Европейских

- регионах России. По материалам Всерос. науч.-практ. конф. Арзамас: АГПИ, 2000. С. 149–151.
41. Тодорина Д.Л., Недюрмагомедов Г.Г. Модель формирования экологической культуры школьников в современных условиях // Десятилетие образования для устойчивого развития (2005–2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход: сб. материалов Всерос. науч.-практ. очно-заоч. конф. с междунар. участием (13–14 ноября 2014 г.) / отв. ред. Н.П. Несговорова. Курган, 2014. С. 26–28.
42. Мальтус Т.Р. Опыт о законе народонаселения. Электрон. текстовые дан. URL: http://royallib.com/book/maltus_t/opit_o_zakone_narodonaseleniya.html (дата обращения: 16.08.2017)
43. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 279 с.
44. Неверов А.В., Каврус А.И., Михалькевич К.А., Мисюк Е.Н. Экономическая оценка экологической динамики устойчивого развития // Труды БГТУ. 2019. Серия 5. N 2. С. 67–72.
45. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М., 1990. 259 с.
46. Зверев И.Д., Захлебный А.Н., Кудрявцева Е.М. и др. Экологическое образование школьников / Под ред. И.Д. Зверева, Т.И. Суравегиной. М.: Педагогика, 1983. 160 с.
47. Концепция экологического образования в системе общего образования. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/3da3f2dbd81de632a44729cf4fc40ea9/> (дата обращения: 18.02.2023)
48. Дзятковская Е.Н., Захлебный А.Н., Либеров А.Ю. Методические рекомендации по реализации экологического образования в федеральных государственных стандартах второго поколения. М.: Образование и экология, 2011. 28 с.
49. Захлебный А.Н., Дзятковская Е.Н., Вагнер И.В., Либеров А.Ю., Алексеев С.В., Ермаков Д.С., Мамедов Н.М., Панов В.Н. Концепция общего экологического образования в интересах устойчивого развития (одобрена Президиумом РАО 2010) // Экологическое образование: до школы, в школе, вне школы. 2012. N 2. С. 4–15.
50. Примерная образовательная программа учебного курса «Экологическая культура, грамотность, безопасность» (предметная область «Естественно-научные предметы») для 5–9 классов образовательных организаций, реализующих образовательные программы основного общего образования. URL: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/e9d396b3adbfa1254373f1e9bc3f84fe.pdf> (дата обращения: 18.02.2023)
51. Примерная основная образовательная программа среднего общего образования (одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол от 28.06.2016 N 2/16-з). URL: <https://sudact.ru/law/primernaia-osnovnaia-obrazovatelnaia-programma-srednego-obshchego-obrazovaniia/> (дата обращения: 15.01.2023)
52. Самкова В.А. Экология. Примерная рабочая программа по учебному курсу. 5–9 классы. М.: Академкнига/Учебник, 2015. 64 с.
53. Программа курса «Экология». 10–11 классы. Базовый уровень / авт.-сост. Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина. 2-е изд. М.: ООО «Русское слово – учебник», 2019. 48 с.
54. Теоретические основы содержания общего среднего образования / Под ред. В.В. Краевского, И.Я. Лернера. М.: Педагогика, 1983. 352 с.
55. Дидактика средней школы: Некоторые проблемы современной дидактики / Под ред. М.Н. Скаткина. М.: Просвещение, 1982. 319 с.
56. Краевский В.В. Культурологический подход к содержанию образования как способ обеспечения его деятельности // Известия ВГПУ. Серия: Пед. науки. 2004. N 1 (06). С. 7–11.
57. Трансдисциплинарность в философии и науке: подходы, проблемы, перспективы / Под редакцией В.А. Бажанова, Р.В. Шольца. М.: Издательский дом «Навигатор», 2015. 564 с.
58. Рыжаков М.В. Образование как сложная открытая нелинейная самоорганизующаяся система // Стандарты и мониторинг в образовании. 2000. N 1. С. 49–51.
59. Лихачев Б.Т. Философия воспитания. М.: Прометей, 1995. 282 с.
60. Недюрмагомедов Г.Г. Формирование экологической культуры как цель экологического образования старшеклассников // Вестник Ставропольского государственного университета. 2007. N 51. С. 105–111.
61. Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Эколого-педагогическая деятельность учителя: теория и методика. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2016. 305 с.
62. Суравегина И.Т., Сенкевич В.М. Экология и мир: Метод. пособие для учителя. М.: Новая шк., 1994. 125 с.
63. Недюрмагомедов Г.Г., Багирова И.А. Современное экологическое образование учащихся старших классов в процессе изучения естественнонаучных дисциплин в поликультурной среде / Педагогический ежегодник: Педагогическая наука, теория и практика. Кн. 1. 2013. Благовещенск: Изд-во «Неофит Рилски», 2013. С. 256–264.
64. Багирова И.А., Недюрмагомедов Г.Г. Приоритеты экологического образования старшеклассников в условиях снижения качества школьного образования // Десятилетие образования для устойчивого развития (2005–2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход: Всероссийская научно-практическая очно-заочная конференция с международным участием, Курган, 13–14 ноября 2014 года / Ответственный редактор Н.П. Несговорова. Курган: Курганский государственный университет, 2014. С. 59–61.
65. Дорошко О.М. Экологическое воспитание школьников: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 1994. 66 с.
66. Зверев И.Д. Экологичность и образование школьников // Сов. педагогика. 1991. N 1. С. 9–12.
67. Моисеева Л.В. Альтернативные модели экологического образования. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. пед. ун-та, 1997. 106 с.
68. Тодорина Д.Л., Недюрмагомедов Г.Г. Модель формирования экологической культуры школьников в современных условиях // Десятилетие образования для устойчивого развития (2005–2014): итоги и перспективы эколого-географического образования, науки и практики в формировании культуры безопасности. Кластерный подход: сб. материалов Всерос. науч.-практ. очно-заоч. конф. с междунар. участием (13–14 ноября 2014 г.) / отв. ред. Н.П. Несговорова. Курган, 2014. С. 26–28.
69. Недюрмагомедов Г.Г., Багирова И.А. Экология Дагестана (Западный Прикаспий): 9 класс: Учебное пособие для 9-х (10-х) классов общеобразовательных учреждений. Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников М.А.), 2014. 266 с.
70. Недюрмагомедов Г.Г., Багирова И.А. Экология Дагестана (Западный Прикаспий): 9 класс: Учебное пособие для 9-х (10-х) классов общеобразовательных учреждений. Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников М.А.), 2014. 266 с.
71. Захлебный А.Н., Дзятковская Е.Н. Модели содержания экологического образования в новой школе // Педагогика. 2010. N 9. С. 38–44.
72. Миронов А.В. Методика изучения окружающего мира в начальных классах. М.: Педагогическое общество России, 2002. 352 с.
73. Palmer J.A. Environmental Education of the 21st century: Theory, practice, progress and promise. London: Routledge, 1998. 267–277.

74. Sterling S. and Cooper G. 1992. In touch: environmental education for Europe. Surrey, UK: WWF, Panda House.
75. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 N 287 (ред. от 08.11.2022) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования" (Зарегистрировано в Минюсте России 05.07.2021 N 64101). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/ (дата обращения: 18.02.2023).
76. Дзятковская Е.Н. Образование для устойчивого развития в школе. Культурный концепт. «Зеленая аксиома». Трансдисциплинарность: монография. М.: Образование и экология, 2015. 328 с.
77. Недурмагомедов Г.Г. Проблемы экологического образования старшеклассников в дагестанской общеобразовательной школ // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. N 3. С. 130–133.
78. Недурмагомедов Г.Г., Багирова И.А. Экология Дагестана (Западный Прикаспий): 9 класс: Учебное пособие для 9-х (10-х) классов общеобразовательных учреждений. Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников М.А.), 2014. 266 с.
79. Вергелес Г.И., Конева В.С. Младший школьник: учим учиться (система формирования учебной деятельности). СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2007. 180 с.
80. Кашлев С.С., Глазачев С.Н. Педагогическая диагностика экологической культуры учащихся: Пособие для учителя. М.: Горизонт, 2000. 94 с.
81. Гринёва Е.А., Прохорова С.Ю. Методика диагностики экологической воспитанности младших школьников: методическое пособие. Ульяновск: УИПКПРО, 2008. 84 с.
82. Глазачев С.Н. Управление экологическим образованием: новые алгоритмы // Экология и жизнь. 1996. N 1. С. 65–68.
83. Грабарь М.И., Краснянская К.А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. М., 1977. 136 с.
84. Кыверялг А.А. Методы исследования в профессиональной педагогике. Таллин: Валгус, 1980. 334 с.
85. Иванова Л.Ю. Экологическое образование и образование для устойчивого развития в российской школе: настоящее и будущее // Вестник института социологии. 2017. Вып. 23 (Т. 8. N 4). С. 90–112.
86. Недурмагомедов Г.Г., Багирова И.А. Учебное пособие «Экология Дагестана» как средство реализации регионального компонента экологического образования // Гуманитарные и естественнонаучные факторы решения экологических проблем и устойчивого развития: материалы двенадцатой международной научно-практической конференции (Новомосковск, 25-26 сентября 2015 г.) / Университет Российской академии образования, Новомосковский филиал. Новомосковск, 2015. Ч. 2. С. 9–14.

REFERENCES

1. Alekseev S.V. *Universum. Informatsiya. Obshchestvo* [Pedagogy of the Environment and Sustainable Development: Theory and Practice]. Moscow, Sustainable world Publ., 2001, 200 p. (In Russian)
2. Evteeva S.A., Pereleta R.A. (ed.) *Nashe obshchee budushchee: Dokl. Mezhdunar. komis. po okruzhayushchei srede i razvitiyu (MKOSR)* [Our common future: Report of the International Commission on Environment and Development (ICED)]. Moscow, Progress Publ., 1989, 37 p. (In Russian)
3. Khaludorova L.E. Ecological education for sustainable development as a condition for improving the professional competencies of a teacher. *Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie*. Pedagogical Review. Tomsk, 2016, no. 3 (13), pp. 76–80. (In Russian)
4. Nedyurmagomedov G.G. Issues of environmental education of high school students in Dagestan general education school.

- Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki* [News of Higher Educational Institutions. North Caucasian Region. Natural Sciences]. 2007, no. 3, pp. 130–133. (In Russian)
5. Nesgovorova N.P. *Podgotovka pedagoga-ekologa k deyatel'nosti v sovremennom mire: teoretiko-metodologicheskoe osnovaniya podgotovki pedagogov-ekologov* [Preparation of an Environmental Teacher for Activities in the Modern World: Theoretical and Methodological Foundations for the Training of Environmental Teachers]. Moscow, Sphere Creative center Publ., 2011, 159 p. (In Russian)
6. Suravegina I.T., Senkevich V.M. *Ekologiya i mir: Metod. posobie dlya uchitelya* [Ecology and Peace: Methodological Guide for Teachers]. Moscow, Novaya shkola Publ., 1994, 125 p. (In Russian)
7. Alekseev S.V., Koryakina N.I., Ripacheva E.A. *Pedagogika okruzhayushchei srede i ustoichivogo razvitiya: teoriya i praktika* [Pedagogy of the Environment and Sustainable Development: Theory and Practice]. St. Petersburg, SPb APPO Publ., 2015, 230 p. (In Russian)
8. *Prikaz Minprosveshcheniya Rossii ot 31.05.2021 N 287 (red. ot 08.11.2022) "Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshchego obrazovaniya"* (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 05.07.2021 N 64101) [Order of the Ministry of Education of Russia dated May 31, 2021 N 287 (as amended on November 8, 2022) "On Approval of the Federal State Educational Standard of Basic General Education" (Registered in the Ministry of Justice of Russia on July 5, 2021 N 64101)]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/ (accessed 18.02.2023). (In Russian)
9. Bakharev V.V. *Ekologicheskaya kul'tura kak faktor ustoichivogo razvitiya sotsiuma* [Ecological Culture as a Factor of Sustainable Development of Society]. Ulyanovsk, USU Publ., 1999, 446 p. (In Russian)
10. Gaisin I.T. *Ekologo-nravstvennoe vospitanie shkol'nikov* [Ecological and Moral Education of Schoolchildren. 2nd ed., revised and add.]. Kazan, Otechestvo Publ., 2015, 130 p. (In Russian)
11. Efimova E.I. *Ekologicheskaya kul'tura: problemy stanovleniya* [Ecological Culture: Issues of Formation]. Moscow, State. unitary enterprise "Scientific and technical center for safety in the industry of Gortekhnadzor in Russia, 2001, 150 p. (In Russian)
12. Nedyurmagomedov G.G. Environmental education of primary school students for sustainable development. Proceedings of the eighth student scientific conference «Ecology and environment» (April 29-30, 2022. Shumen). Shumen, Konstantin Preslavsky University Press, 2022, vol. 9, pp. 49–58. (In Russian)
13. Nesgovorova N.P., Ionina N.G., Okhapkina E.N. *Metodika ekologicheskogo obrazovaniya shkol'nikov* [Methods of Schoolchildren's Ecological Education]. Kurgan, 2004, 113 p. (In Russian)
14. Ponomareva O.N., Vasina O.N. Environmental education for sustainable development: regional experience. *Ekologicheskoe obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya: teoriya i pedagogicheskaya real'nost': sbornik statei po materialam XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Nizhnii Novgorod, 21-22 noyabrya 2019 goda* [Environmental Education for Sustainable Development: Theory and Pedagogical Reality: Collection of Papers Based on the Materials of the XV International Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, November 21-22, 2019]. Nizhny Novgorod, Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University Publ., 2019, pp. 61–64. (In Russian)
15. Yanakieva E.K. Methodological basis for environmental education. *Pedagogika* [Pedagogy]. 2002, vol. 4, pp. 18–28.
16. Gorelov A.A. *Evolutsiya kul'tury i ekologiya* [Evolution of Culture and Ecology]. Moscow, 2002, 245 p. (In Russian)

17. Commoner Barry. *Zamykayushchiysya krug: Priroda, chelovek, tekhnologiya* [Closing circle: Nature, man, technology]. Transl. from English, Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974, 279 p. (In Russian)
18. Moiseev N.N. *Ekologiya i obrazovanie* [Ecology and education]. Moscow, 1996, 192 p. (In Russian)
19. Peccei A. *Chelovecheskie kachestva* [Human qualities]. Transl. from English by O.M. Zakharov, D.M. Gvishiani (ed.). Moscow, Progress Publ., 1980, 300 p. (In Russian)
20. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature management: dictionary-reference book]. Moscow, 1990, 259 p. (In Russian)
21. Gagarin A.V. *Teoriya i menedzhment ekologicheskogo obrazovaniya* [Theory and Management of Environmental Education]. Moscow, Sotsium Publ., 2002, 160 p. (In Russian)
22. Fromm E. *Imet' ili byt'?* [To have or to be?]. Transl. from English, 2nd ed. Moscow, Progress Publ., 1990, 330 p. (In Russian)
23. Club of Rome. Declaration. Mission. *Voprosy filosofii* [Issues of Philosophy]. 1995, no. 3, pp. 65–72. (In Russian)
24. Evteev S.A., Perelet R.A. (eds.) *Nashe obshchee budushchee: Dokl. Mezhdunar. komis. po okruzhayushchei srede i razvitiyu (MKOSR)* [Our Common Future: Report of the International Commission on Environment and Development (ICESD)]. Moscow, Progress Publ., 1989, 371 p. (In Russian)
25. Tinbergen J., Boss H. *Matematicheskie modeli ekonomicheskogo rosta* [Mathematical Models of Economic Growth]. Moscow, Progress Publ., 1967, 174 p. (In Russian)
26. Alferova T.V. Formation of the concept of sustainable development: regional aspect. *Vestnik PNIPU. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki* [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Socio-Economic Sciences]. 2021, no. 1, pp. 252–263. (In Russian)
27. *Strategiya EEK OON v oblasti obrazovaniya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [UNECE Strategy for Education for Sustainable Development]. Vilnius, UNECE Publ., 2005. 22. Available at: <http://documents.un.org/results.asp> (accessed 31.05.2022). (In Russian)
28. Environmental Education in the European Union. Luxembourg, European Commission, 1997, 147 p.
29. *Proekt kontseptsii obshchego ekologicheskogo obrazovaniya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Draft Concept of General Environmental Education for Sustainable Development]. Moscow, ISMO RAO Publ., 2007, 8 p. (In Russian)
30. *Global'naya programma deistvii po obrazovaniyu v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Global Program of Action on Education for Sustainable Development]. Available at: <http://www.geogr.msu.ru/science/projects/our/docs/index.php> (accessed 31.05.2022). (In Russian)
31. *Natsional'naya strategiya obrazovaniya dlya ustoichivogo razvitiya v Rossiiskoi Federatsii. Evropeiskaya ekonomicheskaya komissiya OON: sait* [National Education Strategy for Sustainable Development in the Russian Federation]. Available at: <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/esd/Implementation/NA P/RussianFederationNS.r.pdf> (accessed 12.12.2022). (In Russian)
32. Nikolaeva T.P., Bicheva I.B. Education as a necessary condition for achieving sustainable development and the basis for future progress. *Vestnik Mininskogo universiteta* [Bulletin of Minin University]. 2014, no. 4, pp. 34–40. (In Russian)
33. Alekseev S.V. *Teoriya i metodika ekologo-pedagogicheskoi podgotovki uchitelya v sisteme postdiplomnogo obrazovaniya* [Theory and Methods of Ecological and Pedagogical Training of a Teacher in the System of Postgraduate Education]. St. Petersburg, SpecLit Publ., 2001, 204 p. (In Russian)
34. Dzyatkovskaya E.N. Ecological culture as a vector for updating the main educational programs. *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika* [Management of Education: Theory and Practice]. 2022, no. 1 (47), pp. 207–213. (In Russian)
35. Kasimov N.S. From environmental education to education for sustainable development. *Obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya: materialy seminara «Ekologicheskoe obrazovanie i obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya»* [Education for Sustainable Development: Proceedings of the Seminar "Ecological Education and Education for Sustainable Development"]. Smolensk, Universum Publ., 2004, pp. 31–46. (In Russian)
36. Suslov V.G., Gdalin D.A. et al. *Obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya: interaktivnye formy obucheniya. Uchebno-metodicheskoe posobie* [Education for Sustainable Development: Interactive Forms of Education]. St. Petersburg, Epigraph Publ., 2004, 131 p. (In Russian)
37. Yanakieva E.K. Methodologically based on ecological education. *Pedagogika* [Pedagogy]. 2002, vol. 4, pp. 18–28. (In Russian)
38. Bagirova I.A., Nedyurmagomedov G.G. Priorities of environmental education of high school students in the context of a decline in the quality of school education. *Desyatiletie obrazovaniya dlya ustoichivogo razvitiya (2005-2014): itogi i perspektivy ekologo-geograficheskogo obrazovaniya, nauki i praktiki v formirovani kul'tury bezopasnosti. Klasternyi podkhod: Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya ochno-zaochnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, Kurgan, 13-14 noyabrya 2014 goda* [Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): Results and Prospects of Environmental and Geographical Education, Science and Practice in the Formation of a Culture of Safety. Cluster Approach: All-Russian Scientific and Practical Part-time Conference with International Participation, Kurgan, November 13-14, 2014]. Kurgan, Kurgan State University publ., 2014, pp. 59–61. (In Russian)
39. Nesgovorova N.P., Ionina N.G., Okhapkina E.N. *Metodika ekologicheskogo obrazovaniya shkol'nikov* [Methods of ecological education of schoolchildren]. Kurgan, 2004, 113 p. (In Russian)
40. Semchuk N.M. Principle of educating education in ecology. *Ekologicheskie issledovaniya i problemy ekologicheskogo obrazovaniya v Evropeiskikh regionakh Rossii. Po materialam Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Ecological Research and Issues of Environmental Education in the European Regions of Russia. Based on the Materials of the All-Russian Scientific-Practical conference]. Arzamas, AGPI Publ., 2000, pp. 149–151. (In Russian)
41. Todorina D.L., Nedyurmagomedov G.G. Model of formation of ecological culture of schoolchildren in modern conditions. *Desyatiletie obrazovaniya dlya ustoichivogo razvitiya (2005-2014): itogi i perspektivy ekologo-geograficheskogo obrazovaniya, nauki i praktiki v formirovani kul'tury bezopasnosti. Klasternyi podkhod: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. ochno-zaoch. konf. s mezhdunar. uchastiem (13-14 noyabrya 2014 g.)* [Decade of education for sustainable development (2005-2014): results and prospects of ecological and geographical education, science and practice in the formation of a safety culture. Cluster approach: collection of materials of the All-Russian scientific and practical part-time conference with international participation (November 13-14, 2014)]. N.P. Nesgovorova (ed.) Kurgan, 2014, pp. 26–28. (In Russian)
42. Maltus T.R. *Opyt o zakone narodonaseleniya* [An Experiment on the Law of Population]. Available at: http://royallib.com/book/maltus_t/opit_o_zakone_narodonaseleniya.html (accessed 16.08.2017). (In Russian)
43. Commoner B. *Zamykayushchiysya krug. Priroda, chelovek, tekhnologiya* [Closing Circle. Nature, Man, Technology]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1974, 279 p. (In Russian)
44. Neverov A.V., Kavrus A.I., Mikhail'kevich K.A., Misyuk E.N. Economic assessment of the ecological dynamics of sustainable development. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU]. 2019, Series 5, no. 2, pp. 67–72. (In Russian)
45. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature management: dictionary-reference book]. Moscow, 1990, 259 p. (In Russian)

46. Zverev I.D., Zakhlebnyi A.N., Kudryavtseva E.M. et. al. *Ekologicheskoe obrazovanie shkol'nikov* [Ecological Education of Schoolchildren]. Moscow, Pedagogika Publ., 1983, 160 p. (In Russian)
47. *Kontsepsiya ekologicheskogo obrazovaniya v sisteme obshchego obrazovaniya* [The Concept of Environmental Education in the System of General Education]. Available at: <https://docs.edu.gov.ru/document/3da3f2dbd81de632a44729cf4fc40ea9/> (accessed 18.02.2023). (In Russian)
48. Dzyatkovskaya E.N., Zakhlebnyi A.N., Liberov A.Yu. *Metodicheskoe rekomendatsii po realizatsii ekologicheskogo obrazovaniya v federal'nykh gosudarstvennykh standartakh vtorogo pokoleniya* [Guidelines for the Implementation of Environmental Education in Federal State Standards of the Second Generation]. Moscow, Education and ecology Publ., 2011, 28 p. (In Russian)
49. Zakhlebnyi A.N., Dzyatkovskaya E.N., Vagner I.V., Liberov A.Yu., Alekseev S.V., Ermakov D.S., Mamedov N.M., Panov V.N. the concept of general environmental education in the interests of sustainable development (approved by the Presidium of the Russian Academy of Education 2010). *Ekologicheskoe obrazovanie: do shkoly, v shkole, vne shkoly* [Ecological Education: Before School, at School, Outside of School]. 2012, no. 2, pp. 4–15. (In Russian)
50. *Primernaya obrazovatel'naya programma uchebnogo kursa «Ekologicheskaya kul'tura, gramotnost', bezopasnost'» (predmetnaya oblast' «Estestvenno-nauchnye predmety») dlya 5-9 klassov obrazovatel'nykh organizatsii, realizuyushchikh obrazovatel'nye programmy osnovnogo obshchego obrazovaniya* [Approximate Educational Program of the Training Course "Environmental Culture, Literacy, Safety" (Subject Area "Natural Science Subjects") for Grades 5-9 of Educational Organizations Implementing Educational Programs of Basic General Education]. Available at: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/e9d396b3adbfa1254373f1ebc3f84fe.pdf> (accessed 18.02.2023). (In Russian)
51. *Primernaya osnovnaya obrazovatel'naya programma srednego obshchego obrazovaniya (odobrena resheniem federal'nogo uchebno-metodicheskogo ob"edineniya po obshchemu obrazovaniyu, protokol ot 28.06.2016 N 2/16-z)* [Exemplary Basic Educational Program of Secondary General Education (Approved by the Decision of the Federal Educational and Methodological Association for General Education, Protocol Dated 06/28/2016 N 2 / 16-z)]. Available at: <https://sudact.ru/law/primernaia-osnovnaia-obrazovatelnaia-programma-srednego-obshchego-obrazovaniia/> (accessed 15.01.2023). (In Russian)
52. Samkova V.A. *Ekologiya. Primernaya rabochaya programma po uchebnomu kursu. 5-9 klassy* [Ecology. An Exemplary Work Program for the Training Course. 5-9 Grades]. Moscow, Akademkniga/Uchebnik Publ., 2015, 64 p. (In Russian)
53. Mamedov N.M., Suravegina I.T. *Programma kursa «Ekologiya». 10-11 klassy. Bazovyi uroven'* [The Program of "Ecology" Course. 10-11 Grades. Base Level. 2nd ed.]. Moscow, "Russian Word – Textbook" OOO Publ., 2019, 48 p. (In Russian)
54. Kraevskiy V.V., Lerner I.Ya. (eds.) *Teoreticheskie osnovy sodержaniya obshchego srednego obrazovaniya* [Theoretical Foundations of the General Secondary Education Content]. Moscow, Pedagogika Publ., 1983, 352 p. (In Russian)
55. Skatkin M.N., ed. *Didaktika srednei shkoly: Nekotorye problemy sovremennoi didaktiki* [Didactics of Secondary School: Some Issues of Modern Didactics]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1982, 319 p. (In Russian)
56. Kraevskiy V.V. Cultural approach to the content of education as a way to ensure its activities. *Izvestiya VGPU. Seriya: Ped. nauki* [Proceedings of VSPU. Pedagogical Sciences]. 2004, no. 1 (06), pp. 7–11. (In Russian)
57. Bazhanova V.A., Scholz R.V. (eds.) *Transdistsiplinarnost' v filosofii i nauke: podkhody, problemy, perspektivy* [Transdisciplinarity in Philosophy and Science: Approaches, Problems, Prospects]. Moscow, Navigator Publ., 2015, 564 p. (In Russian)
58. Ryzhakov M.V. Education as a complex open non-linear self-organizing system. *Standarty i monitoring v obrazovanii* [Standards and Monitoring in Education]. 2000, no. 1, pp. 49–51. (In Russian)
59. Likhachev B.T. *Filosofiya vospitaniya* [Philosophy of Education]. Moscow, Prometei Publ., 1995, 282 p. (In Russian)
60. Nedurmagomedov G.G. Ecological culture formation as a goal of ecological education of high school students. *Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Stavropol State University]. 2007, no. 51, pp. 105–111. (In Russian)
61. Nesgovorova N.P., Savel'ev V.G. *Ekologo-pedagogicheskaya deyatel'nost' uchitelya: teoriya i metodika* [Ecological and Pedagogical Activity of the Teacher: Theory and Methodology]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Publ., 2016, 305 p. (In Russian)
62. Suravegina I.T., Senkevich V.M. *Ekologiya i mir* [Ecology and Peace]. Moscow, Novaya shkola Publ., 1994, 125 p. (In Russian)
63. Nedurmagomedov G.G., Bagirova I.A. Modern environmental education of high school students in the process of studying natural sciences in a multicultural environment. *Pedagogicheskii ezhegodnik: Pedagogicheskaya nauka, teoriya i praktika* [Pedagogical Yearbook: Pedagogical Science, Theory and Practice]. Blagoevgrad, Neofit Rilski Publ., 2013, vol. 1, pp. 256–264. (In Russian)
64. Bagirova I.A., Nedurmagomedov G.G. Priorities of environmental education of high school students in the context of a decline in the quality of school education. *Desyatiletie obrazovaniya dlya ustoichivogo razvitiya (2005-2014): itogi i perspektivy ekologo-geograficheskogo obrazovaniya, nauki i praktiki v formirovani kul'tury bezopasnosti. Klasternyi podkhod: Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya ochno-zaochnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, Kurgan, 13-14 noyabrya 2014 goda* [Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): Results and Prospects of Environmental and Geographical Education, Science and Practice in the Formation of a Culture of Safety. Cluster Approach: All-Russian Scientific and Practical Part-time Conference with International Participation, Kurgan, November 13-14, 2014]. Kurgan, Kurgan State University Publ., 2014, pp. 59–61. (In Russian)
65. Doroshko O.M. *Ekologicheskoe vospitanie shkol'nikov* [Ecological Education of Schoolchildren]. Grodno, GGU Publ., 1994, 66 p. (In Russian)
66. Zverev I.D. Ecoglasnost and education of schoolchildren. *Sov. Pedagogika* [Sov. Pedagogy]. 1991, no. 1, pp. 9–12. (In Russian)
67. Moiseeva L.B. *Alternativnye modeli ekologicheskogo obrazovaniya* [Alternative Models of Environmental Education]. Yekaterinburg, USPU Publ., 1997, 106 p. (In Russian)
68. Todorina D.L., Nedurmagomedov G.G. Model of formation of ecological culture of schoolchildren in modern conditions. *Desyatiletie obrazovaniya dlya ustoichivogo razvitiya (2005-2014): itogi i perspektivy ekologo-geograficheskogo obrazovaniya, nauki i praktiki v formirovani kul'tury bezopasnosti. Klasternyi podkhod: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. ochno-zaoch. konf. s mezhdunar. uchastiem (13-14 noyabrya 2014 g.)* [Decade of education for sustainable development (2005-2014): results and prospects of ecological and geographical education, science and practice in the formation of a safety culture. Cluster approach: collection of materials of the All-Russian scientific and practical part-time conference with international participation (November 13-14, 2014)]. Kurgan, 2014, pp. 26–28. (In Russian)
69. Nedurmagomedov G.G., Bagirova I.A. *Ekologiya Dagestana (Zapadnyi Prikaspiy): 9 klass: Uchebnoe posobie dlya 9-kh (10-kh) klassov obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdenii* [Ecology of Dagestan (Western Caspian): Grade 9: Textbook for 9th (10th)

- Grades of Educational Institutions]. Makhachkala, ALEF Publ., 2014, 266 p. (In Russian)
70. Nedyurmagomedov G.G., Bagirova I.A. *Ekologiya Dagestana (Zapadnyi Prikaspii): 9 klass* [Ecology of Dagestan (Western Caspian): Grade 9]. Makhachkala, ALEF Publ., 2014, 266 p. (In Russian) (In Russian)
71. Zakhlebnyi A.N., Dzyatkovskaya E.N. Models of the content of environmental education in the new school. *Pedagogika* [Pedagogy]. 2010, no. 9, pp. 38–44. (In Russian)
72. Mironov A.V. *Metodika izucheniya okruzhayushchego mira v nachal'nykh klassakh* [Methods of Studying the World Around in Elementary Grades]. Moscow, Pedagogical Society of Russia Publ., 2002, 352 p. (In Russian)
73. Palmer J.A. Environmental Education of the 21st century: Theory, practice, progress and promise. London, Routledge, 1998, pp. 267–277.
74. Sterling S., Cooper G. In touch: environmental education for Europe. Surrey, UK: WWF, Panda House, 1992.
75. *Prikaz Minprosveshcheniya Rossii ot 31.05.2021 N 287 (red. ot 08.11.2022) "Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshchego obrazovaniya"* [Zaregistirovano v Minyuste Rossii 05.07.2021 N 64101] [Order of the Ministry of Education of Russia dated May 31, 2021 N 287 (as amended on November 8, 2022) "On Approval of the Federal State Educational Standard of Basic General Education" (Registered in the Ministry of Justice of Russia on July 5, 2021 N 64101)]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/ (accessed 18.02.2023). (In Russian)
76. Dzyatkovskaya E.N. *Obrazovanie dlya ustoichivogo razvitiya v shkole. Kul'turnyi kontsept. «Zelenaya aksioma»*. *Transdistsiplinarnost'* [Education for Sustainable Development in the School. Cultural Concept. "Green Axiom". Transdisciplinarity]. Moscow, Education and Ecology Publ., 2015, 328 p. (In Russian)
77. Nedyurmagomedov G.G. Issues of environmental education of high school students in Dagestan general education school. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Estestvennye nauki* [News of Higher Educational Institutions. North Caucasian Region. Natural Sciences]. 2007, no. 3, pp. 130–133. (In Russian)
78. Nedyurmagomedov G.G., Bagirova I.A. *Ekologiya Dagestana (Zapadnyi Prikaspii): 9 klass: Uchebnoe posobie dlya 9-kh (10-kh) klassov obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdenii* [Ecology of Dagestan (Western Caspian): Grade 9: Textbook for 9th (10th)
- Grades of Educational Institutions]. Makhachkala, ALEF Publ., 2014, 266 p. (In Russian)
79. Vergeles G.I., Koneva V.S. *Mladshii shkol'nik: uchim uchit'sya (sistema formirovaniya uchebnoi deyatel'nosti)* [Junior Schoolchild: Teaching to Learn (a System for the Formation of Educational Activities)]. St. Petersburg, Herzen Russian State Pedagogical University Publ., 2007, 180 p. (In Russian)
80. Kashlev S.S., Glazachev S.N. *Pedagogicheskaya diagnostika ekologicheskoi kul'tury uchashchikhsya: Posobie dlya uchitelya* [Pedagogical Diagnostics of Ecological Culture of Students: A Guide for the Teacher]. Moscow, Gorizont Publ., 2000, 94 p. (In Russian)
81. Grineva E.A., Prokhorova S.Yu. *Metodika diagnostiki ekologicheskoi vospitannosti mladshikh shkol'nikov: metodicheskoe posobie* [Methodology for Diagnosing Environmental Education of Younger Schoolchildren: A Methodological Guide]. Ulyanovsk, UICPRO Publ., 2008, 84 p. (In Russian)
82. Glazachev S.N. Environmental Education Management: New Algorithms. *Ekologiya i zhizn* [Ecology and Life]. 1996, no. 1, pp. 65–68. (In Russian)
83. Grabar' M.I., Krasnyanskaya K.A. *Primenenie matematicheskoi statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyakh* [Mathematical Statistics in Pedagogical Research]. Moscow, 1977, 136 p. (In Russian)
84. Kyveryalg A.A. *Metody issledovaniya v professional'noi pedagogike* [Research Methods in Professional Pedagogy]. Tallinn, Valgus Publ., 1980, 334 p. (In Russian)
85. Ivanova L.Yu. Ecological education and education for sustainable development in the Russian school: present and future. *Vestnik instituta sotsiologii* [Bulletin of the Institute of Sociology]. 2017, iss. 23 (vol. 8, no. 4), pp. 90–112. (In Russian)
86. Nedyurmagomedov G.G., Bagirova I.A. Ecology of Dagestan as a means of implementing the regional component of environmental education. *Gumanitarnye i estestvennonauchnye faktory resheniya ekologicheskikh problem i ustoichivogo razvitiya: materialy dvenadtsatoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Novomoskovsk, 25-26 sentyabrya 2015 g.) / Universitet Rossiiskoi akademii obrazovaniya, Novomoskovskii filial* [Humanitarian and Natural Science Factors in Solving Environmental Issues and Sustainable Development: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference (Novomoskovsk, September 25-26, 2015)]. Novomoskovsk, 2015, part. 2, pp. 9–14. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Георгий Г. Недюрмагомедов определил идею исследования, выстроил логику исследований, сформулировал проблему, определил методы исследования, структурировал текст статьи в логике исследования, подобрал библиографические источники. Загир В. Атаев выполнил анализ имеющегося опыта, сформулировал выводы исследования. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Georgy G. Nedurmagomedov defined the idea of research, built its logic, formulated the problem, defined the research methods, structured the text of the article according to the logic of the research and selected bibliographic sources. Zagir V. Ataev performed an analysis of the existing experience and formulated the conclusions of the study. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Георгий Г. Недюрмагомедов / Georgy G. Nedurmagomedov <https://orcid.org/0000-0001-9662-0869>

Загир В. Атаев / Zagir V. Ataev <https://orcid.org/0000-0001-7731-5594>

Оригинальная статья / Original article

УДК 504.064.3

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-157-168

Анализ атмосферных выпадений на территории республики Северная Осетия-Алания по данным биомониторинга

Инна З. Каманина^{1,2}, Светлана П. Каплина^{1,2}, Марина В. Густова²,Дзерасса Н. Чигоева³, Илья И. Виноградов^{1,2}¹Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия²Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия³ОАО «Русатом Гринвэй», Москва, Россия

Контактное лицо

Инна З. Каманина, кандидат биологических наук, кафедра экологии и наук о Земле Государственного университета «Дубна»; 141980 Россия, г. Дубна, ул. Университетская, д. 19
Тел. +79161655926

Email kamanina@uni-dubna.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-9186-8689>

Формат цитирования

Каманина И.З., Каплина С.П., Густова М.В., Чигоева Д.Н., Виноградов И.И. Анализ атмосферных выпадений на территории республики Северная Осетия-Алания по данным биомониторинга // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 157-168. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-157-168

Получена 18 мая 2022 г.

Прошла рецензирование 19 июля 2022 г.

Принята 5 сентября 2022 г.

Резюме

В связи с возрастающим интересом к туристическому потенциалу республики Северная Осетия-Алания существует потребность в контроле загрязнения атмосферного воздуха.

Цель настоящего исследования – оценка возможности использования мхов в качестве биомониторов для определения тяжелых металлов и других следовых элементов на территории республики.

Материалы и методы. В качестве биоиндикаторов использованы зеленые мхи *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*. Многоэлементный химический анализ мхов выполнен рентгенофлуоресцентным методом, морфология и состав пылевых выпадений на поверхности мха изучена при помощи растрового электронного микроскопа, оснащенного рентгеновским энергодисперсионным спектрометром.

Результаты. Максимальное содержание Pb, Zn, Cr, As, Sn, Sb, Ba, Cd, Cu, Ti, Ce, As, Fe, Sr отмечается во мхах на территориях с высокой аэротехногенной нагрузкой. Анализ мхов-биомониторов в районе Фиагдонского хвостохранилища свидетельствует об эффективности рекультивационных мероприятий. Токсичные элементы оседают на поверхность мха в составе тонкодисперсных частиц, в том числе до 1 мкм, что представляет серьезную опасность для человека.

Выводы. Аномально высокое содержание Zn, Pb, Cd, Cu, Ce, As, Fe, Sr, Ti, Ba в составе мхов-биомониторов отмечается в зоне влияния предприятий горноперерабатывающей (в районе Унальского хвостохранилища) и металлургической (ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит» в г. Владикавказ) промышленности. Основным источником токсичных элементов являются аэротехногенные тонкодисперсные частицы, аккумулированные на поверхности мхов, что подтверждает высокую эффективность их использования для мониторинга. Территория в районе села Дур Дур можно рекомендовать как фоновую для эколого-геохимических исследований.

Ключевые слова

Тяжелые металлы, загрязнение атмосферного воздуха, биомониторинг, хвостохранилище, мох, Северная Осетия.

Analysis of atmospheric deposition in the territory of the Republic of North Ossetia-Alania by biomonitoring data

Inna Z. Kamanina^{1,2}, Svetlana P. Kaplina^{1,2}, Marina V. Gustova²,
Dzerassa N. Chigoeva³ and Iliy I. Vinogradov^{1,2}

¹Dubna State University, Dubna, Russia

²Joint Institute for Nuclear Researches, Dubna, Russia

³Rusatom Greenway Ltd, Moscow, Russia

Principal contact

Inna Z. Kamanina, Candidate of Biological Sciences,
Department of Ecology and Earth Sciences, Dubna
State University; 19 Universitetskaya St, Dubna,
Moscow Region, Russia 141980.

Tel. +79161655926

Email kamanina@uni-dubna.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9186-8689>

How to cite this article

Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Gustova M.V., Chigoeva
D.N., Vinogradov I.I. Analysis of atmospheric
deposition in the territory of the Republic of North
Ossetia-Alania by biomonitoring data. *South of
Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1,
pp. 157-168. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-
1098-2023-1-157-168

Received 18 May 2022

Revised 19 July 2022

Accepted 5 September 2022

Abstract

Attention to the tourism potential of the Republic of North Ossetia-Alania is increasing with the attendant need to monitor and control atmospheric air pollution.

Aim. The assessment of the possibility of using mosses as biomonitors for determining the content of heavy metals and other trace elements in the atmosphere of the territory of the Republic of North Ossetia-Alania.

Material and Methods. The green mosses *Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi* were used as bioindicators. Multi-element chemical analysis of mosses was carried out using X-ray fluorescence and the morphology and composition of dust fallouts on the moss surfaces was studied using a scanning electron microscope equipped with an X-ray energy-dispersive spectrometer.

Results. The maximum concentration of Pb, Zn, Cr, As, Sn, Sb, Ba, Cd, Cu, Ti, Ce, As, Fe, Sr is observed in mosses in areas of the territory with a high aerotechnogenic load. The analysis of biomonitor moss in the area of the Fiagdonna tailing dump indicates that recultivation measures had been effective. Toxic elements fall on moss surface in form of fine particles as large as 1 micron and pose a danger to human health.

Conclusions. The abnormally high content of Zn, Pb, Cd, Cu, Ce, As, Fe, Sr, Ti, Ba in the composition of biomonitor mosses was registered in the zone of influence of mining and processing enterprises (in the area of the Unal tailings dump) and metallurgical industries in Vladikavkaz (JSC Electro zinc and JSC Pobedit). The base source of toxic elements was determined to be fine aerotechnogenic particles that accumulate on the surface of mosses, thus confirming the high efficiency of their use for monitoring. The territory near the village of Dur Dur can be recommended as a background for ecological and geochemical research.

Key Words

Heavy metals, air pollution, biomonitoring, tailing dump, moss, North Ossetia.

ВВЕДЕНИЕ

По официальным данным в 40 субъектах Российской Федерации более 54 процентов городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха [1. с. 52]. В составе городских поселений Республики Северная Осетия-Алания (РСО-Алания) один крупный город – Владикавказ, пять малых городов (Беслан, Моздок, Алагир, Ардон, Дигора) и 7 поселков городского типа (Мизур, Верхний Фиагдон, Бурон, Садон, Верхний Згид, Холст, Заводской). Плотность городских поселений – 16,2/10 тыс. км² [2]. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в республике вносят стационарные источники г. Владикавказ, их доля в 2017 г. составила 64% (2,448 тыс. тонн) от суммарного выброса в атмосферный воздух всеми стационарными источниками республики, в том числе 45% (0,247 тыс. тонн) выброшенных твердых веществ [3]. На станциях Росгидромета число определяемых токсичных элементов в составе атмосферного воздуха сильно ограничено и включает, как правило, тяжелые металлы (Pb, Zn, Cd, Cu). В настоящее время существует потребность в контроле загрязнения атмосферного воздуха, в том числе многоэлементном анализе поступающих загрязнений.

Главным источником техногенного воздействия в РСО-Алания являются объекты накопленного экологического вреда прошлой хозяйственной деятельности горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности. В первую очередь хвостохранилища Фиагдонской и Мизурской обогатительных фабрик, а также отвалы отходов ОАО «Электроцинк». В республике на площади 250 га складировано порядка 10 млн. тонн металлосодержащих хвостов [2; 3]. Особую опасность представляют их тонкодисперсные фракции, которые разносятся на большие расстояния. Унальское и Фиагдонское хвостохранилища располагаются в долинах рек, и могут быть источниками экологической опасности даже после их рекультивации. Большинство из элементов, присутствующих в составе хвостов относятся к высокотоксичным и токсичным [4; 5]. Вместе с тем регион обладает огромным потенциалом для развития санаторно-курортного направления и горного туризма, что особенно актуально в связи с созданием альтернативы выездному туризму в рамках программы импортозамещения [6; 7]. В современных реалиях одним из условий устойчивого социально-экономического развития региона является обеспечение благоприятного состояния окружающей среды [6], а значит особо ценным становится наличие экологической информации.

В практике экологических исследований широко используется метод биомониторинга с использованием мхов [8–10]. Применение данного метода особо эффективно при изучении территорий, на которых отсутствуют станции мониторинга атмосферного воздуха Росгидромета. Наиболее часто для исследования атмосферных выпадений тяжелых металлов используют мхи *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme*. Несмотря на имеющиеся межвидовые различия в накоплении мхами элементов из атмосферных выпадений ими можно

пренебречь в случае изучения атмосферных загрязнений [8].

Цель настоящей работы – оценка возможности использования мхов в качестве биомониторов на территории РСО-Алания для определения тяжелых металлов и других следовых элементов, поступающих с атмосферными выпадениями.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлась территория Республики Северная Осетия-Алания на которой было выбрано 9 ключевых участков (рис. 1), испытывающих техногенное загрязнение и чистых горных районах, и отобраны образцы зеленых мхов *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*. Мхи были собраны в соответствии с общепринятой методикой [9] в 2017 году. Образцы отбирались не менее чем в 300 м от основных дорог и населенных пунктов на открытых участках с площадок 50 м × 50 м. Для анализа были взяты трехлетние приросты мха. Образцы мха высушивали, предварительно очистив от посторонних примесей. Необходимо отметить, что исследования проходили до проведения работ по рекультивации Унальского хвостохранилища.

Аналитические определения были выполнены в Объединённом институте ядерных исследований (ОИЯИ) в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова (ЛЯР ОИЯИ) г. Дубна Московской области. Многоэлементный химический анализ мхов проводили с помощью рентгенофлуоресцентного метода (РФА). Метод РФА активно используется при ведении экологического мониторинга различных компонентов окружающей среды, в том числе биомониторинга. Рентгеновские спектры образца измерялись с помощью стандартного спектрометра фирмы Canberra. Для возбуждения рентгеновского излучения использовались радиоизотопные источники ¹⁰⁹Cd ($E = 22,16$ кэВ, $T_{1/2} = 453$ дня, общей активностью 1,11 Гбк) и ²⁴¹Am ($E = 59,6$ кэВ, $T_{1/2} = 458$ лет, общей активностью 27,3 Гбк). Характеристическое рентгеновское излучение регистрировалось полупроводниковым Si(Li) детектором с разрешением 145 эВ на линии K α Fe (6,4 кэВ). Время измерения варьировалось от 150 с до 1800 с. Обработка спектров проводилась с помощью программного обеспечения для рентгенофлуоресцентного анализа WinAxil Canberra. Для определения содержания элементов в образцах мхов была использована методика одновременного определения в насыщенном слое вещества всех элементов, возбуждаемых радиоизотопным источником, по единой калибровочной кривой [12]. При построении калибровочной кривой использовались стандартные образцы близкие по матричным эффектам к анализируемым образцам (IAEA-336 (лишайник), IAEA-140 (морские водоросли), СБМТ-02 (злаковая травосмесь), IAEA-359 (капуста), NBS 1575a (хвоя сосны) и др.).

В образцах мха было определено содержание 30 химических элементов (K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Pb, Th, U), в том числе токсичных (As, Zn, Pb, Cd др.).

Для изучения морфологии и состава пылевых выпадений поверхность мха была изучена при помощи растрового электронного микроскопа Hitachi S-3400N с рентгеновским анализатором.

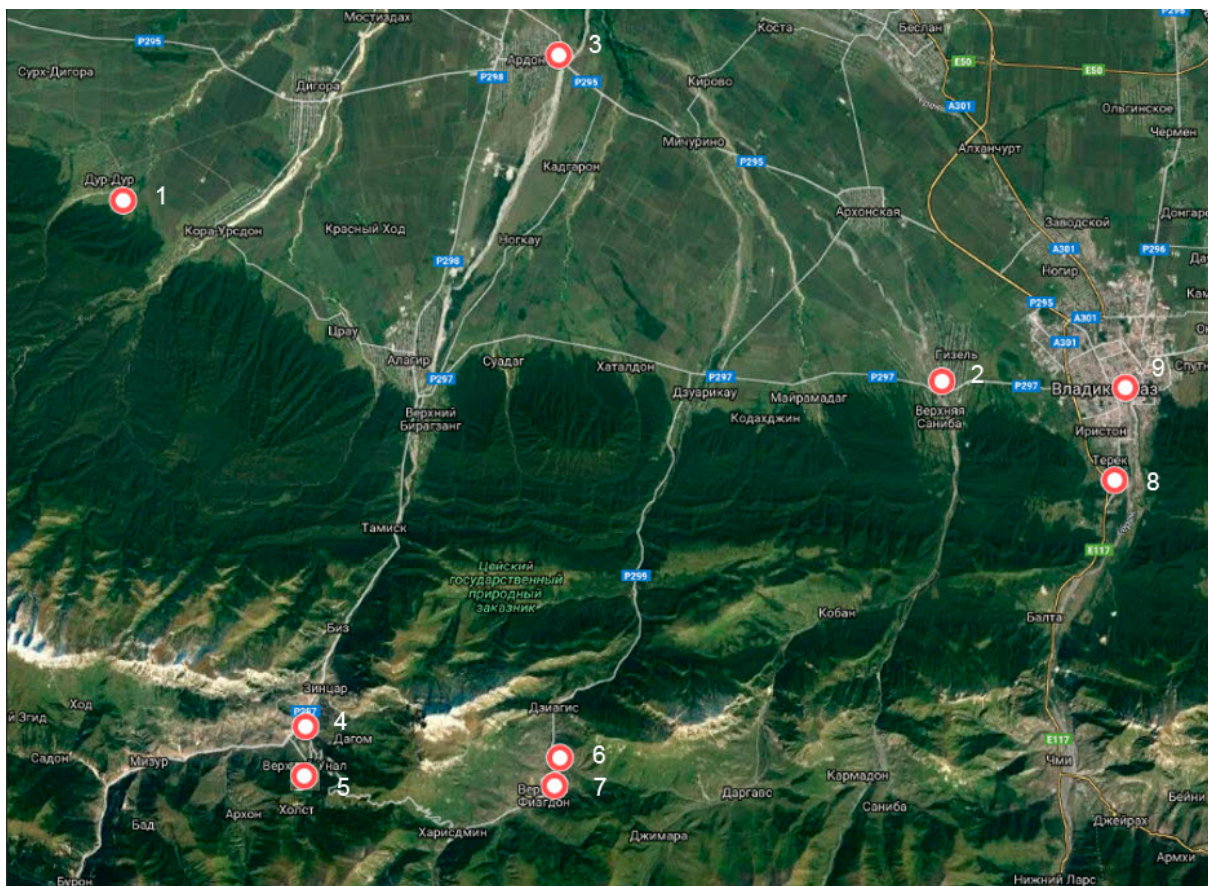


Рисунок 1. Расположение точек пробоотбора мхов: 1 – с. Дур-Дур (43.119015 с.ш., 44.044003 в.д.); 2 – с. Гизель (43.028546 с.ш., 44.562243 в.д.); 3 – г. п. Ардон (34.18083 с.ш., 44.31666 в.д.); 4 – Унальское хвостохранилище (42.867108 с.ш., 44.154969 в.д.); 5 – штольня №43 месторождения Холст (42.847203 с.ш., 44.151518 в.д.); 6 – Фиэгдонское хвостохранилище (42.83916 с.ш., 44.31416 в.д.); 7 – п. Верхний Фиэгдон (42.832100 с.ш., 44.305841 в.д.); 8 – г. Владикавказ, парк Дендрарий (42.982696 с.ш., 44.672347 в.д.); 9 – г. Владикавказ, ЦПКИО им. К.Л. Хетагурова (43.025494 с.ш., 44.679122 в.д.)

Figure 1. Location of moss sampling points: 1 – the village of Dur-Dur (43.119015 N, 44.044003 E N, 44.562243 E); 3 – the urban settlement of Ardon (34.18083 N, 44.31666 E); 4 – the Unal tailing dump (42.867108 N, 44.154969 E); 5 – mine No. 43 of the Holst field (42.847203 N, 44.151518 E); 6 – Fiagdon tailing dump (42.83916 N, 44.31416 E); 7 – Verkhny Fiagdon settlement (42.832100 N, 44.305841 E); 8 – Arboretum Park, Vladikavkaz (42.982696 N, 44.672347 E); 9 – K.L. Khetagurov Central Park, Vladikavkaz (43.025494 N, 44.679122 E)

ПОЛУЧЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования были получены данные по содержанию петрогенных элементов (Ti, Fe, Ca, K, Mn), приоритетных загрязнителей горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности республики (Pb, Zn, As, Cu, Ni и др.), а также высоко опасных загрязнителей атмосферного воздуха (Cd, Pb, As, Ni, Se и др.) (табл. 1).

Концентрация **свинца** в исследованных образцах мха колеблется в широком диапазоне от 19 до 1380 мг/кг (табл. 1). Средняя концентрация в районе исследования составляет 230 мг/кг. Максимальная концентрация обнаружена в образце № 4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе и составляет 1380 мг/кг, что в 72,6 раза выше минимального значения, обнаруженного в образце, в районе села Дур Дур Дигорского муниципального района. Достаточно высокая концентрация 323 мг/кг, что в 17 раз выше

минимального значения в районе исследования, отмечается в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ. При этом в образце №8, отобранном к югу от образца №9 в парке Дендрарий г. Владикавказ, отмечается заметное снижение (в 4 раза) концентрации до 78 мг/кг. В образцах мха, отобранных на окраинах села Гизель Пригородного района, поселка Верхний Фиэгдон Ардонского района, недалеко от штольни 43 Холстинского месторождения в Алагирском районе и на поверхности рекультивированного участка Фиэгдонского хвостохранилища, содержание свинца колеблется незначительно от 47 до 68 мг/кг, что 2,6–3,6 раза выше минимальных значений. Еще более низкая концентрация всего в 1,7 раз выше минимального значения выявлена в образце №3, отобранном на окраине городского поселения Ардон Ардонского района. Класс опасности Pb для воздуха – 1, для почв – 1.

Таблица 1. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа образцов мха, мг/кг
Table 1. Results of X-ray fluorescence analysis of moss samples, mg/kg

Элемент Element	Точки отбора проб / Sampling points										Грузия / Georgia [7]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее / Average		
K	5700 ± 500	5300 ± 500	5900 ± 500	5900 ± 500	4600 ± 400	4000 ± 500	4700 ± 500	9400 ± 60	13400 ± 900	5967 ± 1862		
Ca	12100 ± 300	8200 ± 300	11000 ± 300	32600 ± 500	7000 ± 300	10300 ± 300	8100 ± 300	9000 ± 30	12900 ± 60	8831 ± 2882		
Ti	230 ± 80	3640 ± 90	430 ± 80	1320 ± 110	110 ± 70	430 ± 90	770 ± 90	2980 ± 100	2000 ± 170	458 ± 338		
Cr	≤ 30	≤ 30	≤ 30	60 ± 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30	10.16 ± 6.57		
Mn	100 ± 20	140 ± 20	140 ± 20	210 ± 20	≤ 20	100 ± 20	160 ± 20	180 ± 20	460 ± 40	238 ± 366		
Fe	1570 ± 20	4680 ± 30	3430 ± 20	6200 ± 30	1450 ± 20	2990 ± 20	3410 ± 40	5390 ± 60	17440 ± 120	3631 ± 2599		
Ni	≤ 6	10 ± 6	≤ 6	20 ± 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6	11 ± 6	25 ± 6	6.81 ± 4.07		
Cu	48 ± 5	42 ± 5	46 ± 5	540 ± 9	36 ± 5	45 ± 5	47 ± 5	56 ± 6	121 ± 10	7.04 ± 13.15		
Zn	66 ± 4	369 ± 6	110 ± 4	1611 ± 10	108 ± 4	144 ± 5	119 ± 5	581 ± 7	2303 ± 15	31.57 ± 12.96		
As	≤ 5	≤ 5	≤ 5	67 ± 14	≤ 5	15 ± 5	11 ± 5	≤ 5	10 ± 5	2.02 ± 7.56		
Se	≤ 2	≤ 2	≤ 2	8 ± 2	≤ 2	4 ± 1	≤ 2	5 ± 1	8 ± 3	0.25 ± 0.13		
Br	9 ± 1	5 ± 1	4 ± 1	7 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	4 ± 1	8 ± 1	5 ± 1	6.63 ± 2.95		
Rb	11 ± 1	15 ± 1	12 ± 1	10 ± 1	3 ± 1	9 ± 1	11 ± 1	18 ± 2	53 ± 2	11.63 ± 6.36		
Sr	75 ± 1	35 ± 1	55 ± 1	45 ± 1	23 ± 1	33 ± 1	41 ± 1	62 ± 1	159 ± 2	50.23 ± 25.19		
Y	5 ± 2	9 ± 2	4 ± 2	6 ± 1	≤ 2	≤ 2	≤ 2	10 ± 3	25 ± 4	-		
Zr	5 ± 1	18 ± 1	12 ± 1	15 ± 1	5 ± 1	10 ± 1	11 ± 1	28 ± 1	105 ± 2	13.05 ± 10.7		
Nb	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	5 ± 2	-		
Mo	≤ 1	≤ 1	≤ 2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	0.42 ± 0.27		
Cd	≤ 1	10 ± 1	4 ± 2	23 ± 2	3 ± 1	≤ 1	5 ± 1	7 ± 1	34 ± 1	0.18 ± 0.12		
Sn	≤ 1	6 ± 1	6 ± 1	619 ± 2	15 ± 1	≤ 1	≤ 1	8 ± 1	27 ± 2	-		
Sb	≤ 1	4 ± 1	4 ± 1	320 ± 3	80 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	5 ± 1	10 ± 1	0.20 ± 0.16		
I	7 ± 1	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	5 ± 1	2.90 ± 1.99		
Cs	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	0.49 ± 0.35		
Ba	192 ± 1	70 ± 1	83 ± 1	257 ± 1	48 ± 1	50 ± 1	48 ± 1	177 ± 1	297 ± 1	69.95 ± 57.56		
La	4 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	8 ± 1	≤ 1	≤ 1	4 ± 1	9 ± 1	11 ± 1	2.82 ± 2.11		
Ce	6 ± 2	9 ± 2	9 ± 2	14 ± 2	5 ± 2	7 ± 2	4 ± 2	12 ± 2	26 ± 1	5.02 ± 3.79		
Nd	6 ± 1	10 ± 1	10 ± 2	14 ± 2	9 ± 1	≤ 2	≤ 2	14 ± 2	24 ± 2	2.75 ± 2.11		
Pb	19 ± 2	68 ± 2	32 ± 2	1380 ± 20	64 ± 2	57 ± 5	47 ± 4	78 ± 3	323 ± 5	5.46 ± 3.23		
Th	4 ± 1	≤ 1	4 ± 1	3 ± 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	3 ± 1	3 ± 1	-		
U	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-		

Примечание: «—» – нет данных
Note: «—» – no data available

В исследованных образцах мха концентрация **цинка** колеблется в широких пределах от 66 до 2303 мг/кг (табл. 1). Средняя концентрация в районе исследования составляет 601 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, и составляет 2303 мг/кг, что почти в 35 выше минимального значения, обнаруженного в образце, отобранном в районе села Дур Дур Дигорского муниципального района. Высокая концентрация цинка (1611 мг/кг, что 24 раза выше минимального значения) обнаружена в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища. Достаточно высокие концентрации цинка выявлены в образцах №8, отобранном в парке Дендрарий г. Владикавказ (581 мг/кг) и №2, отобранном на окраине села Гизель Пригородного муниципального района (369 мг/кг), что выше минимального значения в 8,8 и 5,6 раза соответственно. В образцах мха, отобранных на окраинах городского поселения Ардон, поселка Верхний Фиагдон, недалеко от штольни 43 Холстинского месторождения в Алагирском районе и на поверхности рекультивированного участка Фиагдонского хвостохранилища, концентрация цинка колеблется не значительно (108–144 мг/кг) на уровне 2–2,5 раза выше минимального значения. Класс опасности Zn для воздуха – 2 (цинк сульфат) и 3 (цинк оксид), для почв – 1.

Концентрация **кадмия** в исследованных образцах мха колеблется в широком диапазоне от 3 до 34 мг/кг (табл. 1). Средняя концентрация в районе исследования составляет 12,3 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, при этом в образце №8, парк Дендрарий в г. Владикавказ отмечается заметное снижение (в 5 раз) концентрации до 7 мг/кг. Высокое содержание кадмия обнаружено в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе, и составляет 23 мг/кг. В пробах, отобранных на окраинах села Гизель Пригородного района, городского поселения Ардон и поселка Верхний Фиагдон Ардонского района, а также недалеко от штольни 43 Холстинского месторождения в Алагирском районе, концентрация кадмия колеблется от 3 до 10 мг/кг. В образцах, отобранных в районе села Дур Дур Дигорского муниципального района и на поверхности рекультивированного участка Фиагдонского хвостохранилища, концентрация кадмия незначительна и составляет менее 1 мг/кг. Класс опасности Cd для воздуха – 1, для почв – 1.

В исследованных образцах мха концентрация **меди** колеблется в широких пределах от 36 до 540 мг/кг (табл. 1). Средняя концентрация в районе исследования составляет 109 мг/кг. Максимальная концентрация отмечается в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе и составляет 540 мг/кг, что в 15 раз выше минимального значения. Высокое содержание меди отмечено в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, и составляет 121 мг/кг, что в 3,3 раза выше минимального значения, при этом в образце №8, отобранном в парке Дендрарий в г. Владикавказ, отмечается снижение (в 2 раза)

концентрации до 56 мг/кг. В пробах, отобранных на окраинах села Дур Дур Дигорского муниципального района, села Гизель Пригородного района, городского поселения Ардон и поселка Верхний Фиагдон Ардонского района, а также образце мха, отобранном на поверхности рекультивированного участка Фиагдонского хвостохранилища, содержание меди колеблется в пределах от 42 до 48 мг/кг, что незначительно выше минимальных значений. Класс опасности Cu для воздуха – 2, для почв – 2.

Концентрация **никеля** в исследованных образцах мха составляет от 11 до 25 мг/кг (табл. 1). Среднее содержание в районе исследования составляет 16,5 мг/кг. Анализ данных показал, что содержание никеля в образцах, отобранных в районе населённых пунктов Дур Дур, Ардон, Фиагдон, а также на рекультивированной части Фиагдонского хвостохранилища, менее 6 мг/кг. Максимальная концентрация никеля (25 мг/кг) обнаружена в образце, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, также повышенная концентрация (20 мг/кг) наблюдается в образце, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища. Класс опасности Ni для воздуха – 2, для почв – 2.

Таким образом, максимальные концентрации Zn, Cd и Ni обнаружены в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, а Pb и Cu в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе. Самым чистым из исследованных образцов является образец №1, отобранный на окраинах села Дур Дур Дигорского муниципального района.

На рисунках 2, 3 представлены рентгеновские спектры образца мха пробы №4, на рисунках 4, 5 – пробы №9.

Анализ данных показал, что **мышьяк** обнаруживается в четырех образцах. Высокое содержание мышьяка 68 мг/кг обнаружено в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе. В остальных пробах концентрация значительно ниже. В образце №6, отобранном на поверхности рекультивированного участка Фиагдонского хвостохранилища, содержание мышьяка составляет 15 мг/кг, в образце №7, отобранном на окраине поселка Верхний Фиагдон Ардонского района – 11 мг/кг, образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ – 10 мг/кг. Класс опасности As для воздуха – 1, для почв – 1.

Олово, обнаружено в очень высокой концентрации (619 мг/кг) в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе. Повышенные концентрации также обнаружены в образцах №9 (Центральный парк культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ), и №5 (в районе штольни 43 Холстинского месторождения в Алагирском районе), и составляют 27 мг/кг и 15 мг/кг соответственно. Класс опасности Sn для воздуха – 3, для почв – не определен.

Сурьма, обнаружена в очень высокой концентрации (320 мг/кг) в образце №4, отобранном в Алагирском районе в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища. Повышенная концент-

рация сурьмы (80 мг/кг) обнаружена и в образце №5, отобранном недалеко от штольни 43 Холстинского месторождения. В образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, концентрация сурьмы составляет 10 мг/кг. Класс опасности Sb для воздуха – 3, для почв – 2.

Ранее авторами было показано [5], что в отходах горно-обогатительных фабрик происходит концентрирование редких металлов, таких как In, Te, Se, V, U, Ta, Mo, Cs. Содержание In, Te, Se в составе отходов Мизурской горно-обогатительной фабрики превышает кларковые значения более чем в сотни и тысячи раз.

Анализ мхов показал, что содержание **селена** составляет от 4 до 8 мг/кг. Максимальные концентрации селена были выявлены в образцах мха №№4 и 9, отобранных в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе и в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ. Класс опасности Se для воздуха – 1, для почв – 1.

Содержание **циркония** в образцах мха варьирует в широких пределах от 5 до 105 мг/кг. Максимальная концентрация циркония в 21 раз превышающая минимальное значение, обнаружена в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ. В образце №8, отобранном в парке Дендрарий г. Владикавказ, отмечается снижение (в 3,8 раза) концентрации до 28 мг/кг. Относительно повышенное содержание циркония обнаружено в образцах №2, отобранном на окраине села Гизель Пригородного района и №4, в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе. Концентрация циркония составляет 18 и 15 мг/кг

соответственно, что в 3,6 и 3 раза превышает минимальное значение.

Содержание **лантана** в образцах мха варьирует от 3 до 11 мг/кг. Максимальная концентрация обнаружена в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, и в 3,6 раза превышает минимальное значение. В образце №8, отобранном к югу от образца №9 в парке Дендрарий г. Владикавказ, отмечается незначительное снижение концентрации до 9 мг/кг. Относительно повышенное содержание лантана (8 мг/кг, что в 2,7 раза выше минимального значения) выявлено в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе.

Содержание **рубидия** в образцах мха варьирует в широких пределах от 3 до 53 мг/кг. Максимальное значение выявлено в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, что в 17 раз выше минимального значения. При этом в образце №8, парк Дендрарий г. Владикавказ, отмечается снижение (в 3 раза) концентрации до 18 мг/кг. В остальных образцах мха концентрация рубидия от 9 до 15 мг/кг. В образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе, концентрация рубидия составляет 10 мг/кг.

Максимальная концентрация **иттрия** составляет 25 мг/кг, что в 6 раз меньше минимального значения и обнаружена также в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ. В образце №8, отобранном к югу от образца №9 в г.Владикавказ, отмечается снижение (в 2,5 раза) концентрации до 10 мг/кг.

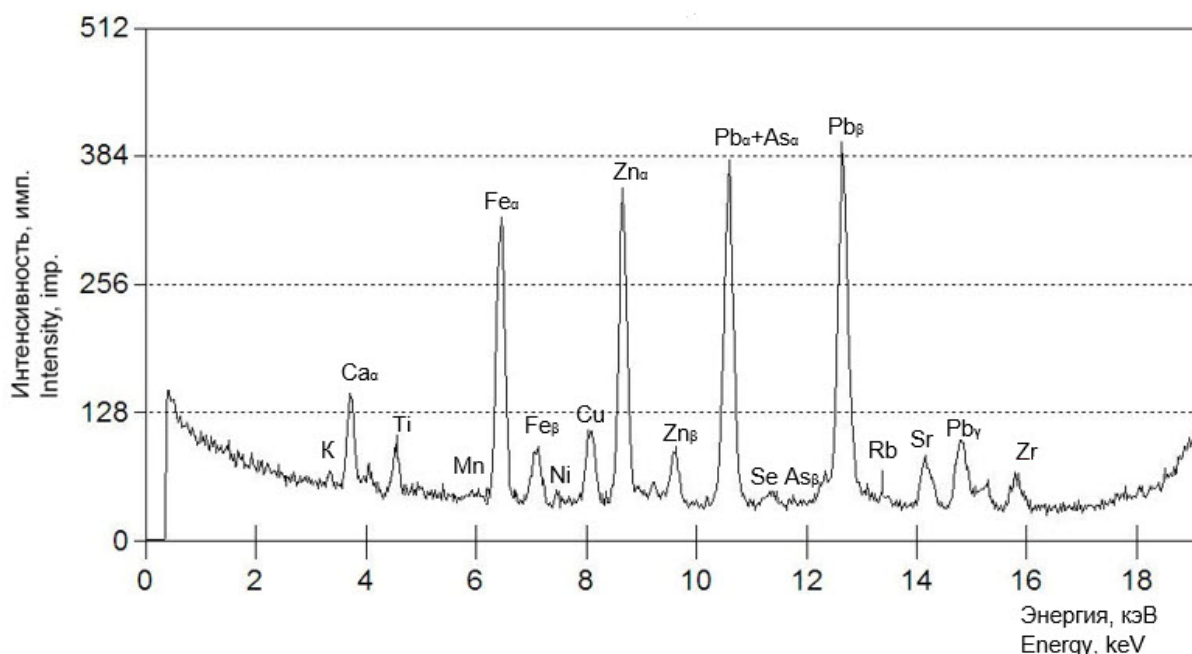


Рисунок 2. Рентгеновский спектр образца мха пробы № 4 (район Унальского хвостохранилища), источник возбуждения ^{109}Cd , $t_{\text{изм.}} = 150$ с

Figure 2. XRF spectrum of moss sample no. 4 (the area near the Unalsky tailing dump), ^{109}Cd source X-ray excitation, $t_{\text{изм.}} = 150$ s

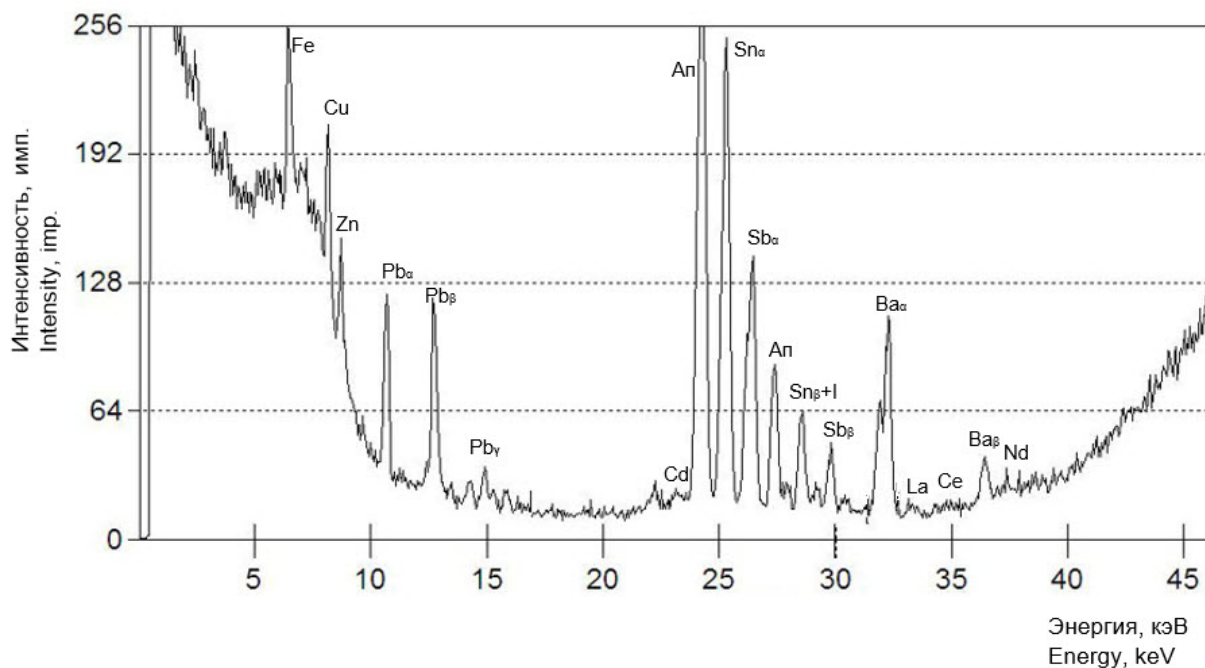


Рисунок 3. Рентгеновский спектр образца мха пробы № 4 (район Унальского хвостохранилища), источник возбуждения ^{241}Am , $t_{\text{изм.}} = 1800$ с (АП – аппаратный пик)

Figure 3. XRF spectrum of moss sample no. 4 (the area near the Unalsky tailing dump), ^{241}Am source X-ray excitation, $t_{\text{изм.}} = 1800$ s (HP – hardware peak)

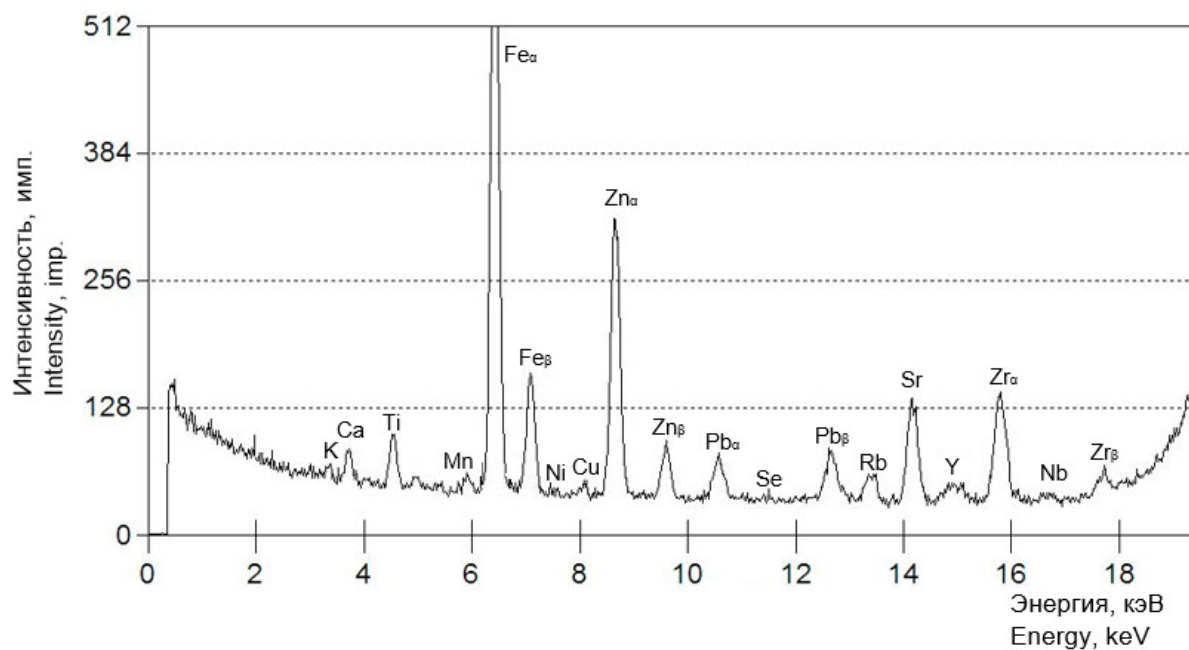


Рисунок 4. Рентгеновский спектр образца мха пробы № 9 (Центральный парк культуры и отдыха им. К.Л.Хетагурова, Владикавказ), источник возбуждения ^{109}Cd , $t_{\text{изм.}} = 150$ с

Figure 4. XRF spectrum of moss sample no. 9 (K.L. Khetagurov Central Park of Culture and Rest, Vladikavkaz), ^{109}Cd source X-ray excitation, $t_{\text{изм.}} = 150$ s

Концентрация **церия** в пробах мха варьирует от 4 до 26 мг/кг. Максимальная концентрация обнаружена в образце №9, отобранном в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ, и в 6,5 раз превышает минимальное значение. В образце №8, отобранном в парке Дендрарий г. Владикавказ, отмечается снижение концентрации до 12 мг/кг. Относительно повышенное содержание церия (14 мг/кг, что в 3,5 раз выше минимального значения) выявлено в образце №4, отобранном в непосредственной близости от Унальского хвостохранилища в Алагирском районе.

Как показали исследования, минимальные содержания определяемых элементов во мхах отмечаются в районе села Дур Дур Дигорского муниципального района, что свидетельствует о низком уровне аэротехногенной нагрузки. По результатам анализа резко выделяются две пробы, где содержание исследованных элементов значительно превышает их содержание в остальных образцах мха. Это образец №4, отобранный в

непосредственной близости от Унальского хвостохранилища, используемого в течении многих лет для складирования отходов переработки свинцово-цинковых руд и образец №9, отобранный в Центральном парке культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова г. Владикавказ.

Высокие концентрации элементов (Pb, Zn, Cr, As, Sn, Sb, Ba, Cd, Cu, Ti, Ce, As, Fe, Sr) в образце мха №4 обусловлены дефляционными процессами, которые развивались в сухой части пляжной зоны Унальского хвостохранилища до его рекультивации и являлись основной причиной загрязнения прилегающей территории. Содержание Cd, Pb, Ce в составе хвостов превышает их кларки в земной коре в тысячи раз, Zn, As, Cu в сотни раз, что было показано авторами в работах [4; 5]. На расстоянии более 2 км от сбора образца №4, в районе штольни 43 Холстинского месторождения влияние хвостохранилища не отмечается, содержание Cr, Mn, Ni, Cu, As, Se, Cd, Ba не превышает минимальных значений для исследованных мхов, содержание Zn и Pb выше

минимальных значений (с. Дур Дур), но ниже, чем в районе других населенных пунктов республики.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха во Владикавказе являются предприятия цветной металлургии ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит», которые расположены в центральной части города. В составе выбросов этих предприятий присутствуют соединения Cd, Pb, Cu, As, Zn, Mn и др. Аномально высокое содержание Zn, Cd, Pb, Cr, Fe Ti выявлено в образце №9 (Центральный парк культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова). Влияние предприятий цветной металлургии отмечается также и на территории парка Дендрарий (образец №8), хотя и в значительно меньшей степени.

Анализ мхов-биоиндикаторов, собранных на рекультивированной части Фиагдонского хвостохранилища и в районе поселка Фиагдон свидетельствует об эффективности рекультивационных мероприятий и отсутствии аэротехногенной нагрузки со стороны хвостохранилища.

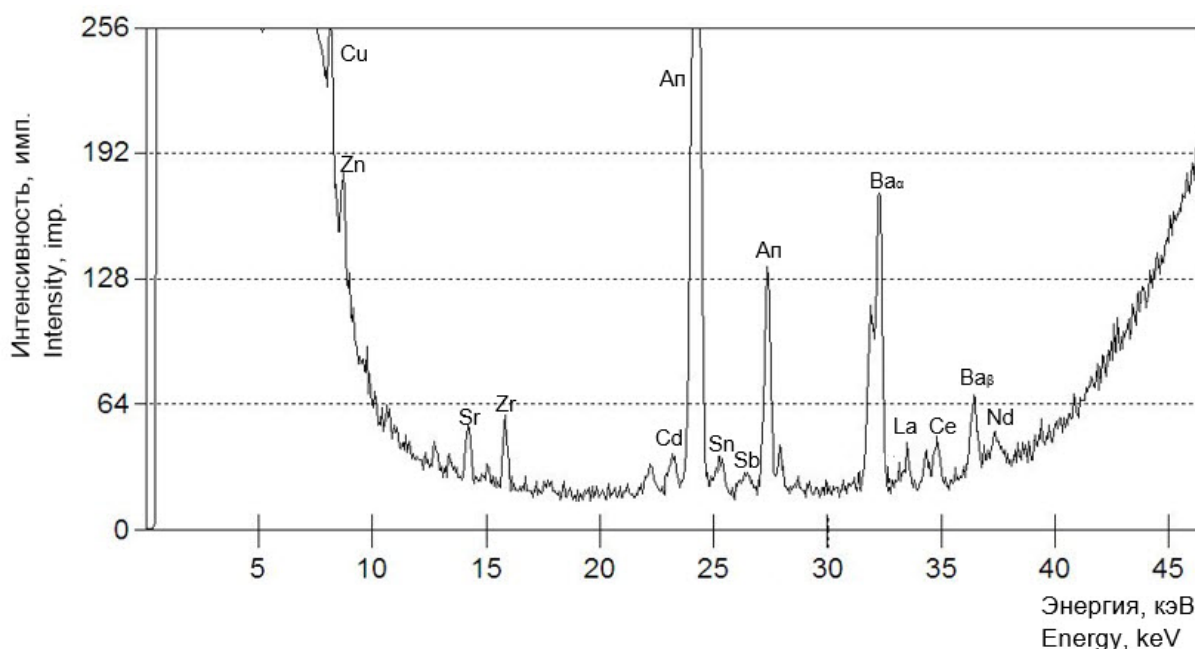
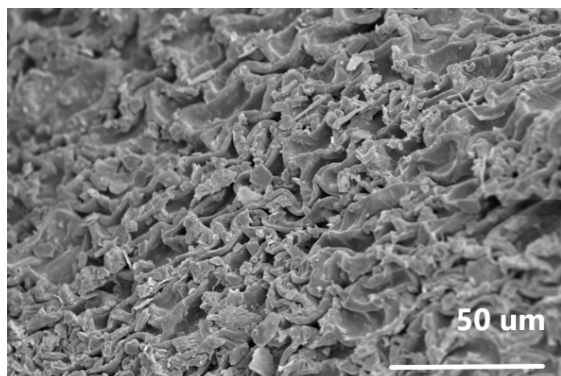


Рисунок 5. Рентгеновский спектр образца мха пробы № 9 (Центральный парк культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова, Владикавказ), источник возбуждения ^{241}Am , $t_{\text{изм.}} = 1800$ с (АП – аппаратный пик)
Figure 5. XRF spectrum of moss sample no. 9 (K.L. Khrtagurov Central Park of Culture and Rest, Vladikavkaz), ^{241}Am source X-ray excitation, $t_{\text{изм.}} = 1800$ s (HP – hardware peak)

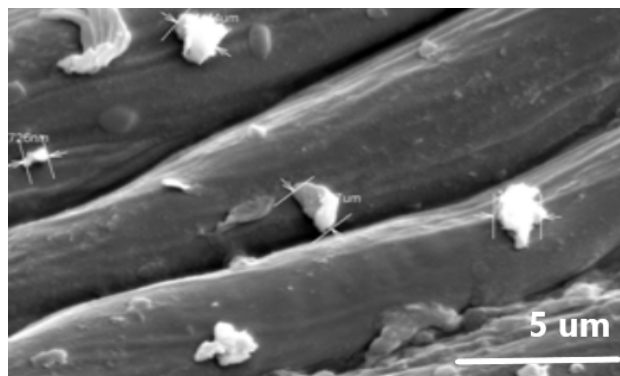
Биомониторинг с помощью мхов проводился на территории Кавказского региона [8]. Сравнительный анализ среднего содержания элементов во мхах РСО-Алания с результатами, полученными для Грузии показали значительное накопление во мхах РСО-Алания элементов: Zn, Pb, Cd, Cu, Ce, As, Fe, Sr, Ti, Ba, многие из которых являются приоритетными высокотоксичными загрязнителями атмосферного воздуха. В первую очередь это связано с аномально высоким содержанием загрязнителей во мхах в зоне влияния предприятий горно-перерабатывающей и металлургической промышленности республики. Максимальное содержание во мхах РСО-Алания превышает максимальные значения, отмеченные во мхах на территории Грузии для цинка в 270 раз, свинца в 72 раз, кадмия в 58 раз, меди в 4 раза.

Результаты исследований поверхности мха с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Hitachi S-3400N, оснащенного рентгеновским энергодисперсионным спектрометром (EDS Oxford Instruments Aztec) показали, что токсичные элементы оседают на поверхность мха в составе тонкодисперсных частиц, размером до 10 мкм, значительная часть которых имеет размерность менее 1 мкм (рис. 6). Находясь в атмосферном воздухе такие частицы представляют серьезную опасность для человека. Частицы меньше 1 мкм могут проникать в зону легких, отвечающую за газообмен, попадать в кровь и вызывать интоксикацию химическими соединениями, адсорбированными на их поверхности.



а) аэротехногенные образования на поверхности мха (Центральный парк культуры и отдыха им. К.Л. Хетагурова, Владикавказ)

a) aerotechnogenic formations on the moss surface (K.L. Khetagurov Central Park of Culture and Rest, Vladikavkaz)



б) частицы пыли на поверхности мха, содержащие свинец (парк Дендрарий, Владикавказ)

b) dust particles on the surface of moss containing lead (Arboretum Park, Vladikavkaz)

Рисунок 6. Поверхность мхов-биомониторов, полученных при помощи растрового электронного микроскопа Hitachi s-3400N

Figure 6. Surface of moss-biomonitors obtained using a scanning electron microscope Hitachi s-3400N

ВЫВОДЫ

1. Аномально высокое содержание Zn, Pb, Cd, Cu, Ce, As, Fe, Sr, Ti, Ba в составе мхов-биомониторов отмечается в зоне влияния предприятий горно-перерабатывающей (в районе Унальского хвостохранилища) и металлургической (ОАО «Электроцинк» и ОАО «Победит» в г. Владикавказ) промышленности.
2. Высокие концентрации токсичных веществ обусловлены аэротехногенными тонкодисперсными частицами, аккумулированными на поверхности мха. Находясь в атмосферном воздухе такие частицы представляют серьезную опасность для человека.
3. Самым чистым из исследованных образцов является образец №1, отобранный на окраинах села Дур Дур Дигорского муниципального района. Эта территория может рассматриваться как фоновая для эколого-геохимических исследований.
4. Анализ атмосферного воздуха с помощью мхов-биомониторов показал высокую эффективность рекультивационных мероприятий в районе Фиагдонского хвостохранилища.
5. Необходимо на регулярной основе организовать наблюдение за содержанием в атмосферном воздухе г. Владикавказ свинца, цинка, кадмия, меди, никеля, бария и др. загрязнителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утв. Президентом РФ от 30.04.2012 г. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/15177> (дата обращения: 12.10.2021)
2. Туаева А.С., Тавасиев Г.В., Павленко В.С. Социально-экономические и экологические проблемы городских поселений республики Северная Осетия-Алания // Россия и мировое сообщество: проблемы демографии, экологии и здоровья населения: сборник статей II Международной научно-практической конференции, Пенза, 19-20 августа, 2019. С. 194–197.
3. Доклад об экологической ситуации в Республике Северная Осетия-Алания в 2017 году. Министерство природных ресурсов и экологии Северной Осетии-Алания, Владикавказ, 2018. 107 с.

4. Каманина И.З., Пухаева Н.Е., Густова М.В., Фронтасьева М.В., Чигоева Д.Н., Каплина С.П. Использование ядерно-физических методов для анализа отходов горно-обогатительной промышленности на примере Унальского хвостохранилища // Успехи современного естествознания. 2018. N 7. С. 142–150.
5. Каманина И.З., Густова М.В., Фронтасьева М.В., Пухаева Н.Е., Каплина С.П., Чигоева Д.Н. Редкие металлы в составе отходов Унальского хвостохранилища // Вестник Владикавказского научного центра. 2018. Т. 18. N 4. С. 71–75. DOI: 10.23671/VNC.2018.4.23794
6. Бероев С.Б., Хацаева Ф.М. Приоритетные направления экологического природопользования горных территорий республики Северная Осетия-Алания // Устойчивое развитие горных территорий. 2019. N 4. С. 429–435. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-429-435
7. Бероев С.Б., Хацаева Ф.М. Современные подходы к рациональному природопользованию в Республике Северная Осетия-Алания // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. N 3. С. 77–87. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-3-77-87
8. Chalgava O., Shetekauri S., Badawy W.M. et al. Characterization of Trace Elements in Atmospheric Deposition Studied by Moss Biomonitoring in Georgia // Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2021, no. 80, pp. 350–367. DOI: 10.1007/s00244-020-00788-x
9. Shvetsova M.S., Kamanina I.Z., Frontasyeva M.V., Madadzada A.I., Zinicovscaia I.I., Pavlov S.S., Vergel K.N., Yushin N.S. Active moss biomonitoring using the «moss bag technique» in the park of Moscow // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2019, vol. 16, no. 6, pp. 994–1003. DOI: 10.1134/S1547477119060293
10. Madadzada A.I., Badawy W.M., Hajiyeva S.R., Veliyeva Z.T., Hajiyev O.B., Shvetsova M.S., Frontasyeva M.V. Assessment of atmospheric deposition of major and trace elements using neutron activation analysis and GIS technology: Baku – Azerbaijan // Microchemical Journal. 2019. V. 147. P. 605–614. DOI: 10.1016/j.microc.2019.03.061
11. Мониторинг атмосферных выпадений тяжелых металлов, азота и стойких органических загрязнителей в Европе с использованием мохообразных. Пособие по мониторингу // Международная кооперативная программа по воздействию воздушных загрязнений на естественную и сельскохозяйственную растительность. Европейская экономическая комиссия ООН в рамках конвенции о

трансграничном переносе на большие расстояния. 2018. 32 с.

12. Стандарт предприятия СТП 104-2002. Многокомпонентный инструментальный рентгенофлуоресцентный анализ почв и других объектов окружающей среды на токсичные и сопутствующие элементы. ОИЯИ 6-8092. Дубна, 2002. 16 с.

REFERENCES

1. *Osnovy gosudarstvennoi politiki v oblasti ehkologicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda, utv. Prezidentom RF ot 30.04.2012 g.* [Fundamentals of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period up to 2030, approved by the President of the Russian Federation of April 30, 2012] (In Russian). Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/15177> (accessed 12.10.2021)
2. Tuaeve A.S., Tavasiev G.V., Pavlenko V.S. Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy gorodskikh poselenii respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya. [Socio-economic and environmental problems of urban settlements of the Republic of North Ossetia-Alania]. *Rossiya i mirovye soobshchestvo: problemy demografii, ekologii i zdorov'ya naseleniya: sbornik statei II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Penza, 19-20 avgusta, 2019* [Russia and the world community: problems of demography, ecology and public health: a collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference, Penza, 19–20 August, 2019]. Penza, 2019, pp. 194–197. (In Russian).
3. *Doklad ob ehkologicheskoi situatsii v Respublike Severnaya Osetiya-Alaniya v 2017 godu. Ministerstvo prirodnikh resursov i ehkologii Severnoi Osetii-Alaniya* [Report on the environmental situation in North Ossetia-Alania in 2017. Ministry of Natural Resources and Ecology of North Ossetia-Alania]. Vladikavkaz, 2018, 107 p. (In Russian)
4. Kamanina I.Z., Pukhaeva N.E., Gustova M.V., Frontasyeva M.V., Chigoeva D.N., Kaplina S.P. The use of nuclear physics methods for the analysis of wastes from the mining and processing industry by the example of the Unalsky tailing pond. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Success of modern natural science]. 2018, no. 7, pp. 142–150. (In Russian)
5. Kamanina I.Z., Gustova M.V., Frontasyeva M.V., Pukhaeva N.E., Kaplina S.P., Chigoeva D.N. Rare metals in the waste of the Unal tailings dump. *Vestnik Vladikavkaz scientific center*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 71–75. (In Russian) DOI: 10.23671/VNC. 2018.4.23794

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Дзерасса Н. Чигоева осуществила пробоотбор и пробоподготовку образцов. Светлана П. Каплина и Марина В. Густова провели аналитические измерения образцов мха рентгенофлуоресцентным методом анализа. Инна З. Каманина и Илья И. Виноградов изучили морфологию и состав пылевых выпадений на поверхности мха при помощи растрового электронного микроскопа, оснащенного рентгеновским энерго-дисперсионным спектрометром. Инна З. Каманина и Светлана П. Каплина интерпретировали полученные данные, описали результаты и сделали выводы. Светлана П. Каплина и Инна З. Каманина корректировали рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

6. Beroev S.B., Khatsaeva F.M. Priority areas of environmental management of mountainous areas of the Republic of North Ossetia-Alania. *Sustainable development of mountainous areas*, 2019, no. 4, pp. 429–435. (In Russian) DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-4-429-435
7. Beroev S., Khatsaeva F. Modern approaches to environmental management in the Republic of North Ossetia – Alania. *Vestnik of the Moscow state regional university. Series: natural sciences*. 2019, no. 3, pp. 77–87. (In Russian) DOI: 10.18384/2310-7189-2019-3-77-87
8. Chaligava O., Shetekauri S., Badawy W.M. et al. Characterization of Trace Elements in Atmospheric Deposition Studied by Moss Biomonitoring in Georgia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2021, no. 80, pp. 350–367. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00788-x> (accessed 12.10.2021)
9. Shvetsova M.S., Kamanina I.Z., Frontasyeva M.V., Madadzada A.I., Zinikovskaia I.I., Pavlov S.S., Vergel K.N., Yushin N.S. Active moss biomonitoring using the «moss bag technique» in the park of Moscow. *Physics of Particles and Nuclei Letters*, 2019, vol. 16, no. 6, pp. 994–1003. DOI 10.1134/S1547477119060293
10. Madadzada A.I., Badawy W. M., Hajiyeva S.R., Veliyeva Z.T., Hajiyev O.B., Shvetsova M.S., Frontasyeva M.V. Assessment of atmospheric deposition of major and trace elements using neutron activation analysis and GIS technology: Baku – Azerbaijan. *Microchemical Journal*, 2019, vol. 147, pp. 605–614. DOI: 10.1016/j.microc.2019.03.061
11. Monitoring of atmospheric deposition of heavy metals, nitrogen and persistent organic pollutants in Europe using bryophytes. Monitoring manual. In: *Mezhdunarodnaya kooperativnaya programma po vozdeistviyu vozdukhnykh zagryaznenii na estestvennuyu i sel'skokhozyaistvennuyu rastitel'nost'*. *Evropeiskaya ekonomicheskaya komissiya OON v ramkakh konventsii o transgranichnom perenose na bol'shie rasstoyaniya* [International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. United Nations economic commission for Europe convention on long-range transboundary air pollution]. 2018, 32 p. (In Russian)
12. *Standart predpriyatiya STP 104-2002. Mnogokomponentnyi instrumental'nyi rentgenofluorescentnyi analiz pochv i drugih ob"ektov okruzhayushchei sredy na toksichnye i soputstvuyushchie elementy. OIYal 6-8092* [Standard of the enterprise. STP 104-2002. Multicomponent instrumental X-ray fluorescent analysis soil and other objects of an environment on toxic and attendant elements. JINR 6-8092]. Dubna, 2002, 16 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Dzerassa N. Chigoeva took samples and made sample preparations. Svetlana P. Kaplina and Marina V. Gustova carried out analytical measurements of moss samples by X-ray fluorescence analysis. Inna Z. Kamanina and Ilya I. Vinogradov studied the morphology and composition of dust deposits on moss surfaces using a scanning electron microscope equipped with an X-ray energy-dispersive spectrometer. Inna Z. Kamanina and Svetlana P. Kaplina interpreted the data, described the results and made conclusions. Svetlana P. Kaplina and Inna Z. Kamanina corrected the manuscript before submission to the Editor. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Инна З. Каманина / Inna Z. Kamanina <https://orcid.org/0000-0001-9186-8689>

Светлана П. Каплина / Svetlana P. Kaplina <https://orcid.org/0000-0003-1323-6349>

Марина В. Густова / Marina V. Gustova <https://orcid.org/0000-0002-1610-2883>

Дзерасса Н. Чигоева / Dzerassa N. Chigoeva <https://orcid.org/0000-0002-2577-5641>

Илья И. Виноградов / Iliy I. Vinogradov <https://orcid.org/0000-0002-3056-2165>

Оригинальная статья / Original article

УДК 343.77

DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-169-180

Анализ и статистическая оценка современного состояния экологической преступности, пути повышения эффективности их выявления

Назирхан Г. Гаджиев¹, Сергей А. Коноваленко², Хаида Г. Ахмедова³,
Умугани А. Гаджиева⁴, Михаил Н. Трофимов², Руслан А. Корнилович²

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, Рязань, Россия

³МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

⁴Дагестанский государственный технический университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Михаил Н. Трофимов, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономической безопасности, Рязанский филиал Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя; 390046 Россия, г. Рязань, ул. 1-я Красная, 18А.

Тел. +79308722287

Email fanat1k.fanat1k.fanat1k@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>

Формат цитирования

Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Ахмедова Х.Г., Гаджиева У.А., Трофимов М.Н., Корнилович Р.А. Анализ и статистическая оценка современного состояния экологической преступности, пути повышения эффективности их выявления // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 1. С. 169-180. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-169-180

Получена 13 января 2023 г.

Прошла рецензирование 23 января 2023 г.

Принята 27 января 2023 г.

Резюме

В статье дана классификация экологических преступлений, описаны виды ответственности за их совершение. Выполнен статистический анализ экологических правонарушений в России за период с 2015 по 2021 годы, дана численная оценка материального ущерба, описаны причины сложности выявления некоторых экологических правонарушений, указано на особое значение деятельности органов государственной власти в борьбе с экологическими преступлениями. В качестве мер, направленных на повышение эффективности выявления и раскрытия экологических преступлений, предлагается пересмотреть уголовно-правовую политику в этой сфере с учетом принятого курса «зеленой экономики» страны, унифицировать законодательство, расширить подследственность расследуемых преступлений.

Цель. Провести анализ состояния экологических правонарушений и преступлений (на примере Рязанской области), выявить основные направления повышения эффективности выявления и раскрытия данных категорий преступлений.

Материалы и методы. Исследование проведено с использованием теории системного анализа, экономико-статистического метода, сравнительно-описательного анализа, общенаучных методов эмпирических исследований.

Результаты. Авторами проведен статистический анализ основных составов экологических преступлений, дана оценка причиненного ущерба, предложены пути повышения эффективности выявления и раскрытия данных категорий преступлений.

Заключение. Экологические правонарушения и преступления следует рассматривать как угрозы экологической и даже национальной безопасности, фактор, сдерживающий становление экологичной «зеленой» экономики, негативным последствием, проявление которого может стать снижение качества жизни современных и будущих поколений.

Ключевые слова

Экологические правонарушения, экологические преступления, ущерб, риски, экологическая безопасность.

Analysis and statistical assessment of the current state of environmental crime in the Russian Federation and ways to improve the effectiveness of its detection

Nazirkhan G. Gadzhiev¹, Sergey A. Konovalenko², Khamida G. Akhmedova³,
Umugani A. Gadzhieva⁴, Mikhail N. Trofimov² and Ruslan A. Kornilovich²

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Ryazan Branch, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Ryazan, Russia

³Russian Technological University (MIREA), Moscow, Russia

⁴Dagestan State Technical University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Mikhail N. Trofimov, PhD in Economics, Senior Lecturer, Department of Economic Security, Ryazan Branch, V. Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia; 18A 1-ya Krasnaya St, Ryazan, Russia 390046.
Tel. +79308722287
Email fanat1k.fanat1k.fanat1k@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>

How to cite this article

Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Akhmedova Kh.G., Gadzhieva U.A., Trofimov M.N., Kornilovich R.A. Analysis and statistical assessment of the current state of environmental crime in the Russian Federation and ways to improve the effectiveness of its detection. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 1, pp. 169-180. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-169-180

Received 13 January 2023

Revised 23 January 2023

Accepted 27 January 2023

Abstract

The article gives a classification of environmental crimes and describes the types of responsibility for their commission. A statistical analysis of environmental offenses in Russia for the period from 2015 to 2021 was carried out, a numerical assessment of material damage was given, the reasons for the difficulty of identifying some environmental offenses were described and the special importance of the activities of state authorities in the fight against environmental crimes was pointed out. As measures aimed at improving the effectiveness of the detection and disclosure of environmental crimes, it is proposed to revise the criminal law policy in this area, taking into account the adopted course of the "green economy" of the country, in order to unify legislation and to expand the jurisdiction of the crimes here under investigation.

Aim. To analyse the state of environmental offenses and crimes (using the example of the Ryazan region) and to identify the principal directions for improving the effectiveness of detecting and exposing these categories of crimes.

Material and Methods The study was conducted using theoretical system analysis, economic and statistical method, comparative descriptive analysis and general scientific methods of empirical research.

Results. The authors conducted a forensic analysis of the main components of environmental crimes, assessed the damage caused and proposed ways to improve the effectiveness of identifying and exposing these categories of crimes.

Conclusion. Environmental offenses and crimes should be considered as threats to environmental and even national security and a factor constraining the formation of an environmentally friendly "green" economy, the negative consequence of which may be a decrease in the quality of life of contemporary and future generations.

Key Words

Environmental offenses, environmental crimes, damage, risks, environmental safety.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время правонарушения, а тем более преступления в области экологии, представляют значительную угрозу экологической безопасности государства. Специфика этих преступлений заключается в том, что прямой ущерб от их проявления сказывается на жизни не только поколений настоящего, но и на возможности для развития человека в будущем. Помимо прямого ущерба при совершении экологических преступлений, общество сталкивается с проблемами альтернативного характера (сокращения биоразнообразия, снижения качества жизни, роста опасных хронических заболеваний и т.д.). В связи с этим данную категорию правонарушений и преступлений можно считать общественно опасной, тяжкой и латентной, что требует поиска мер, направленных на повышения эффективности выявления и раскрытия данных категорий преступлений.

Экологические преступления представляют собой предусмотренные статьями (246–262) гл. 26 УК общественно опасные деяния (действия или бездействие), осуществляемые умышленно или по неосторожности, посягающие на установленные в России природоохранные отношения, экологическую безопасность общества и причиняющие либо способные причинить вред природной среде, человеку, другим правоохраняемым интересам.

Экологические правонарушения возникают в результате возникновения нарушений использования природных ресурсов, а также правил обеспечения экологической безопасности. Для выявления экологических преступлений характерно наличие ряда проблем: часто расследуются правонарушения именно с тяжким вредом, влекущим за собой значительный ущерб.

В отличие от других противоправных деяний, экологические правонарушения не имеют как такового потерпевшего. Объектом является окружающая среда, посягательство на природную среду влечет за собой, например, загрязнение атмосферного воздуха, что негативно сказывается на человечество в целом.

Для расследования преступлений в сфере экологии наблюдается дефицит специализированной техники и оборудования, что затрудняет проводить необходимые мероприятия для возбуждения уголовного дела. Недостаток знаний и умений у сотрудника также замедляет оперативно-розыскные мероприятия [1].

Во многих случаях необходима экспертиза, но для получения результатов необходимо время, поэтому процесс расследования может существенно затянуться, а улики за этот промежуток могут быть устранены или полностью утрачены.

Предметом преступных деяний являются различные объекты экологической системы. Поэтому к предмету принято относить следующие объекты: земля (почва), ее недра, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы, лесные массивы и биологические активы, флора и фауна, микроорганизмы, генетический фонд, природные ландшафты, прочие объекты природопользования.

Объективная сторона экологических преступлений определяется нарушением установленных норм и нормативов природопользования и охраны окружающей среды.

С субъективной стороны экологические преступления характеризуются в большинстве случаев неосторожностью, вместе с тем некоторые посягательства совершаются умышленно. Например, загрязнение вод (ст. 250 УК), атмосферы (ст. 251 УК) и морской среды (ст. 252 УК) предполагает только неосторожную форму вины. Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов (ст. 256 УК), незаконная охота (ст. 258 УК), незаконная рубка лесных насаждений (ст. 260 УК) и др. могут совершаться, наоборот, только умышленно. Мотивы и цели умышленных экологических преступлений для квалификации значения не имеют, но подлежат учету при назначении наказания.

Субъект экологических преступлений является общим, то есть субъектом в данном случае выступает физическое вменяемое лицо, достигшее возраста уголовной ответственности (16 лет). К тому же по некоторым статьям предусмотрена ответственность специального субъекта (ч.3 ст. 256 УК РФ, например незаконная самовольная добыча янтаря).

По конструкции составы большинство рассматриваемых преступлений относятся к материальным: нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ (ст. 246 УК), нарушение ветеринарных правил и правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями растений (ст. 249 УК), загрязнение вод (ст. 250 УК), загрязнение атмосферы (ст. 251 УК) и др. Составы загрязнения морской среды (ст. 252 УК), нарушения законодательства Российской Федерации о континентальном шельфе и об исключительной экономической зоне Российской Федерации (ст. 253 УК) сконструированы как формальные [2].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основе криминологического анализа состояния выявляемости и раскрытия экологических преступлений лежат теория систем и системного анализа, метод экономико-статистического и сравнительно-описательного анализа. Оценка уровня криминогенной ситуации в части экологической преступности в субъектах федерации осуществлялась на основе бально-рейтингового подхода. Статистические оценки экологических правонарушений приводились с учетом применения экономико-статистического метода анализа.

Оценка основных проблем в выявлении и расследовании экологических преступлений проводилась на основе применения описательного метода, поиск основных направлений повышения эффективности выявления и раскрытия экологических преступлений осуществлялся с помощью общенаучных методов познания.

Виды и классификация экономических правонарушений

Все экологические правонарушения условно подразделяются на два типа: экологические проступки и экологические преступления.

Экологические проступки следует делить на административные правонарушения, гражданские правонарушения, дисциплинарные правонарушения, влекущие соответственную ответственность, в свою очередь, экологические преступления проявляются в

форме уголовных правонарушений и влекут за собой уголовную ответственность.

Экологический проступок – это виновное, противозаконное деяние, направленное против применяемого порядка использования, управления и охраны окружающей экологической среды, природного благополучия человека, причиняющее или могущее причинить вред экологическим интересам человека или социума, за которое установлена административная, гражданская и дисциплинарная ответственность.

Дисциплинарная ответственность за экологические правонарушения предусмотрена в ст. 75 Федерального закона «Об охране окружающей среды». Дисциплинарная ответственность применяется за нарушение экологического законодательства к работникам, в трудовые функции которых входит непосредственное соблюдение экологических норм [3]. Спецификой такого правонарушения является субъект, который несет ответственность за нарушения экологического законодательства в период рабочего времени. Как правило, субъективная сторона выражена в неосторожности. Объективная стороны выражена в невыполнении принятых установок, планов, мероприятий, превышении норм, установленных законодательством в сфере экологии.

Административная ответственность правонарушения такого характера находит свое отражение в КоАП – глава 7 (в области охраны собственности), глава 8 (в области охраны окружающей природной среды и природопользования), глава 10 (в сельском хозяйстве, ветеринарии и мелиорации земель).

По своим объективным признакам административное правонарушение внешне схоже с преступлением. Поэтому Кодекс об административных правонарушениях одним из предварительных условий возложения административной ответственности предусматривает отсутствие в совершенном нарушении признаков состава преступления.

Гражданско-правовая ответственность за экологические правонарушения – это ответственность граждан и юридических лиц за причиненный вред окружающей природной среде, здоровью и имуществу граждан и иных субъектов загрязнением окружающей среды, выразившейся в существенном ущербе экологической системе. Особенностью гражданско-правовой ответственности является компенсация за нанесенный экологический вред [4].

Количество зарегистрированных экологических правонарушений за период с 2015 по 2021 год представлено на рисунке 1.

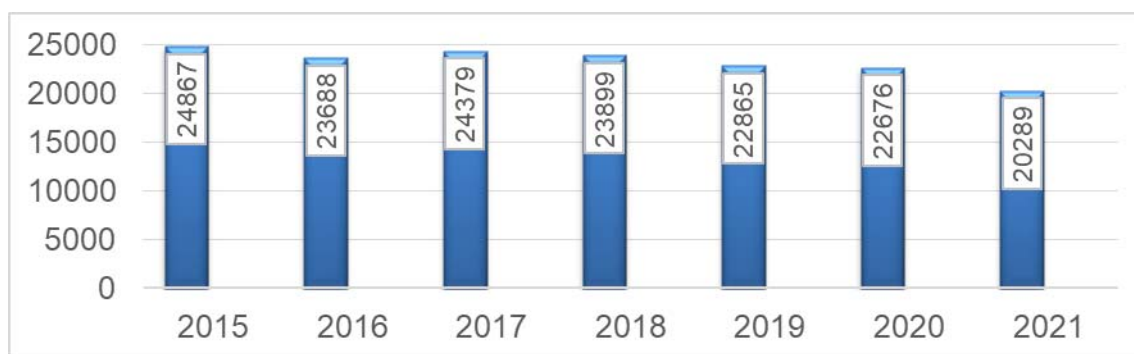


Рисунок 1. Статистика экологических правонарушений в РФ
Figure 1. Statistics of environmental offenses in the Russian Federation

Согласно представленным данным на рисунке 1 число экологических правонарушений снизилось с 24867 ед. до 20289 ед. или 18,4%, наибольшее сокращение отмечается в 2020–2021 году общее число выявляемых правонарушений снизилось с 22676 ед. до 20289 ед. или 10,5%. С 2015 года отмечается в основном отрицательная динамика количества выявляемых правонарушений, незначительный рост наблюдался лишь в 2017 году по отношению к прошлому году, это связано прежде всего с организационно-управленческими аспектами деятельности контролирующих органов и существенным интересом общественности к стратегии экологической безопасности. Общее сокращение выявляемых правонарушений объясняется следующими основными причинами:

- наложение моратория на проверки соблюдения природоохранного законодательства контролируемыми органами в отношении субъектов предпринимательской деятельности из-за пандемии коронавируса COVID-19.

- желание государства снизить нагрузку на бизнес и поддержать его в условиях экономической турбулентности.

- сложностью фиксации экологических правонарушений из-за нехватки средств мониторинга и контроля в сфере экологии.

- снижением качества работы контролирующих органов в части противодействия экологическим правонарушениям.

Стоит отметить что в УК РФ помимо экологических преступлений, перечисленных в главе 26, имеется одно общественно опасное деяние, закрепленное в ст.358 – экоцид, под которым следует понимать массовое уничтожение растительного или животного мира, отравление атмосферы или водных ресурсов, совершение иных действий, способных вызвать экологическую катастрофу, необратимые вредные последствия для человека и окружающей его природной среды [5].

Необходимо указать, что в уголовно-правовой науке экологические преступления принято подразделять на две группы. Первая – экологические преступления общего характера. Они посягают на окружающую природу в целом, вторая группа – специальные экологические преступления. Они причиняют вред отдельным компонентам или составным частям природной среды.

Сегодня удельный вес дел об экологических преступлениях в общей структуре уголовных дел, поступающих в суды, незначителен и составляет не более 1%. В прошлом году за эти преступления осуждено более 5 тысяч лиц. При этом наблюдается тенденция на снижение их числа, например, по сравнению с 2019 годом – это более 14%, а за последние пять лет – 41%. При этом большинство правонарушений переводится в монетарную плоскость, то есть направленную на возмещение прежде всего материального ущерба, без лишения свободы.

Половина от всех осуждённых за совершение экологических преступлений было осуждено за незаконную рубку лесных насаждений (статья 260 УК РФ), ещё около 40% – за незаконную добычу (вылов) водных биологических ресурсов (статья 256 УК РФ). «Оставшиеся 10% приходятся на 16 статей, по некоторым из которых не осуждаются вообще в течение последних пяти лет либо осуждаются единицы, например, за загрязнение окружающей среды, загрязнение вод, порчу земли. Официальная оценка текущего состояния экологической безопасности России, содержащаяся в Стратегии экологической безопасности на период до 2025 года, говорит нам об обратном» [6].

В Стратегии, в частности, указано, что только 11% сточных вод, сбрасываемых в водные объекты, являются очищенными до установленных нормативов допустимых сбросов. Это приводит к тому, что от 30 до 40% населения страны регулярно пользуются водой, не соответствующей гигиеническим нормативам. Кроме того, в Стратегии отмечается тенденция ухудшения состояния земель и почв во всех наших регионах. Так, общая площадь загрязненных земель, находящихся в обороте, составляет около 75 миллионов гектаров [7].

Таким образом, на лицо проблема поиска соотношения между планируемыми индикаторами достижения в экологической безопасности общества и видами ответственности за совершения экологических преступлений. На наш взгляд без ужесточения уголовной политики в сфере экологии невозможно будет добиться результата перехода к курсу «зеленой экономики».

В системе уголовного права, такая проблема реализуется в концепции «криминологический воронки», когда осуществляемые противоправные деяния имеют существенное разрушительное воздействия на объект, а при этом объем и количество привлеченных к ответственности виновных лиц незначителен. «Криминологическая воронка» по сути является парадоксом уголовной политики и может стать негативным фактором, угрозой, сдерживающей развитие общества.

Оценка состояния экологической преступности

За последние два года материальный ущерб, нанесенный экологическими правонарушениями, составил 43 294 753 000 рублей, в том числе: в 2020 году 19 431 558 000 рублей, а в 2021 г. – 23 863 195 000 рублей. Объем ущерба в сфере экологии сопоставим с бюджетом нескольких субъектов нашей страны, что делает эти правонарушения фактором сдерживания устойчивого экономического развития [8].

Особое значение для борьбы с экологическими преступлениями имеет деятельность органов

государственной власти, осуществляющих контроль в данной сфере.

Одну из определяющих ролей в профилактике и борьбе с преступлениями экологической направленности играют органы внутренних дел. Нами проведен анализ результатов деятельности подразделений Управления экономической безопасности и противодействия коррупции (УЭБиПК) на приоритетных направлениях в 2020–2022 гг. (табл. 2–4).

Правоохранительные органы, по сути, выступают механизмом обеспечения экологической безопасности и системой барьеров в реализации угроз в экологической сфере.

Согласно представленным данным в таблице 2, наибольшее количество уголовных дел, доведенных до суда, отмечается в Камчатском крае, в лидерах г. Севастополь и Астраханская область. Всего по данной статье выявлялись преступления в 12 субъектах РФ.

Среди подследственности МВД выделяют статью 259 УК РФ – уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в красную книгу РФ.

Анализ представленных данных в таблице 3, наибольшее количество уголовных дел, доведенных до суда, выявлено в Астраханской области 20 ед., в лидерах Камчатский край и Архангельская область [9].

Важнейшей статьёй в статистическом учете МВД следует признать статью УК РФ 260. Незаконная рубка лесных насаждений. Некоторые данные представлены в табл. 4.

Анализ реализации служебной деятельности показал, что наибольшее число преступлений по данной статье уголовного кодекса органами внутренних дел выявляется р. Бурятия, Кировской обл., и Карачаево-Черкесская Республике. С позиции статистики данная статья является наиболее рабочей в сфере обеспечения экологической безопасности и выявляется в большинстве субъектов РФ.

Далее проведен анализ выявляемых преступлений в сфере экологии подразделениями УЭБиПК Рязанской области и контролирующими органами.

Согласно представленным данным на рисунке 2 наибольший удельный вес среди преступлений в сфере экологии занимала ст. 260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений» более 43% (28 эпизодов), при этом противоправные деяния были совершены на территориях Шиловского, Ермишинского, Сасовского и Касимовского лесничества.

Значительный удельный вес в структуре экологических преступлений региона в 2019 году занимала ст. 256 УК РФ «Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов» 21% (14 эпизодов).

Статистически в 2019 году были представлены следующие виды экологических преступлений в области:

Статья 251 УК РФ. Загрязнение атмосферы 2% уголовных дел. В ходе эпизода неизвестное лицо совершило выброс загрязняющего вещества в атмосферный воздух.

Статья 250 УК РФ. Загрязнение вод 1% уголовных дел. Неизвестные лица совершили незаконные действия, связанные с искусственным осушением водного объекта в с. Кирицы, что привело к гибели растительного и животного мира.

Статья 261 УК РФ. Уничтожение или повреждение лесных насаждений 14% (10 эпизодов поджогов лесных массивов).

Наибольший ущерб был зафиксирован по ст. 260 части 3 УК РФ. Индивидуальный предприниматель в ходе производственно-хозяйственной деятельности по заготовке древесины совершил незаконную рубку лесных насаждений общим объемом 44,14 куб. м в Токаревском лесничестве ГКУ РО Касимовское

лесничество, сумма нанесенного ущерба составила 461925 руб.

По ст. 256 УК РФ наибольший ущерб был зарегистрирован на озере белое с использованием лодки ПВХ, сетей, злоумышленник осуществил вылов водных биологических ресурсов на сумму 20 825 руб.

Таким образом, в 2019 году в Рязанской области сложилась практика выявления экологических преступлений квалифицируемых по ст. 260 УК РФ, 256 УК РФ, 261 УК РФ.

Таблица 1. Подследственность экологических преступлений в РФ

Table 1. Jurisdiction of environmental crimes in the Russian Federation

Органы, осуществляющие предварительное следствие Bodies carrying out preliminary investigation		
Следственный комитет Российской Федерации Investigative Committee of the Russian Federation	Федеральная служба безопасности Federal Security Service	Органы внутренних дел Российской Федерации Internal affairs bodies of the Russian Federation
Статья 246. Нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ Article 246. Violation of the rules of environmental protection during the production of works Статья 247. Нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов Article 247. Violation of the rules for handling environmentally hazardous substances and waste Статья 248. Нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими либо другими биологическими агентами или токсинами Article 248. Violation of safety rules when handling microbiological or other biological agents or toxins Статья 249. Нарушение ветеринарных правил и правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями растений Article 249. Violation of veterinary rules and regulations established for the control of plant diseases and pests Часть 1 и 2 Статьи 250. Загрязнение вод Parts 1 and 2 of Article 250. Water pollution Статья 251. Загрязнение атмосферы. частями 2 и 3 Article 251. Atmospheric pollution. Parts 2 and 3 Статья 252. Загрязнение морской среды. частями 2 и 3 Article 252. Pollution of the marine environment. Parts 2 and 3 254 частями 2 и 3 254 Parts 2 and 3 255 частью 1 255 Part 1 258.1 частями 2, 2.1, 3 и 3.1 258.1 Parts 2, 2.1, 3 and 3.1	Статья 253. Нарушение законодательства Российской Федерации о континентальном шельфе и об исключительной экономической зоне Российской Федерации Article 253. Violation of the legislation of the Russian Federation on the continental shelf and on the exclusive economic zone of the Russian Federation Статья 256. Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов Article 256. Illegal extraction (catch) of aquatic biological resources Частями 1 и 1.1 статьи 258.1. in Parts 1. and 1.1 of Article 258.1	Статья 259. Уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации Article 259. Destruction of critical habitats for organisms listed in the Red Book of the Russian Federation Часть 2 и 3 Статьи 260. Незаконная рубка лесных насаждений Parts 2 and 3 of Article 260. Illegal logging of forest plantations Часть 3 и 4 Статьи 261. Уничтожение или повреждение лесных насаждений Parts 3 and 4 of Article 261. Destruction or damage of forest stands

В 2020 году структура экологических преступлений незначительно изменилась, как и в прошлом году подавляющую долю занимают преступления, квалифицируемые по ст. 260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений» более 53%, при этом значительно сократилась доля ст. 261 УК РФ. Уничтожение или повреждение лесных насаждений с 14% до 4%, отмечается также сокращение доли ст. 258 УК РФ Статья 258. Незаконная охота с 19% до 14%.

В 2020 году в Рязанской области было зафиксировано преступное деяние, квалифицируемое по статье 247. Нарушение правил обращения экологически опасных веществ и отходов 4% (2 эпизода). Например, в результате проверки

оперативной информации в 1.5 км от р.п. Ермишь в районе свалки, были обнаружены медицинские отходы класса «б», создающие угрозу причинения вреда здоровью человека и окружающей среде, относящиеся к бактериологическим и химическим отходам. Также неизвестное лицо допустило загрязнение водного объекта с гибелью флоры и фауны.

В 2020 году в период с сентября по октябрь 2019 года ООО «Ветсанутильзавод» осуществил сброс сточных вод в реку рака, общий ущерб составил более 357000 рублей.

Таким образом, в 2020 году в Рязанской области структура экологических преступлений оставалась стабильной по сравнению с прошлыми годами.

Таблица 2. Анализ результатов оперативно-служебной деятельности по статье 258.1 УК РФ – незаконный оборот биологических водных ресурсов**Table 2.** Analysis of the results of operational and official activities under Article 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation – illegal trafficking of biological water resources

Результаты подразделений ЭБиПК по выявлению (раскрытию) преступлений, предусмотренных статьей 258.1 УК РФ, за 2021 год (9 месяцев) Results of EBiPK units for the identification (disclosure) of crimes under Article 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation for 2021 (9 months)	Штат/ State	Статья 258.1 УК РФ – незаконный оборот биологических водных ресурсов Article 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation – illegal trafficking of biological water resources		
		Всего Total	Ранг с учетом штата Rank based on state	
			ЦФО Central Federal District	Россия Russia
Камчатский край / Kamchatka Territory	80	6	-	1
г. Севастополь / Sevastopol	41	2	-	2
Астраханская обл. / Astrakhan Region	167	7	-	3
Приморский край / Primorsky Krai	222	3	-	4
Сахалинская обл. / Sakhalin Region	114	2	-	5
Хабаровский край / Khabarovsk Territory	204	2	-	6
Московская обл. / Moscow Region	737	1	1	7
г. Москва / Moscow	1095	2	2	8
Волгоградская обл. / Volgograd Region	323	2	-	9
Ростовская обл. / Rostov Region	475	2	-	10

Таблица 3. Анализ результатов оперативно-служебной деятельности по статье 259 УК РФ – уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в красную книгу РФ**Table 3.** Analysis of the results of operational and service activities under Article 259 of the Criminal Code of the Russian Federation – destruction of critical habitats for organisms listed in the Red Book of the Russian Federation

Результаты подразделений ЭБиПК по выявлению (раскрытию) преступлений, предусмотренных статьей 259 УК РФ, за 2020 год Results of EBiPK units for the identification (disclosure) of crimes under Article 259 of the Criminal Code of the Russian Federation for 2020	Штат/ State	Статья 259 УК РФ – уничтожение критических местообитаний для организмов, занесенных в Красную книгу РФ Article 259 of the Criminal Code of the Russian Federation – destruction of critical habitats for organisms listed in the Red Book of the Russian Federation		
		Всего Total	Ранг с учетом штата Rank based on state	
			ЦФО Central Federal District	Россия Russia
г. Москва / Moscow	1374	5	2	10
Московская обл. / Moscow Region	726	5	1	8
Р. Дагестан / Republic of Dagestan	242	4	-	6
Приморский край / Primorsky Territory	261	3	-	7
Сахалинская обл. / Sakhalin Region	114	2	-	5
Еврейская авт. обл. / Jewish Autonomous Region	28	1	-	4
Волгоградская обл. / Volgograd Region	135	2	-	9
Астраханская обл. / Astrakhan Region	190	20	-	1
Архангельская область / Arkhangelsk Region	166	10	-	2
Камчатский край / Kamchatka Territory	81	4	-	3

В 2021 году также значительную долю экологических преступлений составляют преступления, квалифицируемые по ст. 260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений» 54%, ст. 256 УК РФ «Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов» 24%, ст. 261 УК РФ. Уничтожение или повреждение лесных насаждений 6%. Остальные статьи возбуждались в единичных случаях, в частности отмечались эпизоды:

- неизвестные совершили захоронение опасных отходов;
- неизвестное лицо нарушило правило выброса в атмосферу сероводорода;
- по адресу: ул. Прижелезнодорожная, д. 48, произведено загрязнение ручья.

Наибольший ущерб в 2020 году был нанесен по факту в части ст. 260 УК РФ часть 3, так в период с 18.05. по 09.06.2020 неизвестное лицо совершило незаконную

рубку лесных насаждений в ГКУ РО «Спасское лесничество» на общую сумму 9796541 рублей.

Таким образом, в 2021 году в Рязанской области структура экологических преступлений оставалась стабильной по сравнению с прошлыми периодами.

За 6 месяцев в 2022 году в структуре преступлений в сфере экологии в Рязанской области произошли следующие изменения:

ст. 260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений» доля увеличилась с 53% до 63%.

ст. 256 УК РФ «Незаконная добыча (вылов) водных биологических ресурсов» доля данного состава не изменилась.

статья 258. УК РФ «Незаконная охота» доля данного состава сократилась с 14 до 8%.

ст. 261 УК РФ. «Уничтожение или повреждение лесных насаждений» доля данного состава сократилась с 6 до 5%.

Как и в прошлые годы наибольший ущерб в сфере экологической преступности Рязанской области был причинен по ст. 260 УК РФ «Незаконная рубка лесных насаждений».

С 01.02.2022 по 07.03.2022 преступники совершили незаконную рубку в Шиловском районе на сумму 3 324 956 руб.

Таким образом, в первом полугодии 2022 года в Рязанской области в целом сохраняется структура экологических преступлений стабильной по сравнению с прошлыми годами, вместе с тем происходит сокращение как количество эпизодов, так и видов выявляемых экологических преступлений.

Таблица 4. Анализ результатов оперативно-служебной деятельности по статье 260 УК РФ – незаконная рубка лесных насаждений

Table 4. Analysis of the results of operational and official activities under Article 260 of the Criminal Code of the Russian Federation – illegal logging of forest plantations

Результаты подразделений ЭБиПК по выявлению (раскрытию) преступлений, предусмотренных статьей 260 УК РФ, за 2020 год Results of the EBiPK units for the identification (disclosure) of crimes under Article 260 of the Criminal Code of the Russian Federation for 2020	Штат / State	Статья 260. Незаконная рубка лесных насаждений Article 260. Illegal logging of forest plantations		
		Всего Total	Ранг с учетом штата Rank based on state	
			ЦФО Central Federal District	Россия Russia
Р. Бурятия / Republic Buryatia	139	5		1
Кировская область / Kirov Region	133	5		2
Карачаево-Черкесская Респ. / Karachay-Cherkessaya Republic	84	4		3
Р. Карелия / Republic of Karelia	98	3		4
Р. Коми / Komi Republic	142	2		5
Томская. обл. / Tomsk Region	114	1		6
Вологодская обл. / Vologda Region	135	2		7
Иркутская обл. / Irkutsk Region	311	20		8
Костромская обл. / Kostroma Region	80	10		9
Красноярский край / Krasnoyarsk Territory	397	4		10

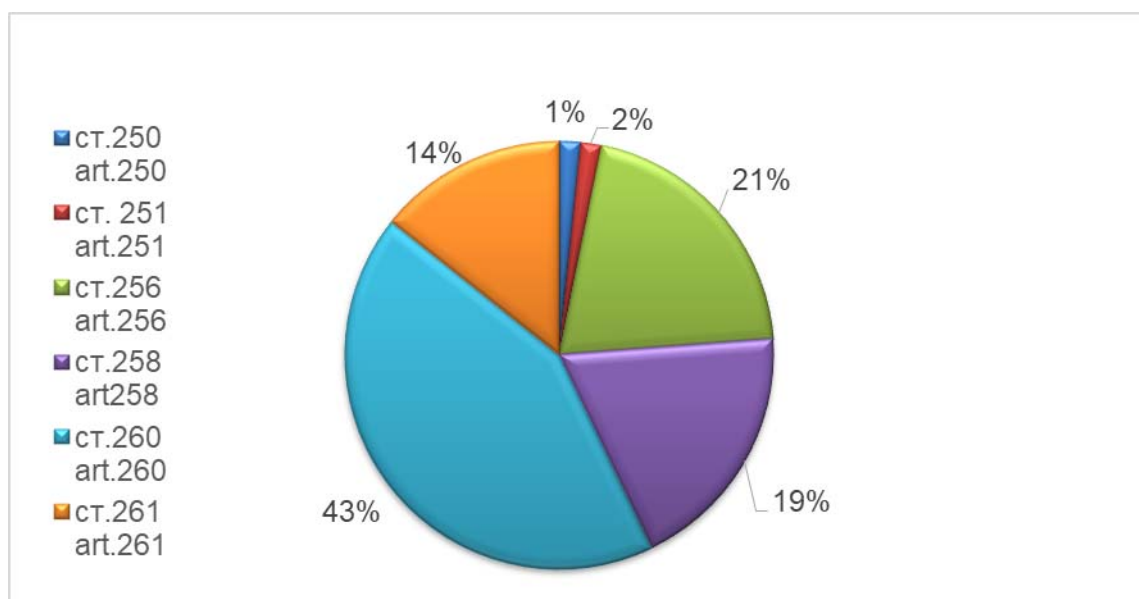


Рисунок 2. Статистика экологических преступлений в Рязанской области за 2019 год

Figure 2. Statistics of environmental crimes in the Ryazan region for 2019

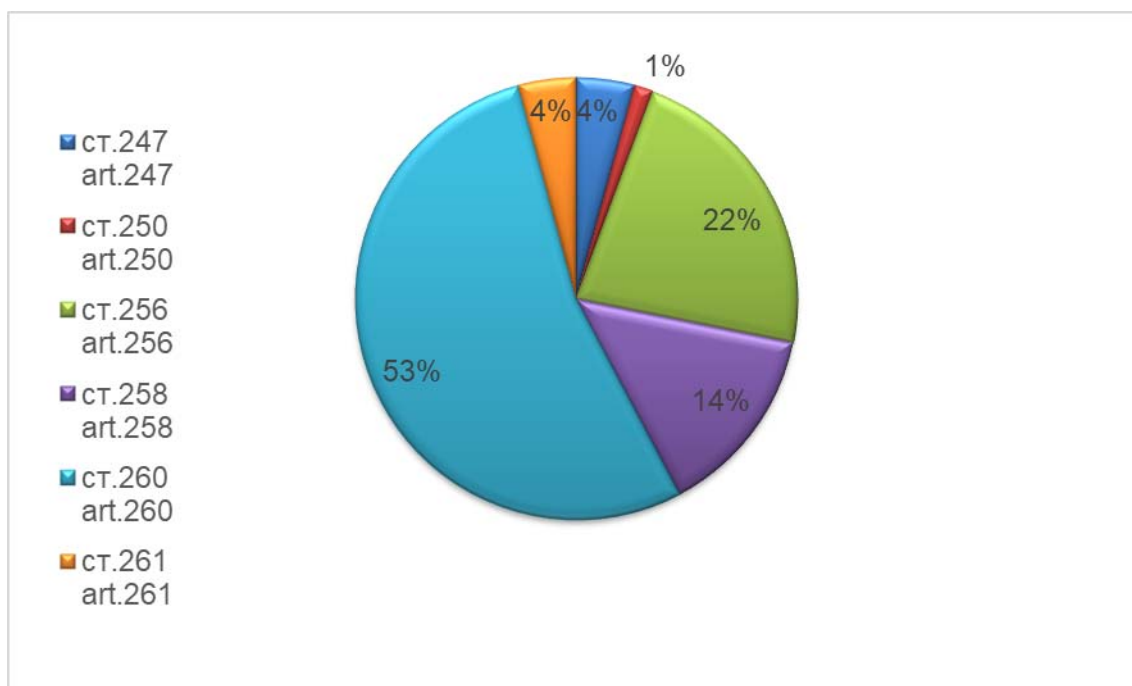


Рисунок 3. Статистика экологических преступлений в Рязанской области за 2020 год
Figure 3. Statistics of environmental crimes in the Ryazan region for 2020

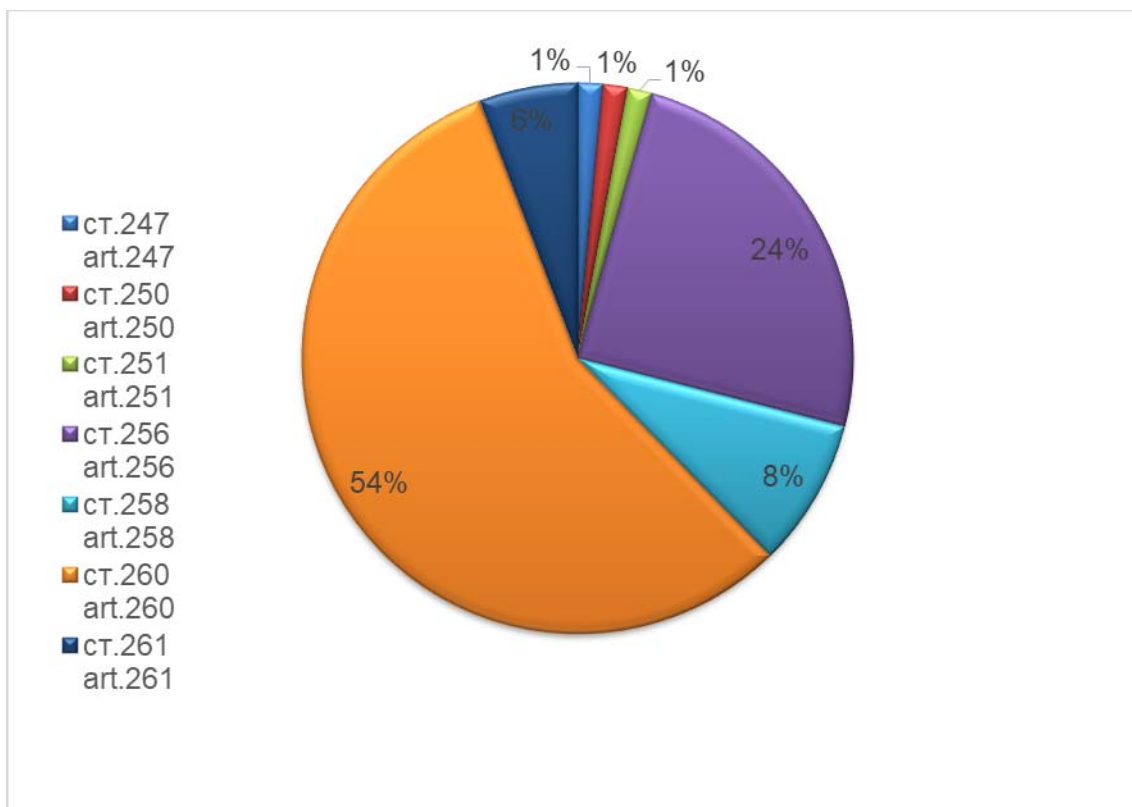


Рисунок 4. Статистика экологических преступлений в Рязанской области за 2021 год
Figure 4. Statistics of environmental crimes in the Ryazan region for 2021

Меры направленные на повышение эффективности выявления и раскрытия экологических преступлений

В целях профилактики, а также более эффективного выявления и раскрытия данных категорий преступлений нами рекомендуется принятие следующих мер:

1. Необходимо сформировать единую систему нормативно-правового регулирования, обеспечивающую возможность эффективно противодействовать и

реализовывать принцип неотвратимости наказания на всех этапах совершения преступления в сфере экологии для всех участников организованной преступной группы [10].

2. Провести унификацию норм уголовной ответственности за совершение экологических преступлений, прежде всего в части размера санкций за их совершение. Необходимо осуществить подготовку

действенных методик оценки ущерба по составам экологических преступлений и принятия их на законодательном уровне. Необходимо, чтобы санкции за совершение экологических преступлений и их размер были сопоставимы, все это обуславливает необходимость расширения международного и научного сотрудничества в этой сфере.

3. Следует осуществить развитие и формирование института экологической культуры в обществе. Повысить уровень экологического правосознания граждан, что позволит сузить круг лиц, которые могут быть вовлечены в деятельность преступных группировок. Для этого необходимо включить в образовательные программы учебных учреждений дисциплину экологическую безопасность [11].

4. Осуществить выработку единой государственной политики в сфере борьбы с организованной экологической преступностью, а также проведения криминологической экспертизы, принимаемых в сфере охраны окружающей среды нормативных правовых актов, призванной выявлять возможность использования пробелов в законодательстве в целях легализации схем преступного поведения [12].

5. Осуществлять дальнейший поиск путей ликвидации экономической основы деятельности экологической преступности, снижение ее рентабельности может стать залогом успеха в борьбе с ней.

6. Осуществить выделение в структуре Указа Генпрокуратуры России № 35/11, МВД России № 1 от 24.01.2020 (ред. от 13.07.2020) «О введении в действие перечней статей Уголовного кодекса Российской Федерации, используемых при формировании статистической отчетности (приложение №2) отдельного раздела посвященного экологическим преступлениям (по отраслевому признаку)» [13].

7. Создать постоянно действующие специализированные следственно-оперативные группы в части выявления и раскрытия преступлений экологической направленности (на районном, региональном и межрегиональном уровнях).

8. Расширить перечень статей УК РФ, относимых к подследственности органов внутренних дел и иных контролирующих органов.

9. Включить в концепцию реализации зеленого курса экономики, раздел, посвященный профилактике и противодействия экологической преступности и экологическим правонарушениям.

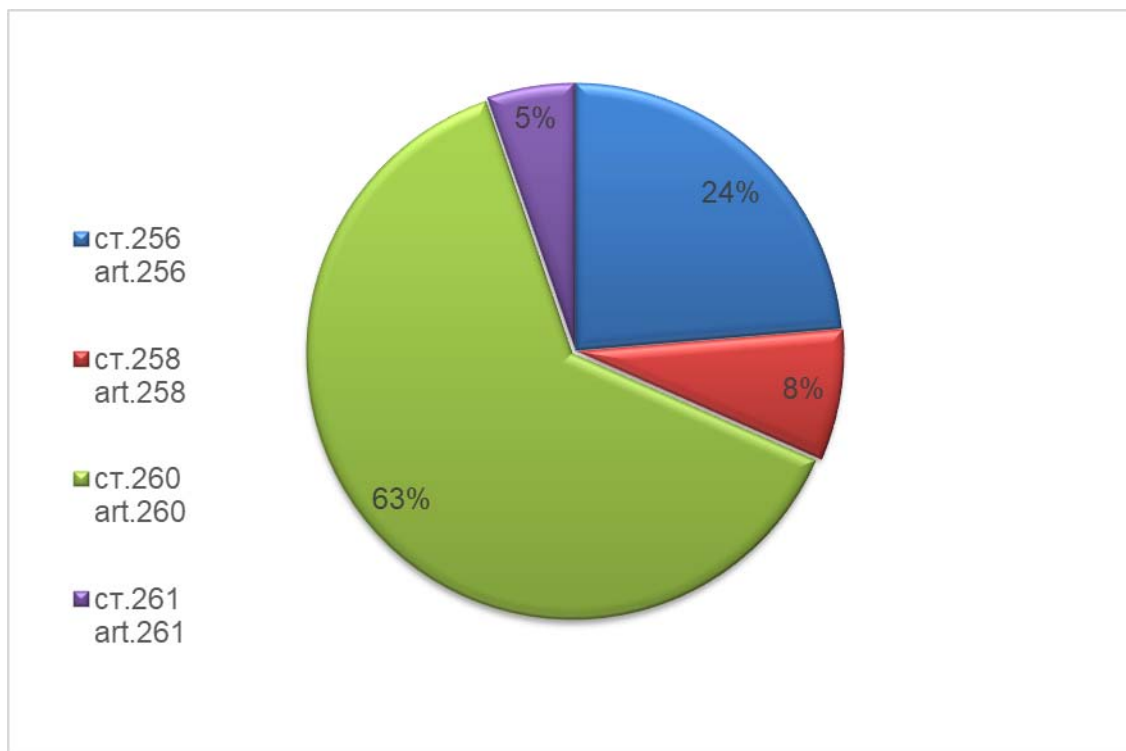


Рисунок 5. Статистика экологических преступлений в Рязанской области за 6 месяцев 2022 года

Figure 5. Statistics of environmental crimes in the Ryazan region for 6 months of 2022

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сегодня при выявлении и расследовании экологических преступлений выделяется ряд проблем:

- во-первых, в основном расследуются только правонарушения именно с тяжким вредом, влекущим за собой значительный ущерб;
- во-вторых, экологические правонарушения не имеют так такого потерпевшего;
- в-третьих, для расследования преступлений в сфере экологии наблюдается дефицит специализированной техники и оборудования, что приводит к проблемам прежде всего в их расследовании;

– в-четвертых, необходимо проведение дорогостоящих экспертиз в кратчайшие сроки.

В настоящий момент времени удельный вес уголовных дел об экологических преступлениях в общей структуре уголовных дел, поступающих в суды, мизерна и составляет менее 1%, что может свидетельствовать о недостаточности внимания проблемам выявления и раскрытия экологических преступлений.

Согласно проведенному статистическому анализу, количество зарегистрированных экологических правонарушений снизилось с 24867 ед. до 20289 ед. или более чем на 18,4%. С 2015 года отмечается в основном

отрицательная динамика количества выявляемых правонарушений, незначительный рост наблюдался лишь в 2017 году по отношению к прошлому году, это связано прежде всего с организационно-управленческими аспектами деятельности контролирующих органов и существенным интересом общественности к стратегии экологической безопасности до 2025 года. Общее сокращение выявляемых правонарушений объясняется следующими основными причинами:

- наложением моратория на проверки соблюдения природоохранного законодательства контролирующими органами в отношении субъектов предпринимательской деятельности из-за пандемии коронавируса COVID-19 [14].
- тенденцией, направленной на снижение нагрузки на бизнес.
- сложностью фиксации экологических правонарушений из-за нехватки средств мониторинга и контроля в сфере экологии.
- снижением качества работы контролирующих органов в части противодействия экологическим правонарушениям.

При анализе экологических преступлений в Рязанской области можно констатировать, что в Рязанской области сложилась практика выявления экологических преступлений квалифицируемых прежде всего по ст. 260 УК РФ, 250 УК РФ, 256 УК РФ, 261 УК РФ, в редких случаях выявляются противоправные деяния по ст. 258 УК РФ, ст. 247 УК РФ [15].

В качестве мер, направленных на повышение эффективности выявления и раскрытия экологических преступлений, предлагается использовать как меры общего характера (совершенствования нормативно-правового регулирования, совершенствование уголовно-правовой политики), так и специального характера (совершенствование статистического учета экологических преступлений, создание постоянных оперативно-следственных групп, расширения перечня статей УК РФ в сфере экологии относимых к подследственности органов внутренних дел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологические правонарушения и преступления являются деяниями, наносящими существенный вред развитию современных и будущих поколений людей, вместе с тем их доля в структуре общего количества уголовных дел ничтожна мала. В связи с этим необходим пересмотр уголовно-правовой политики в этой сфере с учетом принятого курса «зеленой экономики» страны. Основным направлением совершенствования уголовно-правовой политики в сфере экологии должно стать, по нашему мнению, унификация законодательства и расширение подследственности расследуемых преступлений, регулируемыми данную сферу Министерств и ведомств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев С.И. Классификация экологических преступлений: критический анализ уголовно-правовой литературы // Актуальные проблемы российского права. 2017. N 10(83). С. 140–151. DOI: 10.17803/1994-1471.2017.83.10.140-151
2. Князев А.Г., Князев А.Г., Чураков Д.Б., Чучаев А.И. Экологические преступления: с постатейными материалами к главе 26 Уголовного кодекса Российской Федерации. Москва: Проспект. 2009. 462 с.

3. Фофанов В.А., Фофанов М.В. Экологический учет затрат и его значение // Поволжский торгово-экономический журнал. 2013. N 4(32). С. 57–63.
4. Николаев А.В. Вопросы юридической ответственности за нарушения природоохранного законодательства // Академический журнал. 2010. N 7. С. 185–197.
5. Николаев А.В., Засорина Т.Д. Юридическая ответственность за нарушение экологического законодательства // Экономика и экологический менеджмент. 2011. N 1. С. 156–166.
6. Редникова Т.В. Организованная экологическая преступность в России и за рубежом: криминологическая характеристика и меры противодействия // Lex russica (Русский закон). 2018. N 9(142). С. 98–111. DOI: 10.17803/1729-5920.2018.142.9.098-111
7. Ныркова Н.А. Предмет экологических преступлений: новое слово (отклик на монографию С.И. Голубева "Предмет экологического преступления" (м.: ООО "юридическая фирма контракт", 2020. 176 С.)) // Вестник юридического факультета Южного федерального университета. 2020. Т. 7. N 3. С. 97–100. DOI: 10.23683/2313-6138-2020-7-3-16
8. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Ахмедова Х.Г., Гаджидадаев М.З., Гаджиева У.А. Теоретические аспекты эффективности применения оценки экономического ущерба в сфере экологического аудита: проблемы и пути решения // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N 4. С. 137–144. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-137-144
9. Рябченко О.Н., Шалимова А.С. Правовая компаративистика юридической ответственности за экологические правонарушения в законодательстве РФ и ФРГ // Аграрное и земельное право. 2017. N 3(147). С. 104–110.
10. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Гаджиев А.Н. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. N 3. С. 200–214. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214
11. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н. "Экологическая экономика" - важнейшая часть идеологии Global Commons в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. N 4. С. 17–24. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-17-24
12. Browne J.B., Lackner K.S., Villarreal D., Brennan S. Incentivizing a Carbon-Free Economy: A Method to Identify Free-Riders // Economic Policy. 2020. V. 15. N 2. P. 68–85. DOI: 10.18288/1994-5124-2020-2-68-85
13. Khlebushkin A., Krainova N., Radoshnova N., Agapov P. Policy in the field of countering the activities of terrorist and extremist organizations // Relacoes Internacionais no Mundo Atual. 2021. V. 3. N 32. P. 216–234. DOI: 10.21902/Revrima.v3i32.5648
14. Barbier E.B. Greening the Post-pandemic Recovery in the G20 // Environmental and Resource Economics. 2020. N 76. P. 685–703. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-020-00437-w> (дата обращения: 03.10.2022)
15. Сверчков В.В. Экологическая безопасность Российской Федерации: актуальные вопросы реализации уголовно-правовой политики // Государство и право. 2018. N 7. С. 81–90. DOI: 10.31857/S013207690000245-1

REFERENCES

1. Golubev S.I. Classification of Environmental Crimes: Critical Analysis of the Criminal Legal Literature. *Actual Problems of Russian Law*, 2017, no. 10, pp. 140–151. (In Russian) DOI: 10.17803/1994-1471.2017.83.10.140-151
2. Knyazev A.G., Knyazev A.G., Churakov D.B., Chuchaev A.I. *Ekologicheskie prestupleniya: s postateinymi materialami k glave 26 Ugolovnogo kodeksa Rossiiskoi Federatsii* [Ekologicheskie prestupleniya: s postateinymi materialami k glave 26 Ugolovnogo

- kodeksa Rossiiskoi Federatsii]. Moscow, Prospekt Publ., 2009, 462 p. (In Russian)
3. Fofanov V.A., Fofanov M.V. Environmental cost accounting and its importance. *Povolzhskii torgovo-ekonomicheskii zhurnal [Volga Trade and Economic Journal]*. 2013, no. 4(32), pp. 57–63. (In Russian)
 4. Nikolaev A.V. Issues of legal liability for violations of environmental legislation. *Akademicheskii zhurnal [Academic journal]*. 2010, no. 7, pp. 185–197. (In Russian)
 5. Nikolaev A.V., Zazorina T.D. Legal liability for violation of environmental legislation. *Ekonomika i ekologicheskii menedzhment [Economics and environmental management]*. 2011, no. 1, pp. 156–166. (In Russian)
 6. Rednikova T.V. Organized Environmental Crime in Russia and Abroad: Criminological Characteristics and Countermeasures. *Lex Russica*, 2018, vol. (9), pp. 98–111. (In Russian) DOI: 10.17803/1729-5920.2018.142.9.098-111
 7. Nyrkova N.A. The subject of environmental crimes: a new word (response to the monograph by S.I. Golubev «The subject of environmental crime» (Moscow: LLC «Legal firm contract», 2020. 176 p.)). *Bulletin of the Faculty of Law of the Southern Federal University*, 2020, vol. 7, no. 3, pp. 97–100. (In Russian) DOI: 10.23683/2313-6138-2020-7-3-16
 8. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Akhmedova K.G., Gadzhidadaev M.Z., Gadzhieva U.A. Theoretical aspects of the effectiveness of economic damage assessment in the field of environmental auditing: problems and solutions. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 137–144. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-137-144
 9. Ryabchenko O.N., Shalimova A.S. Legal comparison of legal liability for environmental offenses in the legislation of the Russian

- Federation and Germany. *Agrarnoe i zemel'noe pravo [Agrarian and land law]*. 2017, no. 3(147), pp. 104–110. (In Russian)
10. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Gadzhiev A.N. The role and significance of environmental safety in the system of ensuring the state's economic security. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 200–214. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214
 11. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N., Kornilovich R.A., Akhmedova K.G. «Ecological Economy»: The Most Important Aspect of the Ideology of the Global Commons in Supporting Sustainable Socio-Economic Development. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 4, pp. 17–24. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-17-24
 12. Browne J.B., Lackner K.S., Villarreal D., Brennan S. Incentivizing a Carbon-Free Economy: A Method to Identify Free-Riders. *Economic Policy*, 2020, vol. 15, no. 2, pp. 68–85. DOI: 10.18288/1994-5124-2020-2-68-85
 13. Khlebushkin A., Krainova N., Radoshnova N., Agapov P. iPolicy in the field of countering the activities of terrorist and extremist organizations. *Relacoes Internacionais no Mundo Atual*, 2021, vol. 3, no. 32, pp. 216–234. DOI: 10.21902/Revrima.v3i32.5648
 14. Barbier E.B. Greening the Post-pandemic Recovery in the G20. *Environmental and Resource Economics*, 2020, no. 76, pp. 685–703. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-020-00437-w> (accessed 03.10. 2022)
 15. Sverchkov V.V. Environmental safety of the Russian Federation: current issues in the implementation of criminal law policy. *State and law*, 2018, no. 7, pp. 81–90. (In Russian) DOI: 10.31857/S013207690000245-1

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Назирхан Г. Гаджиев проанализировал основные проблемы при выявлении и расследовании экологических преступлений, раскрыл причинно-следственные связи отрицательной динамики данной категории преступлений в РФ. Сергей А. Коноваленко провел анализ экологических преступлений в Рязанской области, дал оценку деятельности органов внутренних дел в части эффективности борьбы с экологическими преступлениями и правонарушениями. Хамида Г. Ахмедова выполнила сбор, сводку и группировку данных по экологическим преступлениям, обработала статистический материал, вычислила обобщающие показатели. Умугани А. Гаджиева провела оценку регионального аспекта экологических преступлений. Михаил Н. Трофимов предложил меры направленные на повышение эффективности выявления и раскрытия экологических преступлений. Руслан А. Корнилович провел сравнительный анализ зеленого курса в России и за рубежом. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nazirkhan G. Gadzhiev analysed the principal problems in the detection and investigation of environmental crimes, revealed the cause-and-effect relationships of the negative dynamics of this category of crimes in the Russian Federation. Sergey A. Konovalenko conducted an analysis of environmental crimes in the Ryazan region and assessed the activities of the internal affairs bodies in terms of the effectiveness of combating environmental crimes and offenses. Khamida G. Akhmedova performed the collection, summary and grouping of data on environmental crimes, processed statistical material and calculated generalising indicators. Umugani A. Gadzhieva undertook an assessment of the regional aspect of environmental crimes. Mikhail N. Trofimov proposed measures aimed at improving the efficiency of detection and exposure of environmental crimes. Ruslan A. Kornilovich conducted a comparative analysis of the green exchange rate in Russia and abroad. All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Назирхан Г. Гаджиев / Nazirkhan G. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-6321-35433>
 Сергей А. Коноваленко / Sergey A. Konovalenko <https://orcid.org/0000-0001-9696-942X>
 Хамида Г. Ахмедова / Khamida G. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0003-2442-9955>
 Умугани А. Гаджиева / Umugani A. Gadzhieva <https://orcid.org/0000-0002-6617-9539>
 Михаил Н. Трофимов / Mikhail N. Trofimov <https://orcid.org/0000-0002-7194-0468>
 Руслан А. Корнилович / Ruslan A. Kornilovich <https://orcid.org/0000-0002-4225-3634>

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 Орджоникидзена, 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 03.04.2023.
Объем 22,6. Тираж 100. Заказ № 6.
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии издательства ДГУ
г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е