

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



Том 16 № 4 2021

ISSN 1992-1098
e-ISSN 2413-0958

ЮГ РОССИИ: ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

Vol.16 no. 4 2021

SOUTH OF RUSSIA: ECOLOGY, DEVELOPMENT

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

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

Заместители главного редактора

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

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

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

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

Научный редактор

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

Ответственные секретари

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

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

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

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

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

Технический редактор

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

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

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

EDITORIAL BOARD**Editor-in-Chief**

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

Deputy Editors-in-Chief

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

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

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

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

Scientific Editor

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

Editorial Executive Secretaries

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

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

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

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

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

Technical Editor

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**Председатель**

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

Сопредседатели

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

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

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

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

Члены редакционного совета

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL**Chairman**

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

Co-Chairs

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

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

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

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

Editorial Council Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Ушивцев В.Б., Галактионова М.Л., Котеньков С.А., Синицына Т.А., Ахмедова Г.А., Мехди Годраты Шозаи	
Состояние популяций раков (<i>Astacidae</i>) восточного побережья Каспийского моря.....	8-17
Востоков С.В., Востокова А.С., Лобачев Е.Н., Реза Рахнама Харатбар, Бехруз Абтахи, Тумалаева О.М., Рабазанов Н.И.	
Новые данные о гребневике <i>Beroe ovata</i> вселенце в Каспийское море.....	18-26
Кашутина Е.В., Бугаева Л.Н., Игнатъева Т.Н., Хейшхо И.В.	
Экологически безопасная защита чайных плантаций юга России.....	27-36
Ершова Т.С., Зайцев В.Ф., Чаплыгин В.А., Хурсанов А.С.	
Содержание кадмия в гидробионтах Каспийского моря.....	37-46
Елаев Э.Н., Доржиев Ц.З., Ананин А.А., Пыжьянов С.В., Янкус Г.А., Бадмаева Е.Н., Мокридина М.С., Базаров Л.Д.	
Экология питания и эпизоотологическое значение большого баклана (<i>Phalacrocorax carbo</i>) в период вторичной экспансии Байкальского региона.....	47-55

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Lytvinskaya S.A., Abdyeva R.T.	
Gramineous fraction of the invasive flora of the Caucasus.....	56-70

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф., Табакаева Т.В., Белов Ю.А., Муратов А.А., Щелканов М.Ю.	
Вирусные болезни бобовых культур на юге российского Дальнего Востока.....	71-85
Сидорова Т.М., Асатулова А.М., Аллавердян В.В.	
Особенности антагонизма бактерий рода <i>Bacillus</i> по отношению к токсиногенным грибам <i>Fusarium</i> при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор).....	86-103

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Kosinova I.I., Fonova O.G., Fonova S.I.	
Assessment criteria for ecological and geological zoning of territories.....	104-112
Чибилев А.А., Петрищев В.П., Косых П.А.	
Анализ географических факторов устойчивого развития муниципальных образований юга Урала и Западной Сибири.....	113-126
Яковенко Н.В., Тен Р.В.	
Социально-экономическая безопасность Воронежской области.....	127-135

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Мустафаев А.Р., Ивашев Э.А.	
Влияние радиоактивных изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb на объекты внешней среды и их взаимосвязь с лейкозом крупного рогатого скота в экосистемах Республики Дагестан.....	136-145
Оздемиров А.А., Чижова Л.Н., Хожиков А.А., Суржикова Е.С., Михайленко А.К.	
Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах.....	146-151

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Джалилова А.Н., Царуева Т.В., Джалилова Д.Н., Саидов М.С., Газиев Г.М., Исаева Р.И., Касумова А.М., Моллаева А.М., Саидова Б.М.	
Эколого-эпидемиологические особенности распространения токсоплазмоза на территории Дагестана.....	152-158

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гусейнова Н.О., Багомаев А.А., Ахмедова Л.Ш., Курамагомедов Б.М.	
Изучение апвеллинга по содержанию хлорофилла <i>a</i> в фитопланктоне западного Каспия за 2017 г. по данным дистанционного зондирования.....	159-172
Братков В.В., Савинова С.В., Ключин П.В., Керимов И.А., Бекмурзаева Л.Р.	
Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа.....	173-181

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Petherbridge G., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Saipov D.M., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G.	
“University of the People” – the third mission of Dagestan State University: an innovative approach to sustainability policy.....	182-199
Тихомиров С.Н.	
Всеобщий план борьбы с ущербом от стихийных бедствий и безопасность перспективных технологий повышения ее эффективности (политико-правовой аспект).....	200-207

<i>Хлыстун В.Н.</i>	
Земельная политика в контексте устойчивого развития.....	208-215
<i>Гаджидадаев М.З.</i>	
Экологический вектор в устойчивом развитии Дагестана.....	216-227
<i>Харитонова Н.И., Гапизов З.Р., Гапизова Х.Ф.-К.</i>	
Экологический аспект дискурса медийного пространства Каспийского региона.....	228-235
ОЧЕРКИ УЧЕНОГО	
<i>Гаджиев А.А.</i>	
Рецензия на монографию Гаджиева Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимова М.Н. «Теоретические аспекты формирования и развития экологической экономики в России. Москва: Инфра-М, 2022. 169 с.».....	236-241
КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	242

ECOLOGY OF ANIMALS

<i>Ushivtsev V.B., Galaktionova M.L., Kotenkov S.A., Sinitsyna T.A., Akhmedova G.A., Mehdi Ghodrati Shojaei</i>	
Status of Crayfish Populations (<i>Astacidae</i>) on the Eastern Coast of the Caspian Sea.....	8-17
<i>Vostokov S.V., Vostokova A.S., Lobachev E.N., Rahnama Haratbar Reza, Abtahi Behrooz, Tumalaeva O.M., Rabazanov N.I.</i>	
New data on the ctenophore <i>Beroe ovata</i> , an invader to the Caspian Sea.....	18-26
<i>Kashutina E.V., Bugaeva L.N., Ignateva T.N., Heishho I.V.</i>	
Environmentally friendly protection of tea plantations in the south of Russia.....	27-36
<i>Ershova T.S., Zaitsev V.F., Chaplygin V.A., Khursanov A.S.</i>	
Cadmium content in aquatic organisms of the Caspian Sea.....	37-46
<i>Yelayev E.N., Dorzhiev Ts.Z., Ananin A.A., Pyzhyanov S.V., Yankus G.A., Badmaeva E.N., Mokridina M.S., Bazarov L.D.</i>	
Feeding ecology and epizootological value of the Great Cormorant (<i>Phalacrocorax carbo</i>) during the secondary expansion of the Baikal region.....	47-55

ECOLOGY OF PLANTS

<i>Lytvinskaya S.A., Abdyeva R.T.</i>	
Gramineous fraction of the invasive flora of the Caucasus.....	56-70

ECOLOGY OF MICROORGANISMS

<i>Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Tabakaeva T.V., Belov Yu.A., Muratov A.A., Shchelkanov M.Yu.</i>	
Viral diseases of legumes in the south of the Russian Far East.....	71-85
<i>Sidorova T.M., Asaturova A.M., Allakhverdyan V.V.</i>	
Specific features of antagonism of <i>Bacillus</i> bacteria against toxinogenic <i>Fusarium</i> fungi in protecting plants against disease and contamination with mycotoxins (review).....	86-103

GEOECOLOGY

<i>Kosinova I.I., Fonova O.G., Fonova S.I.</i>	
Assessment criteria for ecological and geological zoning of territories.....	104-112
<i>Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Kosykh P.A.</i>	
Analysis of the geographical factors of sustainable development of municipalities in the south of the Urals and western Siberia.....	113-126
<i>Yakovenko N.V., Ten R.V.</i>	
Socio-economic security of the Voronezh region.....	127-135

AGRICULTURAL ECOLOGY

<i>Mustafayev A.R., Ivashev E.A.</i>	
Influence of radioactive isotopes ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb on environmental objects and their relationship with bovine leukemia in ecosystems of the Republic of Dagestan.....	136-145
<i>Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Mikhaylenko A.K.</i>	
Haematological profile and genetic variation of brown Caucasian dairy cattle in different ecological and geographical zones.....	146-151

MEDICAL ECOLOGY

<i>Dzhalilova A.N., Tsarueva T.V., Dzhalilova D.N., Saidov M.S., Gaziev G.M., Isaeva R.I., Kasumova A.M., Mollaeva A.M., Saidova B.M.</i>	
Ecological and epidemiological features of the distribution of toxoplasmosis in the territory of Dagestan.....	152-158

METHODS OF ENVIRONMENTAL STUDIES

<i>Guseynova N.O., Bagomaev A.A., Akhmedova L.Sh., Kuramagomedov B.M.</i>	
Upwelling study of chlorophyll <i>a</i> content in phytoplankton of the western Caspian in 2017 based on remote sensing data.....	159-172
<i>Bratkov V.V., Savinova S.V., Klyushin P.V., Kerimov I.A., Bekmurzaeva L.R.</i>	
Mapping of modern variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus.....	173-181

GENERAL PROBLEMS

<i>Petherbridge G., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Saipov D.M., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G.</i>	
"University of the People" – the third mission of Dagestan State University: an innovative approach to sustainability policy	182-199
<i>Tikhomirov S.N.</i>	
Comprehensive disaster damage management planning and the safety of advanced technologies to improve its efficiency (political and legal aspects).....	200-207
<i>Khlystun V.N.</i>	
Land policy in the context of sustainable development.....	208-215

Gadzhidadaev M.Z.

Ecological vector in the sustainable development of Dagestan.....216-227

Kharitonova N.I., Gapizov Z.R., Gapizova Kh.F.-K.

The ecological aspect of the discourse of the Caspian region's media space.....228-235

SCIENTIST'S ESSAY

Gadzhiev A.A.

Review of the monograph by N.G. Gadzhiev, S.A. Konovalenko, M.N. Trofimov, "Theoretical aspects of the formation and development of ecological economics in Russia. Moscow, Infra-M Publ., 2022, 169 p."236-241

CONTACT INFORMATION.....242

Оригинальная статья / Original article
УДК 595.384.16:639.281.7.(262.18)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-8-17

Состояние популяций раков (*Astacidae*) восточного побережья Каспийского моря

Владимир Б. Ушивцев¹, Майя Л. Галактионова¹, Сергей А. Котеньков¹,
Татьяна А. Синицына¹, Гульнара А. Ахмедова², Мехди Годрати Шозаи³

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Университет Тарбират Модарес, Ноор, Иран

Контактное лицо

Владимир Б. Ушивцев, кандидат биологических наук, директор Каспийского филиала ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» РАН; 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 6, корп. 27.

Тел. +78512544559

Email caspy@bk.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4305-6111>

Формат цитирования

Ушивцев В.Б., Галактионова М.Л., Котеньков С.А., Синицына Т.А., Ахмедова Г.А., Мехди Годрати Шозаи. Состояние популяций раков (*Astacidae*) восточного побережья Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 8-17. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-8-17

Получена 16 сентября 2020 г.

Прошла рецензирование 8 февраля 2021 г.

Принята 21 июня 2021 г.

Резюме

Цель работы – изучение распространения и запасов раков на восточном шельфе Каспийского моря в местах их массового обитания.

Материал и методы. Исследования проведены весной-летом 2019 г. Сбор материала осуществляли легководолазы методом маршрутного учета на трансектах площадью 100 м². Собранных раков определяли до вида, измеряли, взвешивали, оценивали плодовитость. Расчет численности осуществляли на основе оценки плотности скоплений на маршрутах (экз./м²) с дальнейшим пересчетом на площади биотопов, которые определяли с помощью данных космического мониторинга Каспийского моря. Оценку запасов проводили на основе размерно-весовых характеристик собранных особей.

Результаты. На обследованном участке обитают два вида астакид: *Pontastacus eichwald* Bott – длиннопалый рак, и *Caspiastacus pachypus* Rathke – толстопалый рак. По сравнению с архивными данными 70-90-х годов прошлого столетия произошли изменения. Расширилась площадь ареала и увеличилась численность *C. pachypus*. Снизилась плодовитость как *C. pachypus*, так и *P. eichwald*.

Заключение. Запасы раков на обследованном участке имеют промысловое значение. Использование данных космических съемок существенно повышает объективность исследований.

Ключевые слова

Каспийское море, восточное побережье, раки, распространение, видовой состав популяций, особенности биологии видов, промысловая и хозяйственная ценность запасов, допустимые объемы вылова.

Status of Crayfish Populations (*Astacidae*) on the Eastern Coast of the Caspian Sea

Vladimir B. Ushivtsev¹, Maya L. Galaktionova¹, Sergey A. Kotenkov¹,
Tatyana A. Sinitsyna¹, Gulnara A. Akhmedova² and Mehdi Ghodrati Shojaei³

¹P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Principal contact

Vladimir B. Ushivtsev, Candidate of Biological Sciences, Director, Caspian Branch, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences; bldg. 27, 6 Savushkina St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +78512544559

Email caspy@bk.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4305-6111>

How to cite this article

Ushivtsev V.B., Galaktionova M.L., Kotenkov S.A., Sinitsyna T.A., Akhmedova G.A., Mehdi Ghodrati Shojaei. Status of Crayfish Populations (*Astacidae*) on the Eastern Coast of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 8-17. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-8-17

Received 16 September 2020

Revised 8 February 2021

Accepted 21 June 2021

Abstract

Aim. This work aims to study the distribution and stocks of crayfish on the eastern shelf of the Caspian Sea at places where they mostly habitat.

Material and Methods. The studies were implemented in the spring and summer of 2019. The material was collected by scuba divers surveying routes of transects 100 m² in area. Collected crayfish were identified at species level, measured, weighed and their fertility was evaluated. Their abundance was calculated by estimating the aggregation density along the routes (ind./m²), with subsequent recalculation for the biotope areas, which were identified using data from the Caspian Sea satellite monitoring. The stocks were estimated according to the size and weight characteristics of collected individuals.

Results. Two astacid species inhabit the surveyed area: *Pontastacus eichwald* Bott – long-clawed crayfish and *Caspiastacus pachypus* Rathke – thick-clawed crayfish. Certain changes have occurred compared with archival data of the 1970s-1990s. The range area has expanded and the abundance of *C. pachypus* has increased. The fertility of both *C. pachypus* and *P. eichwald* has reduced.

Conclusion. The crayfish stocks in the surveyed area are of commercial importance. The application of satellite survey data greatly increases the objectivity of research.

Key Words

Caspian Sea, eastern coast, crayfish, distribution, species composition of populations, features of species biology, commercial and economic value of stocks, total allowable catch.

ВВЕДЕНИЕ

В современном Каспии на всем его протяжении на западном и восточном шельфе на многих банках открытых частей моря можно встретить раков [1-5]. На восточном шельфе Среднего и Южного Каспия их скопления пригодны для промышленной эксплуатации [6-12]. В море обитают два вида раков: *Pontastacus eichwald* Bott – длиннопалые раки, и *Caspiastacus pachypus* Rathke – толстопалые раки [3; 12; 13]. В период последнего подъема уровня моря, пик которого был отмечен в середине 90-х годов прошлого столетия, на восточном шельфе была отмечена тенденция к увеличению численности *C. pachypus* [8; 10; 13]. С тех пор на протяжении 20 лет мониторинг популяций раков Каспия не проводили. Исследования удалось возобновить только в 2015-2019 гг. [13; 14].

Целью настоящей работы было изучение состояния популяций раков и их промысловой ценности. Задачами исследований были: изучение особенностей распространения, видового, полового, размерно-весового состава раков, рабочей плодовитости, запасов, объемов вылова и промысловых площадей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в апреле-июне 2019 года в казахстанском секторе моря на участке от мыса Жиланды до мыса Ракушечный (рис. 1; 2). В основу работ положены методы подводных исследований с применением легководолазной техники на глубинах 5-15 м. Пробы раков отбирали с помощью

легководолазного снаряжения на транsekтах (отрезках дна) учетной площадью 100 м² [13; 15]. Для этого на участке дна прокладывали шнур длиной 50 м, закрепленный на концах якорями. Далее под воду уходили 2 легководолаза и осуществляли маршрутный учет и сбор раков на учетной полосе шириной 1 м справа и слева от шнура. В случае если экземпляр оказался недоступен для захвата, на основе визуальной информации, в водолазной книжке записывали его вид, пол, размер. Обследованный участок побережья разбили на 10 станций (рис. 2). На станциях выполнили 24 транsekты. Общая учетная площадь составила 2400 м². Общее количество собранных раков 498 экз. Раков отбирали в сетные кутцы и доставляли на борт судна. Каждая проба была разделена по видам и по полу. Длину раков измеряли от рострума до тельсона. Всех раков с длиной тела более 10 см считали промысловыми. Раки были взвешены, отмечено состояние панцирей на предмет определения стадии линьки, определена рабочая плодовитость самок (просчитывали количество икринок на плеоподах). Далее раки в живом виде были выпущены в море. На маршрутах измерена температура воды, отмечены физиономические особенности биотопов. Запас рассчитывали исходя из средней численности раков (экз/м²), среднего веса 1 экз. и полезной площади обследованного участка в гектарах. ОДУ – обще допустимый улов при промысле астакид принято считать за 25% от запаса.



Рисунок 1. Район исследований
Figure 1. Research area

Рисунок 2. Участок исследований
Figure 2. Research site

Выбор станций наблюдений, прокладка трансекта, определение полезных площадей биотопов осуществляли на основе данных космических съемок прибрежной зоны обследованного участка. Для примера рассмотрим станции №4 и №9 (рис. 3; 4).

На рисунке 3 изображена прибрежная полоса мелководья, где биотопы раков представлены одним видом полезных площадей – каменистыми грядами (R), которые порогами снижаются по свалу глубин от 5 до 15 м. Для объективной оценки состояния популяции

раков на каждом пороге на транsekте выполнен маршрутный учет. На рисунке 4 биотопы раков представлены тремя видами полезных площадей: зарослями макрофитов на илистом песке (SS), каменистым песком (RS) и каменистыми грядами (R). Для объективной оценки на каждом биотопе на транsekте выполнен маршрутный учет. Площадь биотопов раков определяли на основе данных космических съемок, материалы которых хорошо отражали их физиономические особенности до глубин

10-12 м и предоставляли масштаб карты. Для этого из отдельных последовательных фотоснимков складывали обследуемый участок прибрежных вод. Далее на каждом снимке графически выделяли площади отдельных биотопов. Затем, с помощью палетки с учетной площадью одной клетки равной 1 га,

определяли площади биотопов на каждой фотографии. Данные складывали и получали общую площадь каждого биотопа в гектарах. На больших глубинах (15-20 м) применяли подводные наблюдения для обнаружения и оценки полезных площадей. Глубже 20 м исследования не проводились.

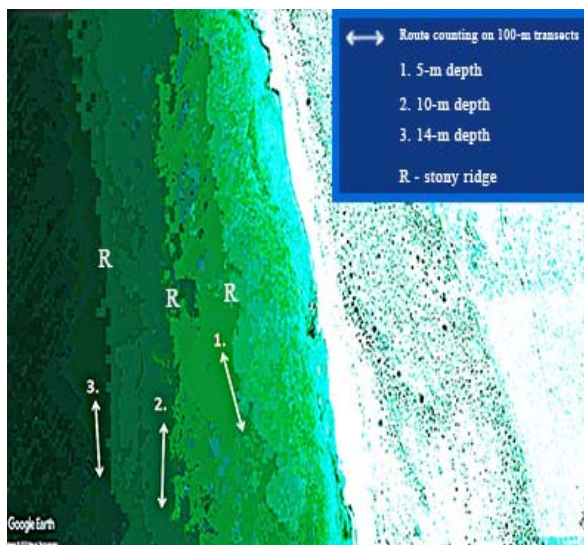


Рисунок 3. Космический снимок места станции №4
Figure 3. Location of station 4, satellite image

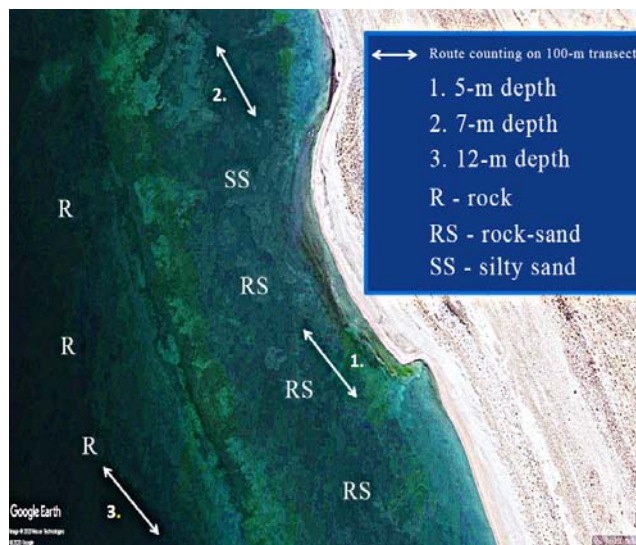


Рисунок 4. Космический снимок места станции №9
Figure 4. Location of station 9, satellite image

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биотопы раков. Среди обследованных площадей, заселенных раками, было выделено три вида биотопов. Первый биотоп – это твердые каменистые грунты, состоящие из плит ракушечника и их обломков (R). Сложный рельеф таких грунтов представляет для раков наибольшее количество естественных убежищ. Такие грунты встречаются в виде каменистых гряд протяженностью 50-300 м и более. На космических снимках часто они выглядят в виде параллельных образований на дне моря (рис. 5). На обследованном участке каменистые грунты обнаружены на всех станциях преимущественно на глубинах 10-15 м. Полезная площадь таких грунтов составила 450 га. Второй биотоп – это смешенные песчано-каменистые грунты (RS). Такие грунты выстилают обширные участки

дна между каменистыми грядами. Раки, обитающие на RS, в качестве убежищ используют обломки камней и плит, рассредоточенных на песчаном грунте. На космических снимках RS выглядят в виде светлых участков дна с темными образованиями (рис. 5). Полезная площадь таких грунтов на обследованном участке составила 520 га. Третий биотоп можно отнести к мягким грунтам, состоящим из илистого песка (SS), покрытого зарослями макрофитов *Zostera nana*. Такие грунты местами встречаются в прибрежной полосе мелководий, защищенных от волновой динамики. На обследованном участке SS встречаются локально. На космических снимках SS выглядят темными пятнами округлой формы (рис. 6). Площадь таких биотопов на обследованном участке составила 75 га.

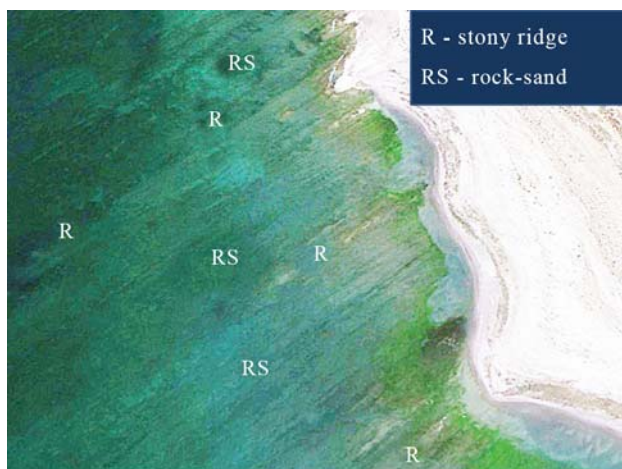


Рисунок 5. Космический снимок каменистых грунтов (R), (КП)
Figure 5. Rocky soils (R), (RS), satellite image



Рисунок 6. Космический снимок песчано-илистых грунтов, заросших макрофитами (ИП)
Figure 6. Sand-silt soils overgrown with macrophytes (SS), satellite image

Условия среды. Существенным фактором, влияющим на распространение раков, была температура воды. Район исследований находится в зоне интенсивного апвеллинга [2; 15], (рис. 7). Периодически температура воды за сутки могла измениться на 10°C и более. Резкий

термоклин складывался в начале лета на горизонтах от 8 м и глубже, когда поверхностный слой воды прогревался до 19-21°C, а вода на глубинах от 8-9 м и ниже имела температуру 9-12°C.

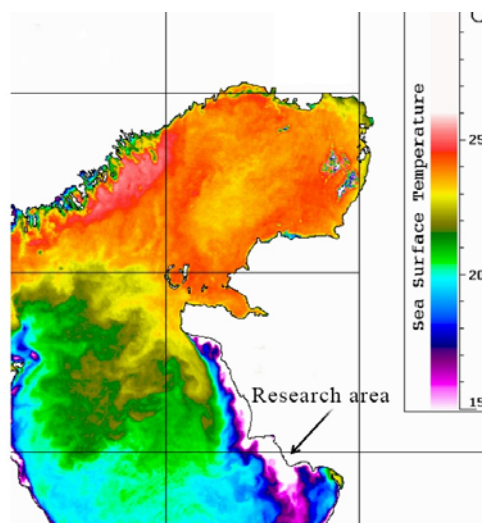


Рисунок 7. Температура поверхности моря в районе исследований 8 июня 2019 г, по данным NOAA

Figure 7. Sea surface temperature in the study area on June 8, 2019, NOAA data

Распределение раков. В исследованном районе по численности доминировал *P. eichwaldi*. Из 498 экз. раков, собранных на 10 станциях обследованного участка, 102 экз. были представлены *C. pachypus* и 396 экз. *P. eichwaldi*.

Распределение раков на твердых грунтах носило мозаичный характер. Скопления были привязаны к наличию убежищ в виде расщелин, гротов, ниш под плитами и пр. В местах, где каменистый грунт имел монолитную протяженную ровную поверхность,

лишенную разломов, раки встречались единично. Распределение раков на песчано-каменистых грунтах носило более равномерный характер. Раки, обитающие на илисто-песчаных грунтах, рыли норы и использовали макрофиты в качестве убежищ, их распространение было равномерным.

Глубины 5-7 м наиболее часто были заселены икрами самками обоих видов и молодью раков (рис. 8; 11; 12). Здесь же отмечено наибольшее число линяющих особей.

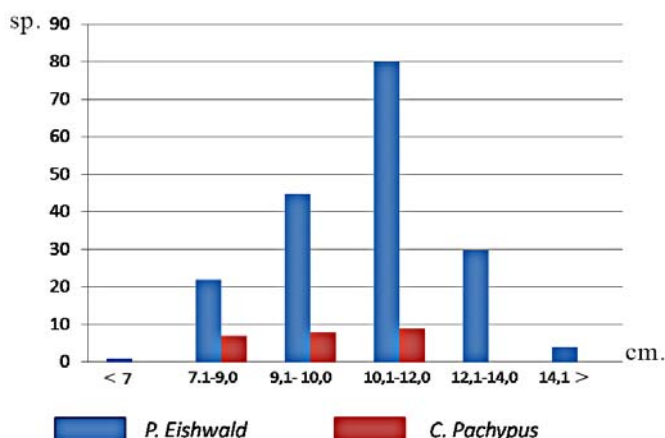


Рисунок 8. Размерный состав раков на глубинах 5-7 м

Figure 8. Crayfish length composition at depths of 5-7 m

На глубинах 8-10 м обитали более крупные экземпляры (рис. 9), большей частью самцы (рис. 11; 12). Наиболее крупные представители обоих видов, преимущественно самцы, чаще всего встречались на глубинах более 10 м

в зоне низких температур (рис. 10; 11; 12). Здесь же отмечена наибольшая численность самцов *C. pachypus*. На этих глубинах в конце июня наблюдалась линька обоих видов раков при температуре 12°C.

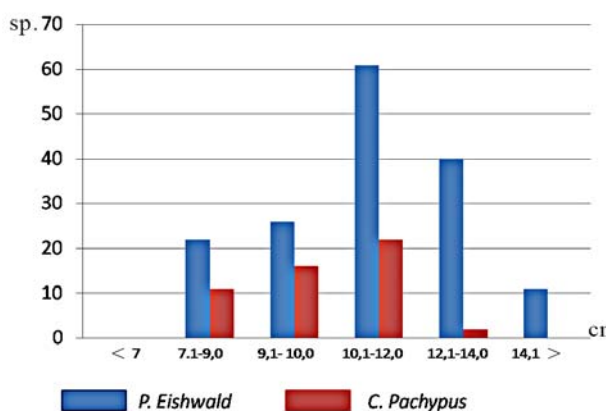


Рисунок 9. Размерный состав раков на глубинах 8-10 м
Figure 9. Crayfish length composition at depths of 8-10 m

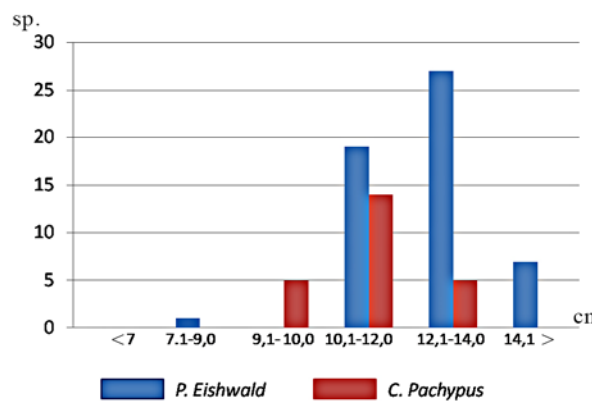


Рисунок 10. Размерный состав раков на глубинах более 10 м
Figure 10. Crayfish length composition at depths over 10 m

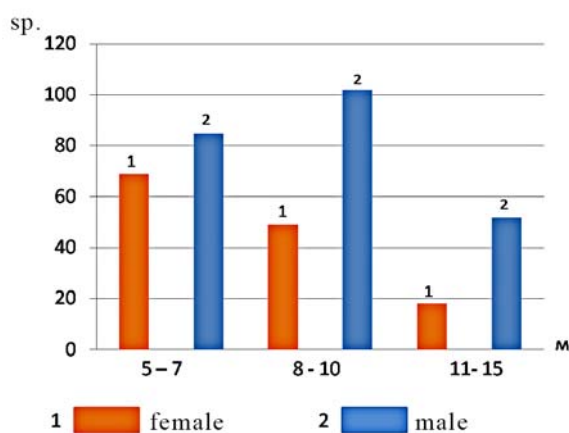


Рисунок 11. Половое соотношение *P. eichwald* на различных глубинах
Figure 11. *P. eichwald* sex ratio at different depths

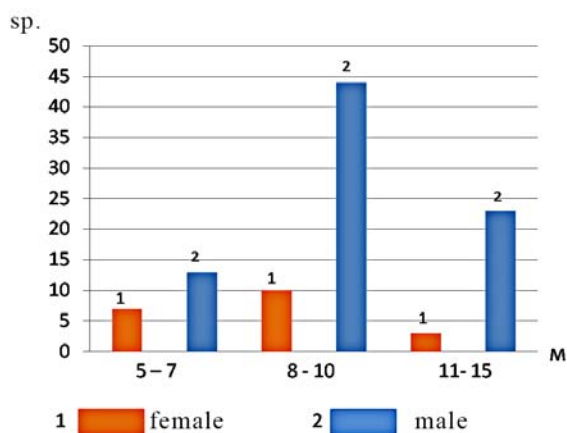


Рисунок 12. Половое соотношение *C. pachypus* на различных глубинах
Figure 12. *C. pachypus* sex ratio at different depths

Плодовитость. Половозрелыми считали самок с икрой на плеоподах. Минимальная длина половозрелых самок *P. eichwald* – 8 см, максимальная – 13,8 см. Минимальная длина половозрелых самок *C. pachypus* – 7 см, максимальная 12,4 см. Плодовитость *P. eichwald* в зависимости от длины тела самки находилась в

диапазоне от 21 до 213 икринок, при средних показателях 88 икринок ($88 \pm 3,27$; рис. 13). Плодовитость *C. pachypus*, в диапазоне от 9 до 27 икринок при средних показателях 19 икринок ($19,16 \pm 1,42$; рис. 14).

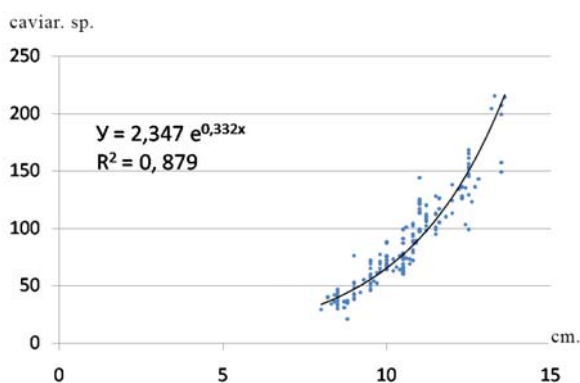


Рисунок 13. Рабочая плодовитость *P. eichwald*
Figure 13. *P. eichwald* fecundity

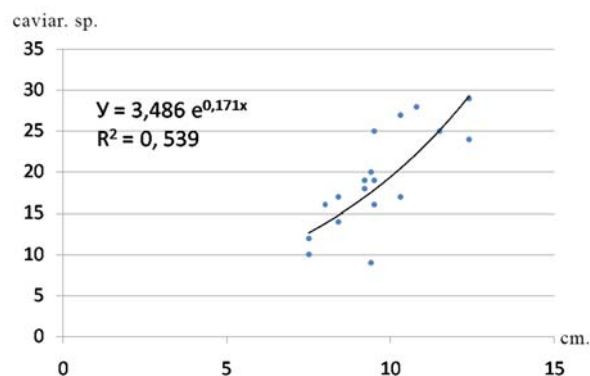


Рисунок 14. Рабочая плодовитость *C. pachypus*
Figure 14. *C. pachypus* fecundity

Размерный состав раков. Собранные раки были разбиты на 6 размерных групп. Из 102 экз. *C. pachypus*, 52 экз., или 51% особей были промыслового размера

(длина тела более 10 см). Из 396 экз. *P. eichwald*, промысловая часть 279 экз., или 71% (рис. 15).

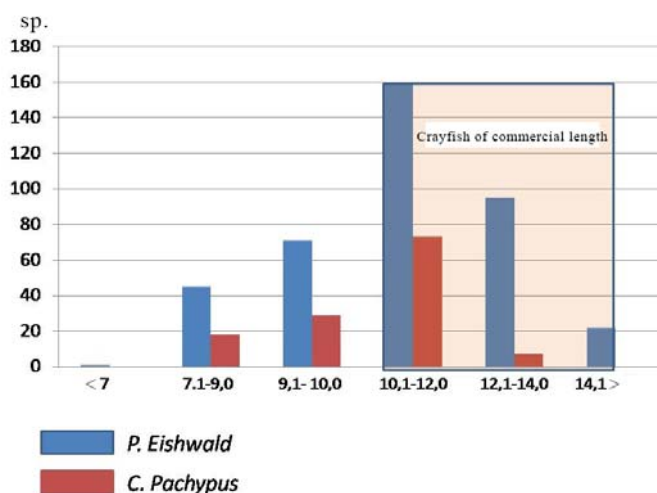
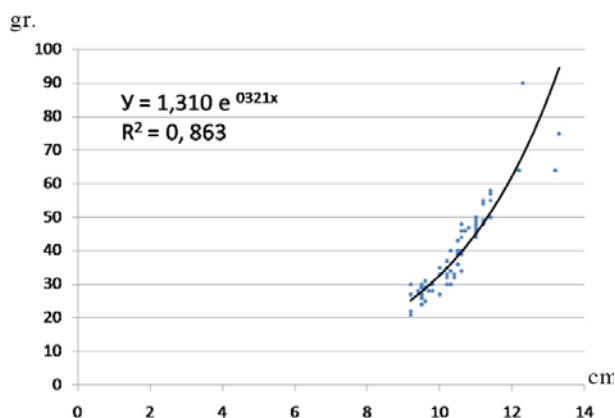
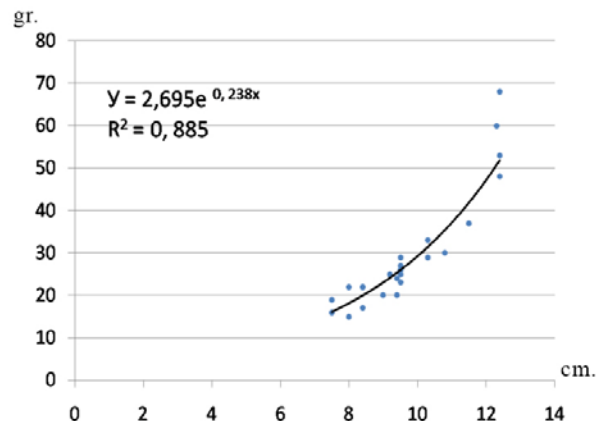
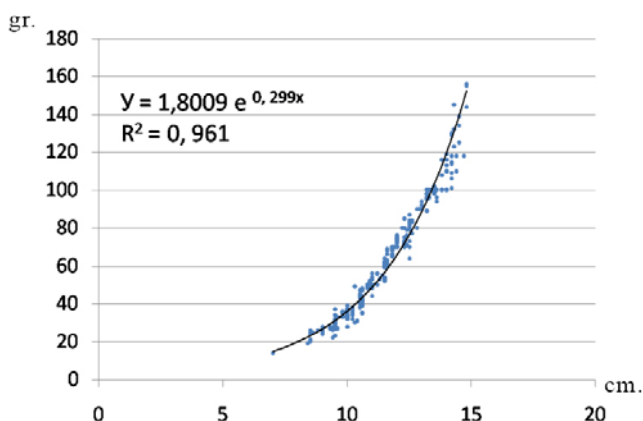
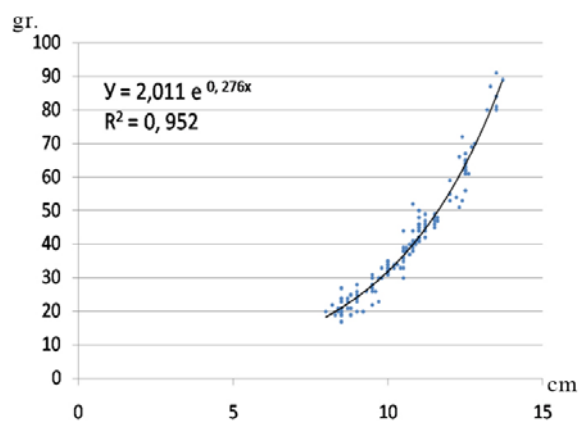


Рисунок 15. Размерный состав раков

Figure 15. Crayfish length

Вес раков. Изучение весовых характеристик *C. pachypus* показало, что средний вес самцов 40 г ($40,1 \pm 1,61$), самок 29 г ($28,8 \pm 2,57$; рис. 16; 17). Средний вес самцов

P. eichwald 6 г ($64,6 \pm 2,03$), самок 40 г ($40,4 \pm 1,31$; рис. 18; 19).

Рисунок 16. Вес самцов *C. pachypus*
Figure 16. Weight of *C. pachypus* malesРисунок 17. Вес самок *C. pachypus*
Figure 17. Weight of *C. pachypus* femalesРисунок 18. Вес самцов *P. eichwald*
Figure 18. Weight of *P. eichwald* malesРисунок 19. Вес самок *P. eichwald*
Figure 19. Weight of *P. eichwald* females

Расчет промыслового запаса. Запас рассчитывали исходя из средней численности раков (экз/м²), среднего веса 1 экз. и полезной площади обследованного участка в гектарах.

Биотоп каменистых грунтов (R) на участке имеет площадь 450 га. Средняя численность *P. eichwald* 0,16 экз/м², или 1600 раков на 1 га. При половом соотношении самок к самцам в популяции 40% к 60%, на гектаре обитают 640 самок и 960 самцов. При

среднем весе самца 65 г их биомасса составит 62,4 кг/га, при среднем весе самки 40 г их биомасса 25,6 кг/га. Итого, биомасса *P. eichwald* составит 88 кг/га. Общая биомасса *P. eichwald* на данном биотопе площадью 450 га составит 39,6 т. По результатам анализа размерного состава в популяции *P. eichwald* промысловые размеры (более 10 см) имеют 71% особей, что соответствует биомассе 28 т. При рациональном промысле ОДУ, как принято при ведении промысла раков, составит 25% или 7 т.

Подобные расчеты *C. pachypus* показали, что при средней численности на трансектах 0,05 экз/м², на 1 га обитает 500 раков. При половом соотношении самок к самцам в популяции 20% к 80% – это 83 самки и 417 самцов. При среднем весе самца 40 г их биомасса 17 кг/га. При среднем весе самки 29 г их биомасса 2,5 кг/га. Общая биомасса *C. pachypus* составит 19,5 кг/га, а на биотопе камней (R) площадью 450 га – 8,8 т. По результатам анализа размерного состава в популяции *C. pachypus* промысловые размеры (более 10 см) имеют 51% особей, что соответствует биомассе 4,5 т. При рациональном промысле ОДУ составит 25% или 1,1 т.

Биотоп каменистый песок (RS) на обследованном участке имеет площадь 520 га. Средняя численность *P. eichwald* на трансектах 0,18 экз/м², или 1800 экз. на 1 га. При половом соотношении раков в популяции 1 самка/1,5 самца, процентное соотношение составит 40/60. Следовательно, на гектаре обитают 720 самок и 1080 самцов. При среднем весе самца 65 г, их биомасса 70,2 кг/га. При среднем весе самки 40 г, их биомасса 28,8 кг/га. Итого, биомасса *P. eichwald* составит 99 кг/га. Общая биомасса *P. eichwald* на биотопе каменистого песка (RS) площадью 520 га

составит 51,5 т. По результатам анализа размерного состава, в популяции *P. eichwald* промысловые размеры (более 10 см) имеют 71% особей, что соответствует биомассе 36,5 т. При рациональном промысле ОДУ составит 25% или 9 т.

Расчеты запасов *C. pachypus* показали, что при средней численности на трансектах 0,06 экз/м², на 1 га обитает 600 раков. При половом соотношении 1/5 – 100 самок и 500 самцов. При среднем весе самца 40 г их биомасса 20 кг/га. При среднем весе самки 29 г их биомасса 2,9 кг/га. Общая биомасса *C. pachypus* составит 22,9 кг/га, а на биотопе каменистого песка (RS) площадью 520 га – 12 т. По результатам анализа размерного состава, в популяции *C. pachypus* промысловые размеры (более 10 см) имеют 51% особей, что соответствует биомассе 6,1 т. При рациональном промысле ОДУ составит 25% или 1,5 т.

Биотоп мягких песчано-илистых грунтов (SS) на обследованном участке встречался мозаично. Его общая площадь 75 га. На биотопе обнаружены только раки *P. eichwald*. Средняя численность на трансектах 0,19 экз/м², или 1900 раков на 1 га. В популяции доминируют самки. В отношении 2/1 процентное соотношение составило 70/30. Следовательно, на гектаре обитают 1330 самок и 570 самцов. При среднем весе самца 65 г, их биомасса 37 кг/га. При среднем весе самки 40 г, их биомасса 53,2 кг/га. Итого биомасса 90,2 кг/га. Общая биомасса *P. eichwald* на биотопе илистого песка (SS) площадью 75 га составит 6,8 т. При этом промысловая часть (71%) 4,8 т. При рациональной добыче ОДУ составит 25% или 1,2 т. Общие данные по запасам и объемам вылова представлены в таблице 1.

Таблица 1. Запасы раков и объем допустимого вылова (ОДУ – 25% от промысловых запасов)

Table 1. Crayfish stocks and Total Allowable Catch (TAC estimated at 25% of commercial catch)

Биотоп Biotope	Камни (R) 450 га Stone (S) 450 ha		Камни-песок (RS) 520 га Stone-sand (SSa) 520 ha		Ил-песок (SS) 75 га Silt-sand (SiSa) 75 ha		Сумма, т Amount, t
Запасы, т Stocks, t	<i>P. eichwald</i>	<i>C. pachypus</i>	<i>P. eichwald</i>	<i>C. pachypus</i>	<i>P. eichwald</i>	<i>C. pachypus</i>	
Общие Total	39,6	8,8	51,5	12	6,8	-	118,7
Промысловые Commercial	28	4,5	36,5	6,1	4,8	-	79,9
ОДУ TAC	7	1,1	9	1,5	1,2	-	19,8

Современные исследования показали, что на обследованном участке обитают два вида раков. Архивные материалы [10; 15] свидетельствуют, что этом районе в 70-90 годы обитал только *P. eichwald*, ареал *C. pachypus* заканчивался севернее в заливе Бековича-Черкасского. По историческим данным [15] увеличение численности *C. pachypus* в водах Казахстана было отмечено в период подъема уровня моря (1990-1994 гг.). Современные исследования в период более низкого уровня моря свидетельствуют, что тенденция роста численности *C. pachypus* сохранилась, а его ареал расширился в южном направлении на 60 км.

Анализ распространения раков в зависимости от глубины позволил выявить некоторые особенности. Так, на некоторых участках прибрежных вод раки отсутствовали на типичных биотопах, расположенных на глубинах 4-5 метров. На наш взгляд, это связано с волновой динамикой на этих участках побережья, где в результате волнения образуются сильные турбулентные

вихревые потоки и раки, имеющие сравнительно небольшой вес, могут быть выброшены на берег. Такие случаи массовой гибели раков, преимущественно икрыных самок, периодически наблюдаются весной в этом районе [5]. Наши неопубликованные наблюдения показали, что раки, особенно самцы, выпущенные на глубине 2,5 м на каменисто-песчаный грунт, активно перемещались в сторону увеличения глубины. На основе этих наблюдений можно предположить, что раки оценивают глубину места, и, несмотря на наличие убежищ, уходят на излюбленный горизонт.

По данным исследований прежних лет (1972-1994 гг.), при тех же показателях длины самок, рабочая плодовитость *P. eichwald* была в пределах 30-250 икринок, современные исследования показывают 21-213, что заметно ниже. Плодовитость *C. pachypus* была в пределах 20-50 икринок, современные данные 9-27, что существенно ниже. На наш взгляд, снижение плодовитости у раков связано с

тем, что произошло резкое уменьшение численности хищников: белуги, осетра и тюленя, массово потребляющих раков, что, в свою очередь, привело к тому, что астакиды стали тупиковым звеном в пищевой цепи. Поэтому, есть предположение, что численность астакид регулируется на популяционном уровне путем снижения их плодовитости. Половое соотношение в популяциях раков обоих видов соответствуют литературным данным прошлых лет [3; 13; 16-18].

В целом, обследованный район можно считать перспективным для промысла раков. Маршрутный учет на трансектах показал, что из всех обследованных площадей, наиболее плотные скопления раков были обнаружены на каменистых (R), и особенно на песчано-каменистых грунтах (RS), когда под одной плитой можно обнаружить 10 и более раков. В меньшем количестве, раки встречались на песчано-илистых грунтах (SS). На песчаных, песчано-ракушечных грунтах, сплошных каменистых образованиях лишенных убежищ, раки встречались единично. Промысловый лов раков следует осуществлять на горизонтах от 10 м и глубже. В этом случае, большинство выловленных раков будут иметь промысловые размеры. Ловушки следует расставлять на расстоянии 10-15 м. Не рекомендуется ловить раков на биотопе ил-песок (SS), т.к. 80% улова придется выпускать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные исследования показали, что состояние астакофауны на восточном шельфе Каспийского моря имеет тенденцию к увеличению численности *C. pachypus*. Ареал этого вида расширился в южном направлении на 60 км. Анализ полученных материалов свидетельствует о потенциальных биоресурсах в виде запасов раков. По предварительным результатам на обследованном участке ежегодно в условиях рациональной добычи можно вылавливать около 19 т раков. Наибольший процент промысловых особей обитают на глубинах 8-10 м и более.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят с.н.с. Востокова С.В. за критику и полезное обсуждение результатов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания: тема № 0128-2021-0004, при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-54-56053 и гранта ННФИ №99003103.

ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to S.V. Vostokov for criticism and useful discussion of the results. The research was conducted in the framework of State Assignment of IORAS (Subject No. 0128-2021-0004) and was also funded by RFBR through the research project № 20-54-56053 and by INSF, project number №99003103.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокова Е.Н. Речной рак Каспийского моря // Рыбное хозяйство. 1948. N 9. С. 32-37.
2. Байдин С.С., Косарев А.Н. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. Москва: Наука, 1986. 261 с.
3. Румянцев В.Д. Толстопалый рак Каспия // Труды КаспНИРХа. 1971. Т. 26. С. 265-266.
4. Ushivtsev V.B. Astacofauna of the present Caspian Sea (distribution, stock dynamics, behavior, projects of fishery)

// Proceeding of the 12th Symposium IAA. Aagsburg – Germany, 1998. P. 57.

5. После шторма берег Каспия заполонили раки, 2019. URL: <https://www.ktk.kz/ru/newsfeed/article/2019/03/11/114578/> (дата обращения: 15.06.2020)
6. Румянцев В.Д. Речные раки Волго-Каспия. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 84 с.
7. Ушивцев В.Б. Определение запасов речного рака на Каспии // Рыбное хозяйство. 1981. N 4. С. 50-51.
8. Ушивцев В.Б. Запасы раков в Казахских водах Каспия // Тезисы докладов XIX научной конференции «Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана», Ашхабад, 9-11 октября, 1986. С. 121.
9. Ушивцев В.Б. Влияние колебаний уровня Каспия на запасы раков // Тезисы докладов I-й Международной конференции «Биологические ресурсы Каспийского моря», Астрахань, 22-24 сентября, 1992. С. 93.
10. Ушивцев В.Б. Морские объекты промысла // Научные основы распределения промысловых объектов Каспийского моря. Астрахань: БИВЦ «Каспрыба», 1992. С. 98-99.
11. Ушивцев В.Б. и др. Состояние запасов раков на восточном шельфе Каспия в период подъема уровня моря // Экосистемы морей России в условиях антропогенного пресса. Астрахань: КаспНИРХ, 1994. С. 155-157.
12. Ушивцев В.Б., Камакин А.М. Раки Южного Каспия (*Crustacea: Decapoda, Astacidae*): распространение, характер биотопов // Каспийский Плавучий Университет, Научный бюллетень. 2000. N 1. С. 157.
13. Денисов А.Е. Некоторые вопросы методики водолазных исследований донных сообществ // Океанология. 1972. Т. 12. Вып. 5. С. 884-891.
14. Ушивцев В.Б. Особенности распространения популяций раков (*Crustacea, Decapoda, Astacidae*) на восточном шельфе Каспийского моря в период с 1915 по 2016 гг. // Сборник материалов Всероссийской научно-практической итоги конференции с международным участием «Морские биологические исследования: достижения и перспективы», приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции, Севастополь, 19-24 сентября, 2016. С. 232-236.
15. Ушивцев В.Б., Востоков С.В., Ахмедова Г.А., Галактионова М.Л., Котеньков С.А. Современное состояние и хозяйственная ценность астакофауны в отдельных районах восточного шельфа Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N1. С. 28-36. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-28-36
16. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Соловьев Д.М., Шеремет Н.А. Фронтальная зона апвеллинга у восточного побережья Каспийского моря (спутниковые наблюдения) // Исследования Земли из космоса. 2006. N4. С. 3-12.
17. Черкашина Н.Я. Биология *Astacus leptodactylus eichwaldi* Bott и *Astacuspachypus* Rathke в туркменских водах Каспия // Труды ВНИРО. 1974. Т. 99. Вып. 5. С. 70-83.
18. Черкашина Н.Я. Распределение и биология толстопалого рака в туркменских водах Каспия // Зоологический журнал. 1976. Т. 55. Вып. 4. С. 602-606.

REFERENCES

1. Bokova E.N. Crayfish of the Caspian Sea. *Rybnoye khozyaystvo* [Fish farm]. 1948, no. 9, pp. 32-37. (In Russian)
2. Baydin S.S., Kosarev A.N. *Kaspiyskoye more: Gidrologiya i gidrokhimiya* [Caspian Sea: Hydrology and Hydrochemistry]. Moscow, Nauka Publ., 1986, 261 p. (In Russian)

3. Rumyantsev V.D. Thick-clawed crayfish of the Caspian Sea. *Trudy KaspNIRKha* [Labors of CaspNIRKh]. 1971, vol. 26, pp. 265-266. (In Russian)
4. Ushivtsev V.B. Astacofauna of the present Caspian Sea (distribution, stock dynamics, behavior, projects of fishery). *Proceeding of the 12th Symposium IAA. Aagsburg – Germany*, 1998, 57 p.
5. *Posle shtorma bereg Kaspiya zapolonili raki* [After the storm, the coast of the Caspian Sea was filled with crayfish]. 2019. Available at: <https://www.ktk.kz/ru/newsfeed/article/2019/03/11/114578/> (accessed 06.15.2020) (In Russian)
6. Rumyantsev V.D. *Rechnye raki Volgo-Kaspiya* [River crayfish of the Volga-Caspian region]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1974, 84 p. (In Russian)
7. Ushivtsev V.B. Determination of crayfish stocks in the Caspian sea. *Rybnoe khozyaistvo* [Fish farm]. 1981, no. 4, pp. 50-51. (In Russian)
8. Ushivtsev V.B. Zapasy rakov v Kazakhskikh vodakh Kaspiya [Stocks of crayfish in the Kazakh waters of the Caspian]. *Tezisy dokladov XIX nauchnoi konferentsii «Biologicheskie osnovy rybnogo khozyaistva vodoemov Srednei Azii i Kazakhstana», Ashkhabad, 9-11 Oktyabrya, 1986* [Abstracts of the XIX scientific conference "Biological foundations of fisheries in the reservoirs of Central Asia and Kazakhstan", Ashgabat, 9-11 October 1986]. Ashgabat, 1986, 121 p. (In Russian)
9. Ushivtsev V.B. Vliyaniye kolebaniy urovnya Kaspiya na zapasy rakov [Impact of fluctuations in the level of the Caspian Sea on crayfish stocks]. *Tezisy dokladov I-i Mezhdunarodnoi konferentsii «Biologicheskie resursy Kaspiyskogo morya», Astrakhan', 22-24 sentyabrya 1992* [Abstracts of the I-st International Conference "Biological Resources of the Caspian Sea", Astrakhan, 22-24 September 1992]. Astrakhan, 1992, 93 p. (In Russian)
10. Ushivtsev V.B. [Marine objects of fishing]. In: *Nauchnyye osnovy raspredeleniya prom. ob'yektov Kaspiyskogo morya* [Scientific Basis for the Distribution of Industrial Objects of the Caspian Sea]. Astrakhan, BIIK Kaspiyskaya Publ., 1992, pp. 98-99. (In Russian)
11. Ushivtsev V.B. et al. [The state of crayfish stocks on the eastern shelf of the Caspian Sea in the period of sea level rise]. In: *Ekosistemy morey Rossii v usloviyakh antropogennogo pressa* [Ecosystems of the Seas of Russia in Conditions of Anthropogenic Pressure]. Astrakhan, CaspNIRKH Publ., 1994, pp. 155-157. (In Russian)
12. Ushivtsev V.B., Kamakin A.M. Crayfish of the Southern Caspian (Crustacea: Decapoda, Astacidae): distribution, nature of biotopes. *Kaspiyskiy Plavuchiy Universitet, Nauchnyy byulleten'* [Caspian Floating University, Scientific Bulletin]. 2000, no. 1, 157 p. (In Russian)
13. Denisov A.E. Some questions of the methodology of diving research of bottom communities. *Oceanologiya* [Oceanology]. 1972, vol. 12, iss. 5, pp. 884-891. (In Russian)
14. Ushivtsev V.B. Osobennosti rasprostraneniya populyatsiy rakov (Crustacea, Decapoda, Astacidae) na vostochnom shel'fe Kaspiyskogo morya v period s 1915 po 2016 gg. [Characteristics of the spread of crayfish populations (Crustacea, Decapoda, Astacidae) on the eastern shelf of the Caspian Sea from 1915 to 2016]. *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Morskiye biologicheskiye issledovaniya: dostizheniya i perspektivy», Sevastopol', 19-24 sentyabrya 2016* [Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference «Marine biological research: achievements and prospects, Sevastopol, 19-24 September 2016]. Sevastopol, 2016, pp. 232-236. (In Russian)
15. Ushivtsev V.B., Vostokov S.V., Akhmedova G.A., Galaktionova M.L., Kotenkov S.A. Current state and economic value of astacofauna in certain areas of the eastern shelf of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 1, pp. 28-36. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-28-36
16. Ginzburg A.I., Kostyanov A.G., Soloviev D.M., Sheremet N.A. Frontal upwelling zone near the eastern coast of the Caspian Sea (satellite observations). *Issledovaniya Zemli iz kosmosa* [Earth Research from Space]. 2006, no. 4, pp. 3-12. (In Russian)
17. Cherkashina N.Ya. Biology of *Astacus leptodactylus eichwaldi* Bott and *Astacuspachypus* Rathke in the Turkmen waters of the Caspian. *Trudy VNIRO* [Labors of VNIRO]. 1974, vol. 99, iss. 5, pp. 70-83. (In Russian)
18. Cherkashina N.Ya. Distribution and biology of thick-clawed crayfish in the Turkmen waters of the Caspian Sea. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 1976, vol. 55, no. 4, pp. 602-606. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Владимир Б. Ушивцев написал рукопись, обработал статистические данные. Майя Л. Галактионова обработала пробы воды и донных отложений, написала рукопись, принимала участие в обсуждении результатов. Сергей А. Котеньков осуществил поиск исторических данных, литературный обзор и редакцию статьи. Татьяна А. Синецына написала рукопись, обработала статистические данные. Гульнара А. Ахмедова принимала участие в обработке данных и оформлении материалов. Мехди Годрати Шозаи принимал участие в обработке данных и редакции рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vladimir B. Ushivtsev wrote the manuscript and analysed statistical data. Maya L. Galaktionova conducted analysis of the samples of water and bottom sediments, wrote the manuscript and participated in the discussion of the findings. Sergey A. Kotenkov carried out search for historical evidence, reviewed the literary and edited the article. Tatyana A. Sinitsyna wrote the manuscript and analyzed statistical data. Gulnara A. Akhmedova participated in conducting data analysis and design of the materials. Mehdi Ghodrati Shojaei participated in the data processing and editing 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

Владимир Б. Ушивцев / Vladimir B. Ushivtsev <https://orcid.org/0000-0003-4305-6111>
 Майя Л. Галактионова / Maya L. Galaktionova <https://orcid.org/0000-0002-5819-6224>
 Сергей А. Котеньков / Sergey A. Kotenkov <https://orcid.org/0000-0003-0462-5553>
 Татьяна А. Синецына / Tatyana A. Sinitsyna <https://orcid.org/0000-0003-1402-7071>
 Гульнара А. Ахмедова / Gulnara A. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0002-4902-691X>
 Мехди Годрати Шозаи / Mehdi Ghodrati Shojaei <https://orcid.org/0000-0002-5594-3730>

Оригинальная статья / Original article

УДК 551.465

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-18-26

Новые данные о гребневике *Beroe ovata* вселенце в Каспийское море

Сергей В. Востоков¹, Анастасия С. Востокова¹, Евгений Н. Лобачев^{2,3}, Реза Рахнама Харатбар⁴, Бехруз Абтахи⁵, Оксана М. Тумалаева⁶, Нухкади И. Рабазанов^{2,7}

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

³Лаборатория комплексных исследований природных ресурсов Западно-Каспийского региона ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

⁴Иранский национальный институт океанографии и атмосферных наук, Тегеран, Иран

⁵Университет имени Шахида Бехешти, Тегеран, Иран

⁶Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал Волгоградского государственного медицинского университета, Пятигорск, Россия

⁷Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Сергей В. Востоков, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; 117997 Россия, г. Москва, Нахимовский проспект, 36. Тел. +79096236875

Email vostokov_s@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0754-9325>

Формат цитирования

Востоков С.В., Востокова А.С., Лобачев Е.Н., Реза Рахнама Харатбар, Бехруз Абтахи, Тумалаева О.М., Рабазанов Н.И. Новые данные о гребневике *Beroe ovata* вселенце в Каспийское море // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 18-26. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-18-26

Получена 26 июля 2021 г.

Прошла рецензирование 13 сентября 2021 г.

Принята 10 ноября 2021 г.

Резюме

Цель. Анализ новых данных о популяциях гребневиков *Beroe ovata* и *Mnemiopsis leidyi* в водах Каспийского моря и оценка параметров адаптации *B. ovata* к новым условиям обитания.

Материал и методы. Материал получен в Дагестанском секторе Среднего Каспия в сентябре-ноябре 2021 года. Для количественного учета гребневиков и зоопланктона использовали большую конусную сеть (КБ) с площадью входного отверстия 0,5 м² и сеть Джеди, с площадью захвата 0,1 м². Количество мелких гребневиков, личинок и яиц определяли в пробах, фиксированных формалином.

Результаты. В сентябре-октябре 2021 г. в водах южного сектора Дагестанского шельфа был обнаружен гребневик *Beroe ovata*. Общая численность берое достигала 32 экз/м², биомасса – 10 г/м². Популяция имела более широкий размерный спектр, чем в октябре 2020. В 2021 г. были отмечены особи размером до 35 мм. Численность *M. leidyi* в районах, где был обнаружен *B. ovata*, была в 3-10 раз меньше, чем в районах, где берое отсутствовал. Зона обитания *Beroe ovata* ограничивалась водами южной части Дагестанского шельфа с диапазоном солености 7,1-5,5 psu.

Заключение. В 2021 году получены новые данные о гребневике *Beroe ovata* – вселенце в Каспийское море. Повторное обнаружение *B. ovata* в Каспийском море свидетельствует о преодолении гребневиком суровых зимних условий Каспия. Этот факт во многом определяет дальнейшую эволюцию экосистемы Каспийского моря. Зафиксированы параметры воздействия нового вселенца на популяцию *M. leidyi*. Проведен анализ распространения *B. ovata* в водах Дагестанского шельфа в зависимости от параметров среды.

Ключевые слова

Каспийское море, экосистема, биологические инвазии, гребневик-вселенцы, *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*.

New data on the ctenophore *Beroe ovata*, an invader to the Caspian Sea

Sergey V. Vostokov¹, Anastasia S. Vostokova¹, Evgeny N. Lobachev^{2,3}, Rahnama Haratbar Reza⁴, Abtahi Behrooz⁵, Oksana M. Tumalaeva⁶ and Nuhkadi I. Rabazanov^{2,7}

¹P.P. Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences (IO RAS), Moscow, Russia

²Precaspian Institute of Biological Research, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

³Laboratory for Comprehensive Research of Natural Resources of the West Caspian Region Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

⁴Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, IR Iran

⁵Shahid Beheshti University, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Tehran, IR Iran

⁶Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, Branch of Volgograd State Medical University, Pyatigorsk, Russia

⁷Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Sergey V. Vostokov, Senior Scientist, Department of Biology, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Department of Biology; 36 Nakhimovsky Prospekt, Moscow, Russia 117997.

Tel. +79096236875

Email vostokov_s@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0754-9325>

How to cite this article

Vostokov S.V., Vostokova A.S., Lobachev E.N., Rahnama Haratbar Reza, Abtahi Behrooz, Tumalaeva O.M., Rabazanov N.I. New data on the ctenophore *Beroe ovata*, an invader to the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 18-26. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-18-26

Received 26 July 2021

Revised 13 September 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. Analysis of new data on populations of invasive ctenophores *Beroe ovata* and *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea and assessment of adaptation of *B. ovata* to new habitat conditions.

Material and methods. The data was obtained in the Dagestan sector of the Middle Caspian Sea in September-November 2021. Ctenophores and zooplankton were collected by a big cone plankton net (BC) with a 0.5 m² opening and a Juday plankton net (0.1 m² opening). Small ctenophores, eggs and zooplankton content were determined in samples fixed with formaldehyde to a final concentration of 4%.

Results. In September-October 2021, the *Beroe ovata* were detected in the shelf waters of Dagestan. The total number of ctenophores reached 32 ind/m², biomass – 10 g/m². Individuals up to 35 mm in size were recorded. The abundance of *M. leidyi* in areas where *B. ovata* was found 3-10 times less often than in areas where it was absent. The habitat of *Beroe ovata* was limited to the southern part of the Dagestan shelf and a salinity range of 7.1-5.5 psu.

Conclusion. In 2021, new data was obtained on the *Beroe ovata* in the Caspian Sea. The detection of *B. ovata* in the Caspian Sea in 2021 indicates that the ctenophore overcame winter conditions of the Caspian Sea. The fact determines the further evolution of the Caspian Sea ecosystem. The parameters of the impact of the new alien on the population of *M. leidyi* were recorded. An analysis of *B. ovata* distribution in the waters of the Dagestan shelf depending on environmental conditions was carried out.

Key Words

Caspian Sea, ecosystem, ctenophores, *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*.

ВВЕДЕНИЕ

Случайная интродукция гребневика *Mnemiopsis leidyi*, завезенного с балластными водами нефтеналивных судов, привела к катастрофическим изменениям в экосистеме Каспийского моря [1-4]. Гребневик *M. leidyi* достаточно быстро адаптировался к условиям низкой солености и температурному режиму Каспийского моря. Не имея в Каспии естественных врагов, обладая широким спектром питания и высокой интенсивностью размножения, гребневик мнемипсис получил существенные экологические преимущества перед пищевыми конкурентами – рыбами планктофагами. Его массовое развитие уже в первые годы инвазии (1998-2002) достигло уровня экологической катастрофы. Существенно подорвав кормовую базу планктоноядных

рыб, гребневик привел в упадок морское рыболовство [5].

Появление в Каспийском море хищного гребневика *Beroe ovata* (рис. 1) является важным событием для дальнейшей эволюции каспийской экосистемы [6]. Интродукция в Каспийское море хищных гребневиков рода *Beroe* обсуждалась в начале 2000 годов, как наиболее эффективный метод биологического контроля над инвазией *M. leidyi*. В ряде прикаспийских стран проводились эксперименты по акклиматизации *Beroe ovata* в Каспийском море [7; 8]. Результаты экспериментов указывали на потенциальную способность берое к адаптации и размножению в условиях Каспийского моря. При этом мероприятия по искусственной интродукции *B. Ovata* не проводились.



Рисунок 1. Гребневик *Beroe ovata* – новый вселенец в Каспийское море
Figure 1. The ctenophore *Beroe ovata* – a new invader in the Caspian Sea

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в рамках экологического мониторинга вод Дагестанского шельфа Каспийского моря в сентябре – ноябре 2021 года на пяти опорных станциях, расположенных вдоль изобаты 10 м (рис. 2). Для учета гребневиков использовали большую конусную сеть (КБ) с площадью входного отверстия 0,5 м² и размером ячеи 500 мкм [9; 10]. Пробы зоопланктона отбирали сетью Джеди с площадью захвата фильтрующего конуса 0,1 м² (размер ячеи 180 мкм). Сетные ловы были выполнены на пяти станциях totally в слое от дна до поверхности. Гребневиков размером более 5 мм учитывались и измерялись на борту судна. Количество и размеры мелких гребневиков, личинок и яиц определяли во всех сетных пробах, фиксированных формалином до конечной концентрации 4%, с применением бинокулярных микроскопов МБС-10 и Olympus SZ51. Биомассу гребневиков определяли исходя из численности и размеров тела. Кроме того, в период исследований были проведены измерения температуры и солености воды, отобраны пробы фитопланктона, проведено зондирование гидрофизических параметров и флуоресценции, выполнены определения концентраций хлорофилла, первичной продукции, физиологического состояния планктонных водорослей.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С середины сентября по ноябрь 2021 года на акватории западного шельфа Среднего Каспия зафиксировано присутствие нового вселенца гребневика *Beroe ovata*. Район обнаружения – прибрежные воды на юге дагестанского шельфа. Численность берое достигала 30 экз/м², биомасса 10 г/м² (сырой вес). Популяция *B. ovata* осенью 2021 г. имела более широкий размерный спектр, чем в октябре 2020 г., когда в планктоне преобладали личинки и мелкие особи в размерном диапазоне от 5 до 20 мм. В сентябре-октябре 2021 г. были впервые зафиксированы особи размером до 35 мм.

Осенью 2021 г. в южной части дагестанского сектора, в присутствии *Beroe ovata*, численность мнемипсиса была в 3-10 раз ниже, чем в соседних районах, где берое отсутствовал (рис. 2). В сентябре-октябре 2021 г. основной пищевой объект берое – гребневик мнемипсис был распространен вдоль всего дагестанского шельфа в водах с диапазоном солености от 7,2 до 3,8 psu. При этом граница проникновения берое вдоль дагестанского побережья на север была зафиксирована на широте г. Дербент при солености морской воды 5,5-6,0 psu и температуре воды 16,0°C. Структура мезозоопланктона осенью 2021 г., как и в 2020 г. характеризовалась доминированием по численности и биомассе мелкой копеподы *Acartia tonsa*.



Рисунок 2. Распределение численности гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* в дагестанском секторе Каспийского моря. Цифры – солёность psu

Figure 2. Distribution of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* in the Dagestan sector of the Caspian Sea. Numbers – salinity psu

Для понимания текущего состояния экосистемы Каспийского моря в связи с интродукцией нового вселенца необходимы круглогодичные исследования в Южном, Среднем и Северном Каспии. Главный вопрос – анализ параметров поступательной адаптации берое к новым условиям среды и его взаимодействия с популяцией *M. leidyi*.

В 2021 году был получен принципиально важный результат, свидетельствующий о том, что новый вселенец гребневик *Beroe ovata* смог адаптироваться к суровым зимним условиям Каспийского моря, и сохранил способность к воспроизводству.

В текущий период единственным источником регулярной информации о состоянии популяций гребневиков и других компонентов экосистемы является экологический мониторинг прибрежных вод дагестанского сектора Каспийского моря, организованный силами ИОРАН, Дагестанского университета, ДФИЦ РАН при участии сотрудников Дагестанского заповедника. Известно, что прибрежные воды, обладающие большей продуктивностью, чем районы открытого моря, являются зоной предпочтения для развития популяций гребневиков [10-12]. Поэтому

исследования гребневиков в прибрежных районах имело приоритетный характер.

Дагестанский сектор Каспийского моря имеет большую протяженность с севера на юг и характеризуется широким диапазоном условий морской среды, определяющих развитие планктонных сообществ, в том числе, гребневиков. Шельфовые воды западного Каспия подвержены значительному влиянию речного стока, которое усиливается с юга на север. Влияние речного стока может также иметь выраженный сезонный и локальный характер, создавая для морских организмов временные и постоянные барьерные зоны и ограничивая их распространение. Так, диапазон изменения солёности вдоль Дагестанского побережья может включать критические значения, которые могут ограничивать проникновение гребневиков в воды Северного Каспия. Этот факт позволяет исследовать адаптацию *B. ovata* к условиям низкой солёности, характерной для большей части акватории Каспийского моря. Исследования в сентябре-октябре 2021 года показали наличие жизнеспособной популяции берое на юге дагестанского сектора. Солёность в районе обнаружения берое составляла 5,5-7,1 psu. Граница проникновения берое на север в прибрежных водах

зафиксирована на широте г. Дербент при солености 5,5-6,0 psu (см. рис. 2). Исследования, проведенные вдоль всего Дагестанского побережья в августе 2021 года, не зафиксировали присутствия гребневика берое (Ушивцев В. Б., устное сообщение), что уточняет начало сезонного развития популяции берое в водах Среднего Каспия. Отметим, что исследования на акватории дагестанского шельфа в августе 2021 г. проходили в благоприятных для гребневиков температурных условиях. Гребневик *M. leidy* в период наших исследований в сентябре-октябре был распространён вдоль всего побережья Дагестана, где его численность при отсутствии берое, по предварительным данным, превышала 700 экз/м². Причем вдоль всего побережья наблюдалось активное размножение мнемипсиса. Многочисленные предшествующие наблюдения в центральной части Северного Каспия, в районе влияния стока Волги, показали, что популяция *M. leidy* может развиваться при солености до 4 psu и даже менее. Подобная ситуация наблюдалась в прибрежных водах Дагестана в 2021 г. где популяция мнемипсиса существовала в водах с диапазоном солености от 7,2 до 3,8 psu.

Первые данные о распространении берое в дагестанском секторе Каспия свидетельствуют о различной степени адаптации гребневиков к условиям среды, в первую очередь, к низкой солености. В результате на обширных акваториях Среднего и Северного Каспия, занятых популяцией *M. leidy*, гребневик *B. ovata* отсутствовал. На основе исследований 2021 года можно заключить, что на данном этапе инвазии берое барьерной зоной являются воды с соленостью 5,5-6 psu. Отметим, что в октябре 2020 г. *B. ovata* был обнаружен в глубоководной части шельфа на широте г. Махачкала, т.е. значительно севернее, чем на мелководье в 2021 году [6]. При этом соленость в районе первичного обнаружения составляла 11,1 psu, что гораздо выше, чем в прибрежных водах. По всей вероятности, в водах глубоководной части шельфа, не подверженных сильному опреснению, граница проникновения берое может находиться значительно севернее, чем в прибрежье.

Взаимодействие популяций мнемипсиса и берое имеют много аспектов, связанных с различной способностью гребневиков адаптироваться к новым условиям среды, а также с их взаимной адаптацией. Характерно, что на начальном этапе инвазии, наблюдаемой нами в Среднем Каспии, гребневик берое не демонстрирует бурного развития и быстрого тотального подавления популяции мнемипсиса, как это происходило в Черном море [13]. В прибрежной зоне осенью 2021 г. наблюдалось длительное (около месяца) сосуществование берое с развитой популяцией *M. leidy*. Возможно, это связано с разной интенсивностью размножения гребневиков, которая зависит от адаптации к неблагоприятным условиям среды. При этом в районах первичного обнаружения берое в глубоководной части шельфа в октябре-ноябре 2020 г. мнемипсис в планктоне отсутствовал.

Черное море, экосистема которого прошла стадии деградации и восстановления в результате случайной интродукции гребневика *M. leidy*, а затем и *B. ovata*, может служить модельным водоемом с точки зрения прогноза развития экосистем, находящихся под воздействием инвазивных видов гребневиков. Наблюдения в Черном море показали, что мнемипсис имеет более широкий диапазон температурной адаптации, чем берое. Это позволяло мнемипсису избегать контакта с популяцией берое в водной толще, перемещаясь в термоклин и более холодные глубинные слои. При этом берое, обычно следовавший за популяцией мнемипсиса, оставался в более теплых поверхностных слоях, что сокращало зону контакта популяций и снижало воздействие берое на популяцию мнемипсиса. Аналогичная ситуация может быть реализована в географическом масштабе, что в условиях Каспийского моря имеет особое значение в силу его меридионального расположения и большого диапазона температурных условий. Результаты исследований в Черном море также свидетельствовали о способности берое к поступательной температурной адаптации, что привело к расширению периода его присутствия в планктоне до декабря и, соответственно, к увеличению продолжительности его воздействия на популяцию мнемипсиса [6; 13]. Аналогичную адаптацию берое к условиям среды можно ожидать и в Каспийском море.

Не меньшую роль во взаимодействии вселенцев будет играть различие в адаптации гребневиков к условиям низкой солености и нехарактерного для морских вод соотношения основных ионов. Очевидно, что солёность будет иметь большее значение как фактор, ограничивающий распространение берое по акватории Северного и Среднего Каспия в летний период, чем температура. Температура морской среды имеет определяющее значение в зимний период, будучи фактором, ограничивающим ареал гребневиков, а также основной характеристикой определяющей условия зимовки в водах Южного Каспия. В последние годы, судя по спутниковым данным, температура поверхностного слоя в Южном Каспии не опускалась ниже 10°C и имела общую тенденцию к повышению (рис. 3). Это создавало благоприятные условия для сохранения и воспроизводства популяций гребневиков *M. leidy* и *B. ovata* в холодный период.

Отмеченная нами ранее адаптация Черноморской популяции *B. ovata* к температурам 9-10°C, по-видимому, и обеспечивает возможность выживания гребневика в зимних условиях Южного Каспия.

Результаты предшествующих исследований [5] показали, что за последнее десятилетие в Каспийском море происходило снижение средней биомассы мнемипсиса, которое сопровождалось увеличением исследовательских уловов анчоусовидной кильки (рис. 4). Причины естественных колебаний численности и биомассы гребневиков до конца не изучены.

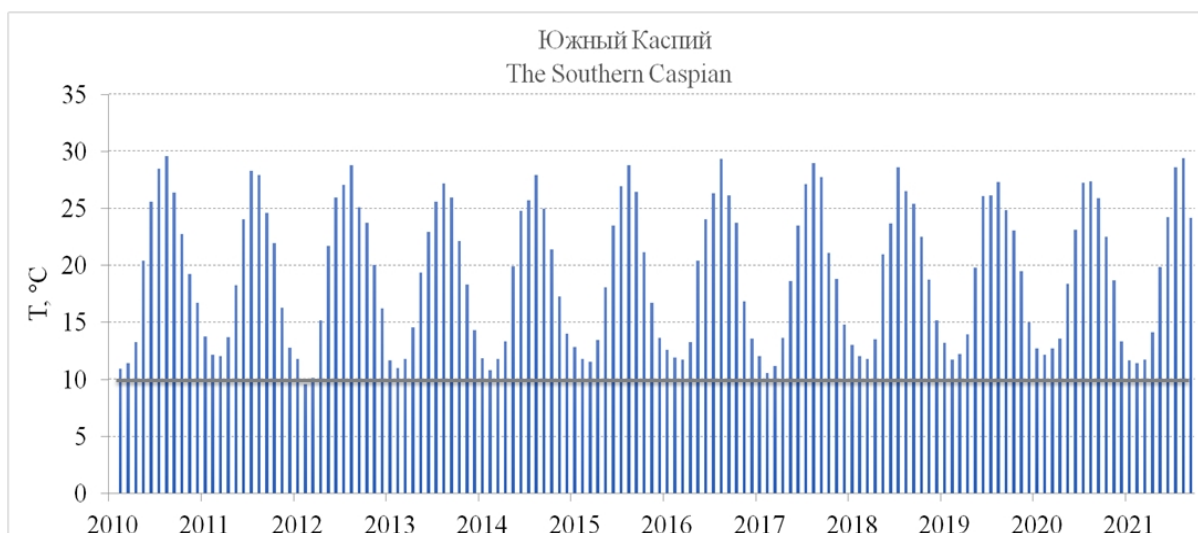


Рисунок 3. Динамика среднемесячных температур в поверхностном слое Южного Каспия по данным MODIS-Aqua [14]

Figure 3. Dynamics of average monthly temperatures in the surface layer of the Southern Caspian Sea MODIS-Aqua [14]

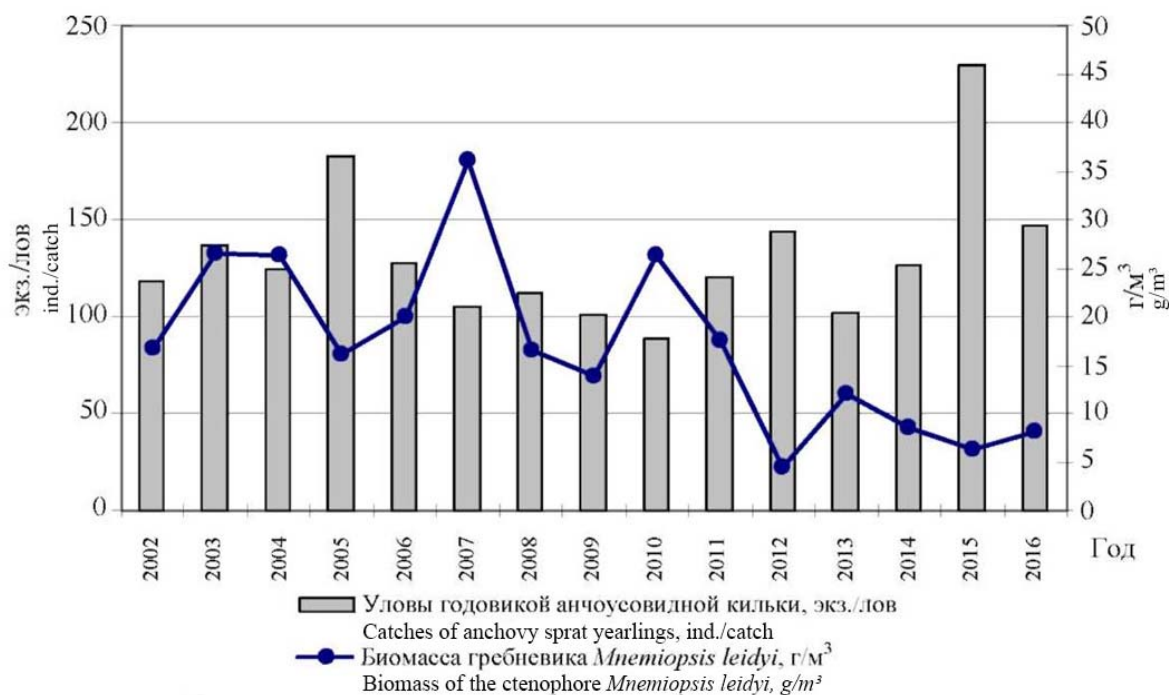


Рисунок 4. Многолетние колебания исследовательских уловов годовиков анчоусовидной кильки и средней биомассы гребневика мнемииопсиса в Каспии [5]

Figure 4. Long-term fluctuations in the research catches of yearlings of anchovy sprat and the average biomass of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea [5]

Поэтому для оценки воздействия берое на Каспийскую популяцию *M. leidyi* необходимо зафиксировать уровень ее развития в различных районах Каспия в годы, предшествующие интродукции *B. ovata*. Несмотря на небольшой объем доступных данных, собранных за последние годы, можно констатировать, что численность мнемииопсиса в Северном Каспии, в период наибольшего развития в августе – сентябре (данные 2019-2020 гг.), примерно вдвое выше соответствующих значений для Южной части моря (рис. 5). При этом

средние значения численности *M. leidyi* в шельфовых водах Дагестанского сектора и прибрежных районах Южного Каспия можно отнести к величинам одного порядка.

Контроль за развитием популяций гребневиков в южной части Каспия имеет особое значение, так как в этой части моря будет происходить круглогодичное взаимодействие *M. leidyi* и *B. Ovata*, определяющее их ежегодное расселение по всей акватории моря.

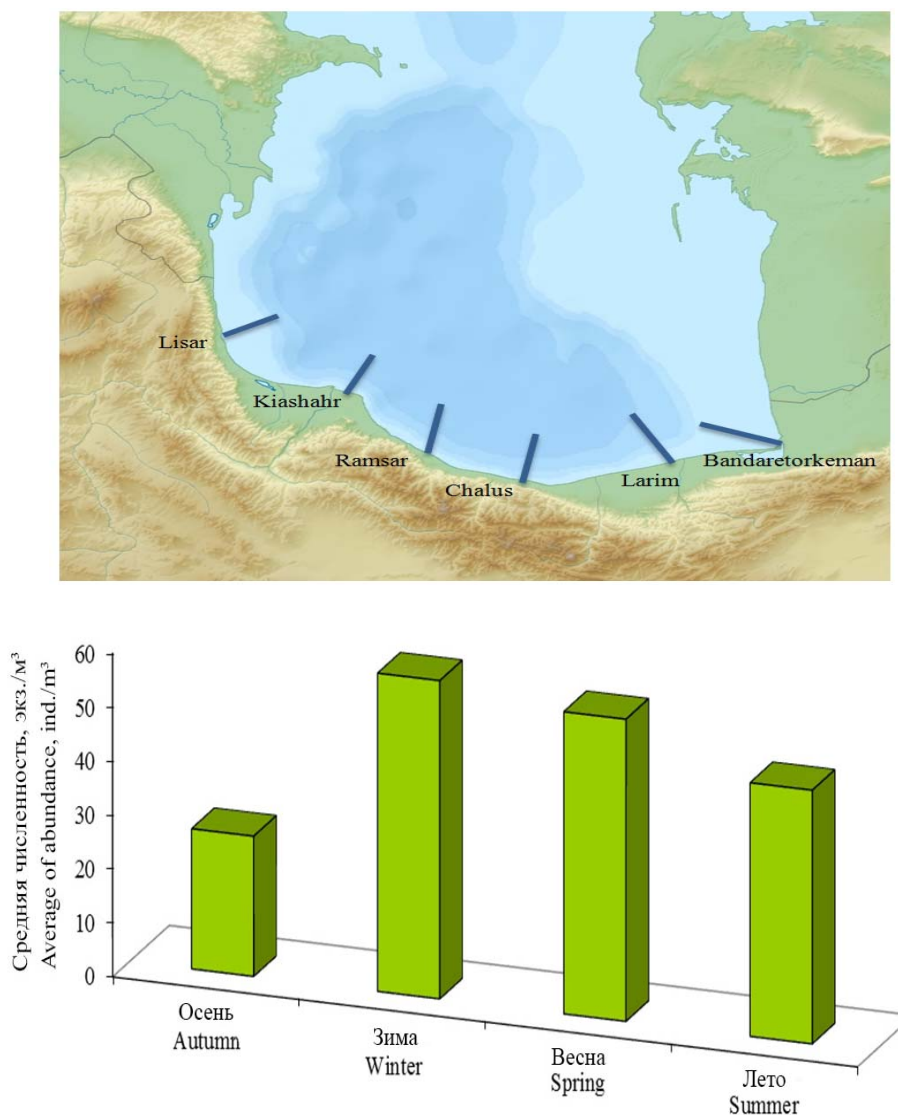


Рисунок 5. Район исследований и средняя численность гребневика *Mnemiopsis leidyi* в прибрежных водах Южного Каспия

Figure 5. The research area and the average number of *Mnemiopsis leidyi* in the coastal waters of the Southern Caspian

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований 2021 г. в прибрежных водах Дагестана получены новые данные о гребневике *Beroe ovata* – новом вселенце в Каспийское море. Повторное обнаружение *B. ovata* свидетельствует о преодолении гребневиком суровых зимних условий Каспия, что является чрезвычайно важным фактором дальнейшей эволюции экосистемы Каспийского моря и восстановления его биоресурсов, пострадавших от нашествия гребневика *Mnemiopsis leidyi*. Увеличение размерного спектра популяции *B. ovata* по сравнению с октябрём 2020 г. и его активное размножение в прибрежных водах свидетельствует о поступательной адаптации гребневика к условиям Каспийского моря. Зафиксированы параметры воздействия нового вселенца на популяцию *M. leidyi*. Отмечено, что популяция берое на начальном этапе акклиматизации не достигала возможного уровня развития в Среднем Каспии. Проведен анализ распределения *B. ovata* в водах Дагестанского шельфа в зависимости от параметров среды, ограничивающих его распространение в Каспийском море. На основе

многолетних спутниковых наблюдений отмечены благоприятные температурные условия для летнего развития популяции гребневиков на акватории Каспийского моря и их зимовки в Южном Каспии.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят к.б.н. Ушивцева В.Б. за предоставленную информацию, д.б.н. Мокиевского В.О. и с.н.с. Максимову О.В. за критику и полезное обсуждение результатов, а также руководство Дагестанского заповедника за материально-техническую помощь в организации исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-54-56053, гранта ННФИ № 99003103 и Госзадания №0128-2021-0004.

ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to V.B. Ushitsev for the information provided, Professor V.O. Mokievsky and senior scientist O.V. Maximova for their criticism and useful discussion of the results, as well as the leadership of the

Dagestan Reserve for material and technical assistance in organizing research.

This work was funded by RFBR according to the research project № 20-54-56053, INSF, project number №99003103 and State Assignment, project № 0128-2021-0004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ivanov V.P., Kamakin A.M., Ushvtzev V.B., Shiganova T.A., Zhukova O., Aladin N., Susan I., Wilson S.I., Harbison G.R., Dumont H.J. Simultaneous invasion of the Caspian Sea by two jellies *Mnemiopsis* and *Aurelia* // Journal Biological Invasions. 2000. N 2. P. 255-258.
2. Востоков С.В., Ушивцев В.Б., Лисицын Б.Е., Соловьев Д.М. Летнее состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* – вселенца в Каспийском море и его связь с условиями среды обитания // Океанология. 2004. Т. 44. N1. С. 90-98.
3. Камакин А.М., Чиженкова О.А., Зайцев В.Ф. Влияние *Mnemiopsis leidyi* на некоторые трофические звенья Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2010. N 2. С. 33-42.
4. Камакин А.М., Зайцев В.Ф. Закономерности многолетней и межсезонной динамики популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море // Юг России: экология, развитие. 2012. N1. С. 96-103.
5. Камакин А.М., Ходоревская Р.П. Влияние популяции вселенца *Mnemiopsis leidyi* А. Agassiz, 1865 на рыбное население каспийского моря // Биология внутренних вод. 2018. N2 С. 51-56. DOI: 10.7868/S0320965218020067
6. Востоков С.В., Гаджиев А.А., Востокова А.С., Рабазанов Н.И. Гребневик *Beroe* cf. *ovata* в Каспийском море. Начало нового этапа эволюции Каспийской экосистемы? // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N4. С. 21-35. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-21-35
7. Воловик С.П., Корпакова И.Г. Материалы к биологическому обоснованию вселения в Каспий *Beroe ovata* как фактора биоконтроля над развитием популяции *Mnemiopsis leidyi* // Научный бюллетень Каспийского плавучего университета. 2002. N 3. С. 112-122.
8. Comprehensive study on probability of controlling Caspian Sea invasive Ctenophora Activity 4: The laboratory study on probability of controlling *Mnemiopsis leidyi* by use of *Beroe ovata* (reproduction study of *B. ovata* in the Caspian Sea water) Iranian Fisheries Science Research Institute. Report. Tehran. Iran. 2007.
9. Шушкина Э.А., Виноградов М.Е., Лукашева Т.А., Лебедева Л.П. Востоков С.В. Сравнительное использование различных орудий лова планктона при мониторинге многолетних изменений черноморских сообществ // Океанология. 2003. Т. 43. N 5. С. 744-750.
10. Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Анохина Л.Л., Востоков С.В., Кучерук Н.В., Лукашева Т.А. Массовое развитие гребневика *Beroe ovata* Eschscholtz у северо-восточного побережья Черного моря // Океанология. 2000. Т. 40. N 1. С. 52-55.
11. Востоков С.В., Арашкевич Е.Г., Дриц А.В., Лукашев Ю.Ф. Эколого-физиологические характеристики гребневика *Beroe ovata* в прибрежной зоне Черного моря: численность, биомасса, размерная характеристика популяции, поведение, питание, метаболизм // Океанология. 2001. Т. 41. N1. С. 109-115.
12. Арашкевич Е.Г., Анохина Л.Л., Востоков С.В., Луппова Н.Е. Репродукционная стратегия гребневика *Beroe ovata* (Ctenophora. Atentaculata. Beroidea) – нового

вселенца в Черное море // Океанология. 2001. Т. 41. N2. С. 116-120.

13. Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Vostokov S.V., Vereshchaka A.L., Lukasheva T.A. Interaction between the populations of the ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* off the Caucasian coast of the black sea // Oceanology. 2002. Т. 42. N5. С. 661-669.
14. NASA's OceanColor Web. URL: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 09.06.2021)

REFERENCES

1. Ivanov V.P., Kamakin A.M., Ushvtzev V.B., Shiganova T.A., Zhukova O., Aladin N., Susan I., Wilson S.I., Harbison G. R., Dumont H.J. Simultaneous invasion of the Caspian Sea by two jellies *Mnemiopsis* and *Aurelia*. Journal Biological Invasions, 2000, no. 2, pp. 255-258.
2. Vostokov S.V., Ushvtsev V.B., Lisitsyn B.E., Solovyov D.M. Summer state of the population of *Mnemiopsis leidyi* – an invader in the Caspian Sea and its relation to habitat conditions. Okeanologiya [Oceanology]. 2004, vol. 44, no. 1, pp. 90-98. (In Russian)
3. Kamakin A.M., Chizenkova O.A., Zaizev V.F. *Mnemiopsis leidyi* impact on some trophical chains of the Caspian Sea. Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology, development]. 2010, vol. 5, no. 2, pp. 67-74. (In Russian)
4. Kamakin A.M., Zaitsev V.F. Regularities of long-term and interseasonal dynamics of the ctenophore *Mnemiopsisleidyi* population in the Caspian Sea. Yug Rossii: ekologiya, razvitie [South of Russia: ecology, development]. 2012, vol. 7, no. 1, pp. 96-102. (In Russian)
5. Kamakin A.M., Khodorevskaya R.P. Impact of the alien species *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 on fish of the Caspian Sea. *Inland Water Biology*, 2018, no. 2, pp. 51-56. (In Russian) DOI: 10.7868/S0320965218020067
6. Vostokov S.V., Gadgiev A.A., Vostokova A.S., Rabazanov N.I. The ctenophore *Beroe* cf. *ovata* in the Caspian Sea. The beginning of a new stage in the evolution of the Caspian ecosystem? *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 21-35. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-421-35
7. Volovik S.P., Korpakova I.G. Materials for the biological justification of the introduction of *Beroe Ovata* into the Caspian Sea as a factor of biocontrol over the development of the *Mnemiopsis* population. Nauchnyi byulleten' Kaspiiskogo plavuchego universiteta [Scientific Bulletin of the Caspian Floating University]. 2002, no. 3, pp. 112-122. (In Russian)
8. Comprehensive study on probability of controlling Caspian Sea invasive Ctenophora Activity 4: The laboratory study on probability of controlling *Mnemiopsis leidyi* by use of *Beroe ovata* (reproduction study of *B. ovata* in the Caspian Sea water). Iranian Fisheries Science Research Institute. Report. Tehran, Iran, 2007.
9. Shushkina E.A., Vinogradov M.E., Lukasheva T.A., Lebedeva L.P., Vostokov S.V. Comparative use of various plankton fishing tools for monitoring long-term changes in the black sea communities. Okeanologiya [Oceanology]. 2003, vol. 43, no. 5, pp. 744-750. (In Russian)
10. Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Anokhina L.L., Vostokov S.V., Kucheruk N.V., Lukasheva T.A. Mass development of the *Beroe ovata* eschscholtz near the North-Eastern coast of the Black Sea. Okeanologiya [Oceanology]. 2000, vol. 40, no. 1, pp. 52-55. (In Russian)
11. Vostokov S.V., Arashkevich E.G., Drits A.V., LukashevYu.F. Ecological and physiological characteristics

of the ctenophore *Beroe ovata* in the coastal zone of the Black Sea: population, biomass, size characteristics of the population, behavior, nutrition, metabolism. *Okeanologiya* [Oceanology]. 2001, vol. 41, no. 1, pp. 109-115. (In Russian)

12. Arashkevich E.G., Anokhina L.L., Vostokov S.V., Luppova N.E. Reproductive strategy of the ctenophore *Beroe ovata* (Ctenophora. Tentaculata. Beroida) – a new invader in the Black Sea. *Okeanologiya* [Oceanology]. 2001, vol. 41, no. 2, pp. 116-120. (In Russian)

13. Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Vostokov S.V., Vereshchaka A.L., Lukasheva T.A. Interaction between the populations of the ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* off the Caucasian coast of the Black Sea. *Okeanologiya* [Oceanology]. 2002, vol. 42, no. 5, pp. 661-669.

14. NASA's OceanColor Web. Available at: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> (accessed 09.06.2021)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей В. Востоков собрал и обработал полевые данные, проанализировал результаты, написал рукопись.

Нухкади И. Рабазанов проанализировал результаты и исторические данные, участвовал в написании рукописи.

Анастасия С. Востокова обработала полевые данные, собрала и проанализировала климатические данные, подготовила иллюстрации, участвовала в написании рукописи.

Евгений Н. Лобачев и Оксана М. Тумалаева собрали, обработали и проанализировали полевые данные.

Реза Рахнама Харатбар и Бехруз Абтахи обработали и проанализировали полевые данные по Южному Каспию, участвовали в написании рукописи.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sergey V. Vostokov undertook collection and processing of field data, analysis of the results, and wrote writing the article.

Nuhkadi I. Rabazanov analysed results and historical data and participated in writing the article.

Anastasia S. Vostokova undertook field data processing, collected and analysed climate data, prepared illustrations and participated in writing the manuscript.

Evgeny N. Lobachev and Oksana M. Tumalaeva collected, processed and analysed field data.

Reza Rahnama Haratbar and Behrooz Abtahi processed and analysed field data from the Southern Caspian Sea and participated in the writing of the article.

All authors are equally 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

Сергей В. Востоков / Sergey V. Vostokov <https://orcid.org/0000-0002-0754-9325>

Анастасия С. Востокова / Anastasia S. Vostokova <https://orcid.org/0000-0002-8547-3776>

Евгений Н. Лобачев / Evgeny N. Lobachev <https://orcid.org/0000-0001-7688-8454>

Реза Рахнама Харатбар / Reza Rahnama Haratbar <https://orcid.org/0000-0003-3005-2760>

Бехруз Абтахи / Behrooz Abtahi <https://orcid.org/0000-0002-4049-0505>

Оксана М. Тумалаева / Oksana M. Tumalaeva <https://orcid.org/0000-0002-0033-7960>

Нухкади И. Рабазанов / Nuhkadi I. Rabazanov <https://orcid.org/0000-0001-7664-6308>

Оригинальная статья / Original article
УДК 632.937.3
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-27-36

Экологически безопасная защита чайных плантаций юга России

Евгения В. Кашутина, Людмила Н. Бугаева, Татьяна Н. Игнатьева, Ирина В. Хейшхо

Лазаревская опытная станция защиты растений – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Сочи, Россия

Контактное лицо

Евгения В. Кашутина, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Лазаревская опытная станция защиты растений – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 354200 Россия, г. Сочи, ул. Сочинское шоссе, 77. Тел. +79054753513
Email kashutinaev@mail.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6179-2019>

Формат цитирования

Кашутина Е.В., Бугаева Л.Н., Игнатьева Т.Н., Хейшхо И.В. Экологически безопасная защита чайных плантаций юга России // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 27-36. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-27-36

Получена 26 июня 2021 г.
Прошла рецензирование 27 июля 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Экологически безопасная защита чайных плантаций юга России в период возрождения ранее процветающей отрасли, разработка стратегии развития биологической защиты чаеводства в долгосрочной перспективе, требующая интеграции науки и производства.

Материал и методы. Зараженность плантации вредителями выявлялась в ходе фитосанитарных обследований. По методике Шапиро осуществляется подсчет числа особей вредителей на единицу площади. Исследования эффективности криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) в отношении чайной пульвиарии проводили на чайных плантациях Лазаревского района г. Сочи.

Результаты. Даны обоснования необходимости обеспечения научного сопровождения при проведении работ на сельхозугодьях при разработке экологически безопасной защиты чая от вредителей и болезней. Приведены результаты обследований чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского края по выявлению наиболее опасных для урожайности плантаций вредителей, изучения эффективности криптолемуса в отношении чайной пульвиарии на культуре чая. В результате проведенных исследований отработаны методика, нормы, кратности выпуска хищника криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.), как в стадии личинок, так и имаго, при высокой заселенности растений чая вредителем. Исследования проводились с использованием материально-технической базы УНУ «Государственная коллекция живых энтомоакарифагов и энтомопатогенов».

Выводы. Возрождение чайных плантаций предполагает комплекс мероприятий, направленных на повышение продуктивности: совершенствование системы подрезки кустов и способов сбора листа, ремонта, орошения и удобрения, механизация работ на плантациях. Использование экологически безопасных методов защиты от наиболее вредоносных объектов позволяет получать чайное сырье высочайшего качества.

Ключевые слова

Чай, *Pulvinaria floccifera* West., *Abgrallaspis cyanophilli* Sign., *Pseudoacnidia peoniae* C., *Aspidiotus destructor* Sign., *Paraetriotes theae* Kuhn., *Toxoptera auranti* B., биологическая защита, *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.

Environmentally friendly protection of tea plantations in the south of Russia

Evgeniya V. Kashutina, Ludmila N. Bugaeva, Tatyana N. Ignateva and Irina V. Heishho

Lazarevskaya Experimental Plant Protection Station – branch of the Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection, Sochi, Russia

Principal contact

Evgeniya V. Kashutina, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Lazarevskaya Experimental Plant Protection Station, branch of the Federal Scientific Centre for Biological Plant Protection; 77 Sochinskoe St, Sochi, Russia 354200.

Tel. +79054753513

Email kashutinaev@mail.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6179-2019>

How to cite this article

Kashutina E.V., Bugaeva L.N., Ignateva T.N., Heishho I.V. Environmentally friendly protection of tea plantations in the south of Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 27-36. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-27-36

Received 26 June 2021

Revised 27 July 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. Environmentally safe protection of tea plantations in southern Russia during the revival of a previously prosperous industry and development of a strategy for the development of biological protection of tea growing in the long term which requires the integration of science and production.

Material and Methods. Pest contamination of the plantation was detected during phytosanitary surveys. The number of individual pests per unit area is calculated according to the Shapiro method. Studies of the effectiveness of the Australian ladybird beetle cryptolemus (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) in relation to tea pulvinaria were carried out on tea plantations in the Lazarevsky district of Sochi.

Result. Justifications are given for the need to provide scientific support during work on farmland when developing environmentally safe protection of tea from pests and diseases. The results of surveys of tea plantations of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory on the identification of the most dangerous pests for the yield of plantations together with the study of the effectiveness of cryptolemus in relation to tea pulvinaria (cottony camellia scale) in tea culture are given. As a result of the studies, the methodology, norms and multiplicity of the release of the cryptolaemus predator (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) were worked out, both in the larval and imago stages, with heavily infested tea plants. The research was carried using the material and technical facilities of the unique scientific installation, State Collection of Living entomoacariphages and entomopathogens.

Conclusion. The revival of tea plantations involves a set of measures aimed at increasing productivity: improving the system of cutting bushes and methods of collecting leaf, repairing, irrigating and fertilizing and mechanizing work on plantations. The use of environmentally friendly methods of protection against the most harmful objects allows the obtaining of tea raw materials of the highest quality.

Key Word

Tea, *Pulvinaria floccifera* West., *Abgrallaspis cyanophilli* Sign., *Pseudoacnidia peoniae* C., *Aspidiotus destructor* Sign., *Paraetriotes theae* Kusn., *Toxoptera auranti* B., biological defense, *Cryptolaemus montrouzieri* Muls.

ВВЕДЕНИЕ

Чай – один из самых древних и в наше время самых распространенных напитков на земном шаре, его употребляет более половины населения всего мира. Широкое распространение получил во многих странах, в том числе и в России. В Россию караваны с чаем из Китая пришли в 1658 и 1666 годах, а в середине XVII века чай в Россию поставляли уже регулярно. На Руси тогда его пили исключительно как лекарство при желудочных болезнях и как средство от похмелья. «Лекарство» это было очень дорогим. Основная масса населения пила тогда отвар шалфея, иван-чая или липового цвета.

Второй период чаеоторговли с Китаем начался после Нерчинского договора 1689 года, который предусматривал и меновую форму. Она шла на правом берегу Иртыша – у Ямышского озера. Бухарские торговцы ввозили его в Россию контрабандой. Назрела необходимость выращивания и производства чая в России [1].

Распространение и развитие чайных растений в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий мест его обитания. Возделывание промышленной культуры чая приурочено к тропическим и субтропическим регионам земного шара [2; 3].

Первые чайные плантации в России появились в районе Чаквы в Грузии.

В 1893 году устанавливается наличие почв пригодных для выращивания чая в Сочинском и Туапсинском округах. Первая чайная плантация в Краснодарском крае была заложена в окрестностях города Сочи в 1901 году И.А. Кошман (Иуда Кошман – бывший рабочий чайных плантаций известного российского чаепромышленника К.С. Попова). Им была заложена в селении Солохаул небольшая плантация на площади 1350 кв. м, семенами чая, привезенными из Чаквы. Благодаря хорошему уходу кусты чая хорошо развивались и не вымерзли под снегом. В дальнейшем семена с акклиматизированных растений использовались для посева в еще более суровых условиях [4].

Первые промышленные плантации чая были заложены в 1936 году в Адлерском и Лазаревском районе. Наиболее крупные и успешные по своим результатам промышленные плантации чая заложены в 1947-1955 гг. К 1960 году общая площадь, занятая культурой чая, составила 2,7 тыс. га [5].

Чаеводческая отрасль до 1990 года была одной из ведущих отраслей сельского хозяйства г. Сочи, однако с 1990 года начался резкий спад. Объем производства чайного листа снизился на 5,6 тыс. тонн к 2000 году.

Проблема возрождения ранее процветающей отрасли чаеводства в настоящее время является достаточно актуальной. В Краснодарском крае впервые за последние 40 лет была подготовлена программа «Развитие чаеводства и субтропического плодоводства» на 2012-2013 годы с объемом финансирования около 120 млн. рублей. Ее реализация позволила существенно расширить производство и переработку сочинского чайного листа и, по экспертным оценкам, повысить долю российского чая на внутреннем рынке с нынешних 1,5 до 5%. А в перспективе этот показатель может быть увеличен до 10-12%. По поручению

губернатора Вениамина Кондратьева разработана программа развития отрасли чаеводства в крае на период 2017-2021 годы [6].

Краснодарский чай является визитной карточкой курорта, и для развития отрасли необходима интеграция науки и производителей. У ученых есть перспективные наработки по селекции, генетике чая, повышению плодородия почв. В январе 2019 года были утверждены стандарты «Краснодарского чая». Соответствующее соглашение было подписано между членами ассоциации чаеводов.

Российское чаеводство ныне сконцентрировано в районе г. Сочи и частично в Адыгее. Адыгейский филиал Субтропического научного центра РАН вывел и запатентовал новый сорт самого северного чая в мире. Причем работа по этому сорту проводилась более 60 лет [7; 8]. Потенциальная площадь чайных плантаций в Адыгее упомянутым НИИ оценивается в 8,6 тыс. га – почти столько, сколько в регионе Сочи-Туапсе.

1 апреля 2021 года в Сочи прошла научно-практическая конференция, направленная на выработку комплекса дополнительных мер для развития уникального национального достояния и бренда «Краснодарский чай».

Развитию чаеводства в регионе уделяют пристальное внимание, только в этом году выделено 7 млн. рублей на реконструкцию чайных плантаций, заложены средства на научное сопровождение, связанное с развитием производства посадочного материала чая – отметил начальник отдела садоводства министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края Евгений Крицкий. Восстановление чаеводства сокращает площадь неиспользуемых сельхозземель и создает новые рабочие места.

В настоящее время земли, пригодные для выращивания чая в Краснодарском крае, занимают территорию свыше 1,2 тыс. га. В прошлом году за счет увеличения площади чайных плантаций было собрано почти 344 тонны чайного листа, выше показателя 2019 года на 16%.

По результатам конференции, сельхозпроизводителям краснодарского чая рекомендовано обеспечить научное сопровождение при проведении работ на сельхозугодиях, в том числе при разработке стратегии экологически безопасной защиты чая от вредителей и болезней.

Чай, возделываемый в нашей стране, в относительно суровых условиях климата, приближенного к влажным субтропикам, значительно меньше повреждается вредителями и болезнями. Объясняется это зимними понижениями температур и спецификой технологии выращивания [9].

Несмотря на это, более 95 видов вредителей повреждают чайные кусты, нанося им ощутимый вред, снижая урожайность растения. Успешное возделывание чая в Краснодарском крае требует исследования основных вредителей и болезней, развивающихся почти на всех сортах и разновидностях чайного растения, которые значительно снижают количество и качество чая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании многолетних обследований чайных плантаций Черноморского побережья Краснодарского

края можно констатировать, что наиболее опасными и экономически значимыми для урожайности плантаций являются вредители: продолговатая подушечница (*Pulvinaria floccifera* West.), цианофилловая щитовка (*Abgrallaspis cyanophilli* Sign.), японская камелиевая щитовка (*Pseudoacnidia peoniae* C.), разрушающая щитовка (*Aspidiotus destructor* Sign.) чайная моль (*Paraetriotes theae* Kusn.), чайная тля (*Toxoptera auranti* B.).

Зараженность плантации вредителями выявляется в ходе фитосанитарных обследований. По методике Шапиро [10] осуществляется подсчет числа особей вредителей на единицу площади. Для этого на участках выделяются 50 кустов чая, расположенных равномерно по участку в шахматном порядке. На каждом кусте осматриваются по 25 листьев с четырех сторон куста. Степень заражения вредителями устанавливается по баллам: 1 балл – 10-20 особей вредителя на листе; 2 балла – 21-50 особей; 3 балла – 51-100 особей; 4 балла – более 100 особей.

Личинки разрушающей и цианофилловой щитовок повреждают молодые побеги и листья чайного куста. Встречаются на семенниках чая, повреждают побеги и семенные коробочки. Большой вред может наносить чайная моль. Встречается во всех чаепроизводящих районах Черноморского побережья. Бабочка моли сероватого цвета с желтым оттенком,

небольшого размера (размах крыльев 12-14 мм), летает в вечернее время, днем прячется внутри кустов, гусеницы вгрызаются в пластинку чайного листа и молодые побеги растений, минируют её; питаются мякотью.

Повреждают молодые листья и побеги – чайная тля, покрывающая кусты густыми массами, чайный ребристый клещ, встречающийся в субтропической зоне России отдельными очагами на чайных плантациях.

Одним из серьезнейших вредителей чайного куста является продолговатая подушечница (*Pulvinaria floccifera* West.).

Продолговатая подушечница или пульвинария принадлежит к отряду равнокрылых хоботных (*Homoptera*), семейству хоботных (*Coccoidea*), к роду *Chloropulvinaria* Borchs. Впервые этот вредитель описан в 1870 году Вествудом. В 1934 году Н.С. Борхсениус назвал этот вид ложнощитовку продолговатой подушечницей (*Pulvinaria floccifera* West) в 1962 г. Тот же автор выделил этот вид в новый род – *Chloropulvinaria floccifera* West. [11]. Продолговатая подушечница распространена во многих странах поражая разные виды субтропических растений и в том числе чайный куст.

Самка (рис. 1) имеет удлинненно-овальное тело (до 4 мм длины) желтовато-серой окраски.



Рисунок. 1. *Pulvinaria floccifera* West

Figure 1. *Pulvinaria floccifera* West

Во время откладки яиц самка выделяет яйцевой мешок – белый, узкий, длинный, с почти параллельными боковыми краями, немного выпуклый, сверху гладкий, длиной 7-11 мм, шириной 2-3 мм. Он выступает сзади из-под тела самки. Одна самка откладывает в среднем до 1600 яиц (с конца апреля до начала июня), из которых через 10-12 дней отраждаются личинки желтого цвета.

Массовый выход личинок первого возраста отмечается с начала июля и продолжается до сентября. Они свободно распространяются по кусту, переносятся по всей плантации. Зимуют личинки на листьях и побегах. Питаются соком, вызывая замедление роста и угнетение растений.

Самки продолговатой подушечницы и личинки выделяют очень много медвяной росы, которая вместе

с сажистым грибом загрязняет растение, заметно снижает сбор листа и ухудшает его качество [12].

Сильно зараженные растения теряют листву. При массовом размножении урожай сортового чая снижается на 30-40%.

Жесткая регламентация применения пестицидов для защиты чая от вредителей делает актуальным поиски альтернативных методов. Наиболее эффективным является применение энтомофагов, в частности, кокцидофагов против щитовок и пульвинарий.

Одним из наиболее эффективных кокцидофагов, применяемых для биологической защиты растений от червецов и щитовок, является хищный жук криптолемус (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) (рис. 2, 3).



Рисунок 2. Личинки *Cryptolaemus montrouzieri* Muls

Figure 2. Larvae *Cryptolaemus montrouzieri* Muls



Рисунок 3. Имаго *Cryptolaemus montrouzieri* Muls

Figure 3. Imago *Cryptolaemus montrouzieri* Muls

Применяется в качестве кокцидофага на территории многих стран, в том числе России, США, Франции, Португалии, Турции и др. Объектами защиты являются такие высокоценные тропические и субтропические культуры, как citrusовые, виноград, чай, кофе, коллекционные растения в ботанических садах, отличающиеся значительным флористическим разнообразием.

Жуки криптолемуса черного цвета, голова, переднеспинка, вершина надкрылий и брюшко красноватые. Тело овальной, выпуклой формы. Длина 3,4-4,5 мм, ширина 2,4-3,1 мм. Половой диморфизм выражен слабо. Внешне самцы и самки отличаются

цветом передних ног. Яйца удлинено-овальные, гладкие, лимонно-желтого цвета, около 1 мм длины.

Личинки после отрождения из яиц желтовато-зеленые, по мере роста на их теле образуются восковые нити. Тело личинок 2-4 возрастов сплошь покрыто белыми, неправильной формы восковыми выростами.

Куколки находятся внутри личиночной шкурки, внешне похожи на личинок, но значительно короче и шире, неподвижны.

Самки откладывают яйца по одному, или несколько штук в яйцевые мешки (овисаки) мучнистых червецов и подушечниц. Отродившиеся личинки питаются в овисаках яйцами своей жертвы. По мере

роста становятся подвижнее и переходят на питание личинками и самками червецов. Личинки четвертого возраста, закончив питание, окукливаются в укромных местах.

Продолжительность развития преимагинальных стадий зависит от температуры. При оптимальных для криптолемуса температурах 25-27°C и влажности 75-80%, продолжительность развития преимагинальных стадий составляет 29-47 дней.

Самки криптолемуса выходят из куколок неполовозрелыми. Приступают к откладке яиц в возрасте 7-10 дней после спаривания и обязательного дополнительного питания.

Продолжительность жизни имаго составляет 3-4 месяца, хотя отдельные особи могут существовать до года.

Понижение температуры по отношению к оптимальному уровню приводит к увеличению продолжительности развития, увеличению периода созревания самок (от выхода из куколки до первой яйцекладки), снижению плодовитости. По мнению многих авторов, криптолемус полностью акклиматизируется только в районах с тропическим климатом [13-16].

Однако по данным Чумаковой Б.М. [17] у жуков криптолемуса, обитающих в природных условиях влажных субтропиков Черноморского побережья (Новый Афон, Сухуми), в осенний период отмечено некоторое повышение устойчивости в отношении кратковременного действия отрицательных температур. Холодоустойчивость повышается за счет снижения энергии дыхания и уменьшения количества воды.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Накопленные данные свидетельствуют о перспективности селекции криптолемуса на повышение холодоустойчивости, в том числе методом естественного отбора в природных условиях.

Наши наблюдения подтвердили факт акклиматизации криптолемуса на Черноморском побережье Кавказа, не только в Абхазии, но и на территории города Сочи [18].

Весной жуки активизируются рано, до массового выхода вредителей из мест зимовки. Иногда, при временном потеплении, жуки пробуждаются зимой и

гибнут от отсутствия пищи, что влечет за собой общее снижение численности природной популяции криптолемуса и его эффективности в летний период, особенно при массовом размножении червецов и пульвиарий. В связи с этим, для эффективного контроля численности вредителей необходимы дополнительные выпуски хищника, размноженного в биолaborаториях [19].

Наибольший эффект дают выпуски хищника во время массовой яйцекладки до начала отрождения бродяжек, что предотвращает заселение вредителем верхних частей побегов (флешей), их загрязнение и снижение качества собранного сырья. Таким образом, большое значение для качественного проведения защитных мероприятий имеет изучение биологии и стадий развития вредителя в каждом конкретном агробиоценозе.

В литературе имеются различные сведения о плодовитости чайной пульвиарии. Результаты проведенных нами учетов приведены в таблице 1.

Учеты показали, что количество откладываемых яиц самкой пульвиарии неодинаково и колеблется от 874 до 1634 штук, среднее количество в овисаке – 1111 штук.

Проведенные на протяжении трех лет исследования показали, что яйцекладка чайной пульвиарии в разные годы протекает в разное время, в зависимости от климатических условий весны. Как видно из приведенных данных (табл. 2), чайная пульвиария зимует в основном в стадии личинок 2 возраста, период диапаузы продолжался с конца сентября по март месяц, при средней температуре воздуха 11,8°C, относительной влажности воздуха 73%.

Начало откладки яиц самками пульвиарии было отмечено в середине мая, так как в начале мая фиксировались пониженные температуры воздуха, и продолжалась по конец июня. При этом максимальная температура составляла 27°C, минимальная – 15°C. средняя – 18,6°C, при относительной влажности воздуха 76%.

По результатам исследований стадий развития вредителя было принято решение о проведении первого выпуска криптолемуса в середине мая, в период начала яйцекладки чайной пульвиарии.

Таблица 1. Плодовитость *Pulvinaria floccifera* West

Table 1. Fecundity of *Pulvinaria floccifera* West

Номер Number	Овисак / Ovisak		Количество яиц в овисаке, штук Number of eggs in ovisak, pieces
	Длина, мм Length, mm	Ширина, мм Width, mm	
1	11,2±1,01	1,7±0,15	1020
2	9,5±0,86	2,1±0,19	1528
3	8,3±0,75	2,4±0,22	1065
4	9,6±0,87	1,8±0,16	1034
5	8,9±0,80	2,3±0,21	982
6	9,3±0,84	2,2±0,20	945
7	9,2±0,83	1,8±0,16	874
8	8,7±0,78	1,6±0,14	915
9	10,5±0,95	2,2±0,20	1634
10	9,6±0,87	2,0±0,18	1115

Таблица 2. Стадии развития чайной пульвинрии в условиях Черноморского побережья Краснодарского края (2019 год)**Table 2.** Stages of development of tea pulvinaria in the conditions of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory (2019)

Фазы развития вредителя Phases of pest development	Период развития фазы Phase development period	Метеорологические данные Meteorological data			
		Средняя температура воздуха, °C Average air temperature, °C	Минимальная температура воздуха, °C Minimum air temperature, °C	Максимальная температура воздуха, °C Maximum air temperature, °C	Относительная влажность воздуха, % Relative humidity of the air, %
Перезимовавшие личинки второго возраста Overwintered second instars	20.09-20.03	11,8	3,0	30,0	73,0
Личинки третьего возраста Larvae 3 of the third instars	20.03-30.04	10,2	3,0	23,0	72,0
Имаго Imago	30.04-20.05	15,6	7,0	27,0	75,0
Яйцекладка Egg-laying	15.05–30.06	18,6	15,0	27,0	76,0
Отрождение личинок Hatching of larvae	05.06-05.07	23,3	16,0	27,0	76,0
Личинки первого возраста First instar larvae	15.07–20.09	22,2	19,0	30,0	74,6

Исследования эффективности криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) в отношении чайной пульвинрии проводили на чайных плантациях Лазаревского района по следующей схеме:

Вариант 1. Однократный выпуск за вегетационный период:

- имаго 5000 особей/га;
- личинок 10000 особей/га.

Вариант 2. Двукратный выпуск за вегетационный период:

- имаго 5000 x 2 особей/га;
- личинок 10000 x 2 особей/га.

Заселенность чая чайной пульвинрией на опытных участках до начала колонизации энтомофага составляла 2-3 балла.

Колонизация проводилась методом сплошного расселения биоагента. В первом варианте опыта выпускали 5000 имаго, 10000 личинок на гектар, во втором варианте проводили два выпуска по 5000 имаго, 10000 личинок на гектар.

Во втором варианте первый выпуск провели в период начала яйцекладки вредителя (первая половина мая), второй – во время массовой яйцекладки (июль). Результаты исследований представлены в таблице (табл. 3).

Таблица 3. Эффективность криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) в отношении чайной пульвинрии на культуре чая**Table 3.** Effectiveness of cryptolemus (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.) against tea pulvinaria on tea culture

Вариант опыта Experience Variant	Стадия энтомофага Entomophagus stage	Заселенность растений вредителем в баллах Settlement of plants by pest in points		Биологическая эффективность, % Biological efficiency, %
		До колонизации Prior to colonization	Через 45 дней после колонизации 45 days after colonization	
Вариант 1 Variant 1	Имаго / Imago	3	2	33
	Личинки / Larvae	3	2-1	33-67
Вариант 2 Variant 2	Имаго / Imago	3	1	67
	Личинки / Larvae	3	1-0	67-100

При обследовании опытных участков отмечалось размножение, накопление, активная деятельность энтомофага, снижение численности чайной пульвинрии. После обработки криптолемусом, заселенность чайной пульвинрией в первом варианте опыта составила 2 балла (имаго) и 1-2 балла (личинки);

во втором варианте – 1 балл (имаго), часть плантации полностью очищена от вредителя (личинки).

ВЫВОДЫ

Полученные данные применения криптолемуса в борьбе с чайной пульвинрией на чайных плантациях

показали высокую эффективность в варианте двукратного выпуска в норме 10000 имаго или 20000 личинок на гектар.

В результате проведенных исследований отработаны методика, нормы, кратности выпуска хищника криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.), как в стадии личинок, так и имаго, при высокой заселенности растений вредителем.

Возрождение чайных плантаций предполагает комплекс мероприятий, направленных на повышение продуктивности: совершенствование системы подрезки кустов и способов сбора листа, ремонта, орошения и удобрения, механизация работ на плантациях. Использование экологически безопасных методов защиты от наиболее вредоносных объектов позволяет получать чайное сырье высочайшего качества.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования проводились в рамках выполнения Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 0694-2019-0001 Поддержание и пополнение Государственной коллекции живых энтомофагов и энтомопатогенов, с использованием материально-технической базы УНУ «Государственная коллекция живых энтомоакарифагов и энтомопатогенов» (<http://ckp-rf.ru/>, реестровый номер: 793030).

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out within the framework of the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on topic No. 0694-2019-0001, Maintaining and replenishing the State collection of living entomophages and entomopathogens using the material and technical facilities of the unique scientific installation "State Collection of Living Entomoacariphages and Entomopathogens" (<http://ckp-rf.ru/>, registry number: 793030).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балиев А. Свой куст слаще. На Юге России восстанавливается чаеводство «Российская бизнес-газета». 2012. n4 (833). URL: <https://rg.ru/2012/01/31/chai.html> (дата обращения: 12.03.2021)
2. Гвасалия М.В. Потенциальные возможности использования растений чая (*Camellia Siensis* (L.) Kuntze) в декоративном садоводстве // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. N 63. С. 209-214.
3. Ляшко М.У., Гресис В.О. Использование технологии органического земледелия на чайных плантациях на Черноморском побережье Краснодарского края // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. N4(29). С. 8-12.
4. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Краткая история интродукции и развития чаеводства в России // Science of Europe. 2016. N2-2(2). С. 91-95.
5. Рындин А.В., Туов М.Т. Научное обеспечение чаеводства в России и приоритетные направления исследований для дальнейшего развития отрасли // Научные труды «Субтропическое и южное садоводство России», Вып. 43, Т. 1, «Научные основы возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края», Сочи, ВНИИЦСК, 2010. С. 6-10.

6. Говорущенко Н.В. Состояние и пути решения проблем чаеводства в субтропиках России // Научные труды «Субтропическое и южное садоводство России», Вып. 43, Т. 1, «Научные основы возделывания чая в субтропической зоне Краснодарского края», Сочи, ВНИИЦСК, 2010. С. 3-6.
7. Туов М.Т., Прокопенко И.А., Добежина С.В. Особенности селекции, интродукции и сортоизучения чая в субтропиках России // Сборник научных трудов «110 лет в субтропиках России», Сочи, 2004. Ч. 2. С. 242-255.
8. Вавилов Л.В. Изменчивость зимостойкости растений чая в условиях потепления зимнего периода в Адыгее // Материалы V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», Майкоп, 20-24 мая 2019. С. 99-107.
9. Мамедов Д.Ф., Нариманова Р.О., Аббасова Г.Ю., Попова О.И., Попова М.И. Разработка интеллектуальной информационной системы для выращивания чайных плантаций пригорных регионах // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. N1. С. 112-125.
10. Тряпицын В.А., Шапиро В.А., Щепетильникова В.А. Паразиты и хищники вредителей с.-х. культур. Л.: Колос, 1982. 256 с.
11. Борхсениус Н.С. Практический определитель кокцид (Coccoidea) культурных растений и лесных пород СССР. М.-Л.: Издательство Академии Наук СССР, 1963. 311 с.
12. Данциг Е.М. К номенклатуре и распространению некоторых вредных видов кокцид (Homoptera, Coccoidea) // Энтومол. обозр. 1977. Т. 56. N1. С. 99-102.
13. Bartlett B.R., et al. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds : a world review. USDA, 1978, Washington, D.C., 545 p.
14. Muma M.H. Factors contributing to the natural control of citrus insects and mites in Florida // J. Econ. Ent. 1955. V. 48. P. 432-438.
15. Gomez-Clemente F. The present situation in the biological control of some citrus scale (*Planococcus citri* and *Icerya purchase*) // Bol. Patol. Veg. Ent. Agric. 1954. V. 19. P. 19-35.
16. Mineo G. On *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Observation on morphology and bionomics) // Bol. 1st Ent. Agric. Fitopath. Palermo. 1967. V. 6. P. 99-143.
17. Чумакова Б.М. Аклиматизировался ли криптолемус на Черноморском побережье Кавказа? // Труды ВИЗР, Л., 1949. 2 с.
18. Бугаёва Л.Н., Кашутина Е.В., Слободянюк Г.А., Игнатьева Т.Н. Результаты многолетних исследований эффективности криптолемуса – энтомофага вредителей сельскохозяйственных и декоративных культур // Субтропическое и декоративное садоводство. 2015. Т. 53. С. 133-141.
19. Бугаева Л.Н., Кашутина Е.В., Игнатьева Т.Н. Кашутин Е.Н. Методические указания по массовому разведению и применению хищного жука криптолемуса (*Cryptolaemus montrouzieri* Mals.) для борьбы с червецами и пульвинариями. Сочи: ООО «Туапсинская типография», 2013. 31 с.

REFERENCES

1. Baliev A. *Svoi kust slashche. Na Yuge Rossii vosstanavlivaetsya chaevodstvo «Rossiiskaya biznes-*

- gazeta*» [Your bush is sweeter. Tea growing in the South of Russia is restored "Rossiyskaya biznes-gazeta"]. 2012, no. 4 (833). (In Russian) Available at: <https://rg.ru/2012/01/31/chai.html> (Accessed 12.03.2021)
2. Gvasalia M.V. Potential use of tea plants (*Camellia Siensis* (L.) Kuntze) in ornamental gardening. Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo [Subtropical and ornamental gardening]. 2017, no. 63, pp. 209-214. (In Russian)
 3. Lyashko M.U., Gresis V.O. Using the technology of organic agriculture on tea plantations on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory. Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa [Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex]. 2016, no. 4(29), pp. 8-12. (In Russian)
 4. Platonova N.B., Belous O.G. Brief history of the introduction and development of tea growing in Russia. Science of Europe. 2016, no. 2-2(2), pp. 91-95. (In Russian)
 5. Ryndin A.V., Tuov M.T. [Scientific provision of tea growing in Russia and priority areas of research for the further development of the industry]. In: *Nauchnye trudy «Subtropicheskoe i yuzhnoe sadovodstvo Rossii»* [Scientific works Subtropical and southern horticulture of Russia]. Sochi, 2010, vol. 1, iss. 43, pp. 6-10. (In Russian)
 6. Govorushchenko N.V. [State and Ways of Solving Problems of Tea Growing in Subtropics of Russia]. In: *Nauchnye trudy «Subtropicheskoe i yuzhnoe sadovodstvo Rossii»* [Scientific works Subtropical and southern horticulture of Russia]. Sochi, 2010, vol. 1, iss. 43, pp. 3-6. (In Russian)
 7. Tuov I.A., Prokopenko S.V., Dobezhina M.T. [Features of selection, introduction and variety study of tea in the subtropics of Russia]. In: *Sbornik nauchnykh trudov «110 let v subtropikakh Rossii»* [Collection of Scientists "Works 110 years in the subtropics of Russia"]. Sochi, 2004, part 2, pp. 242-254. (In Russian)
 8. Vavilov L.V. Izmenchivost' zimostokosti rastenii chaya v usloviyakh potepleniya zimnego perioda v Adygee [Variability of winter resistance of tea plants in the conditions of winter warming in Adygea. Fundamental and applied aspects of geology, geophysics and geoecology using modern information technologies]. *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Fundamental'nye i prikladnye aspekty geologii, geofiziki i geoekologii s ispol'zovaniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologii»*, Maikop, 20-24 maya 2019 [Materials of the V International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Aspects of Geology, Geophysics and Geoecology Using Modern Information Technologies", Maikop, 20-24 May, 2019]. Maikop, 2019, pp. 99-107. (In Russian)
 9. Mamedov D.F., Narimanova R.O., Abbasova G.Yu., Popova O.I., Popova M.I. Development of an intelligent information system for growing tea plantations in mountain regions. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii [Bulletin of Voronezh State University. Series: System Analysis and Information Technology]. 2021, no. 1, pp. 112-125. (In Russian)
 10. Tryapitsyn V.A., Schapiro V.A., Shchepetil'nikova V.A. *Parazity i khishchniki vrediteli sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* [Parasites and predators of crop pests] Leningrad, Kolos Publ., 1982, 256 p. (In Russian)
 11. Borchsenius N.S. *Prakticheskii opredelitel' koktsid (Coccoidea) kul'turnykh rastenii i lesnykh porod SSSR* [Practical determinant of coccids (Coccoidea) of cultivated plants and forest breeds of the USSR]. Moscow-Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1963, 311 p. (In Russian)
 12. Dantzig E.M. To the nomenclature and distribution of some harmful species of coccids (Homoptera, Coccoidea). Entomologicheskoe obozrenie [Entomological Review]. 1977, vol. 56, no. 1, pp. 99-102. (In Russian)
 13. Bartlett B.R., et al. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review. USDA, 1978, Washington, D.C., 545 p.
 14. Muma M.H. Factors contributing to the natural control of citrus insects and mites in Florida. J. Econ. Ent. 1955, vol. 48, pp. 432-438.
 15. Gomez-Clemente F. The present situation in the biological control of some citrus scale (Planococcus citri and Icerya purchasi). Bol. Patol. Veg. Ent. Agric. 1954, vol. 19, pp. 19-35.
 16. Mineo G. On *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Observation on morphology and bionomics). Bol. 1st Ent. Agric. Fitopath. Palermo, 1967, vol. 6, pp. 99-143.
 17. Chumakova B.M. [Was cryptolemus acclimatized on the Black Sea coast of the Caucasus?]. In: *Trudy VIZR* [Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute for Plant Protection]. Leningrad, 1949, 2 p. (In Russian)
 18. Bugayeva L.N., Kashutina E.V., Slobodyanyuk G.A., Ignatieva T.N. The results of many years of research into the effectiveness of cryptolemus - the entomophage of pests of agricultural and ornamental crops. Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo [Subtropical and ornamental gardening]. 2015, vol. 53, pp. 133-14. (In Russian)
 19. Bugaeva L.N., Kashutina E.V., Ignatieva T.N. Kashutin E.N. *Metodicheskie ukazaniya po massovomu razvedeniyu i primeneniyu khishchnogo zhuka kriptolemus (Cryptolaemus montrouzieri Muls.) dlya bor'by s chervetsami i pul'vinariyami* [Methodological guidelines for the mass breeding and use of the predatory cryptolemus beetle (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls.)]. Sochi, «Tuapsinskaya tipografiya», 2013, 31 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Евгения В. Кашутина, Людмила Н. Бугаева, Татьяна Н. Игнатьева, Ирина В. Хейшхо собрали материал в ходе фитосанитарных обследований, провели исследования. Евгения В. Кашутина, Людмила Н. Бугаева, Татьяна Н. Игнатьева обработали и проанализировали экспериментальные данные, написали рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Evgeniya V. Kashutina, Ludmila N. Bugaeva, Tatyana N. Ignateva and Irina V. Heishho collected material during phytosanitary examinations and conducted studies. Evgeniya V. Kashutina, Ludmila N. Bugaeva and Tatyana N. Ignateva processing and analysis of experimental data, writing a manuscript. All authors are equally 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

Евгения В. Кашутина / Evgeniya V. Kashutina <http://orcid.org/0000-0002-6179-2019>

Людмила Н. Бугаева / Ludmila N. Bugaeva <http://orcid.org/0000-0002-2159-9652>

Татьяна Н. Игнатьева / Tatyana N. Ignateva <http://orcid.org/0000-0002-0595-2882>

Ирина В. Хейшхо / Irina V. Heishho <http://orcid.org/0000-0002-1109-2428>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.24 (597.2/5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-37-46

Содержание кадмия в гидробионтах Каспийского моря

Татьяна С. Ершова¹, Вячеслав Ф. Зайцев¹, Владимир А. Чаплыгин², Алишер С. Хурсанов²

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

²Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия

Контактное лицо

Татьяна С. Ершова, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры гидробиология и общая экология, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»; 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Тел. +79053630749
Email ershova_ts@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

Формат цитирования

Ершова Т.С., Зайцев В.Ф., Чаплыгин В.А., Хурсанов А.С. Содержание кадмия в гидробионтах Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 37-46. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-37-46

Получена 7 августа 2020 г.
Прошла рецензирование 14 мая 2021 г.
Принята 21 июня 2021 г.

Резюме

Цель. Выявить распределение кадмия в компонентах экосистемы Каспийского моря.

Материалы и методы. Отбор проб производился по общепринятым стандартным методикам, определение кадмия осуществлялось с помощью метода атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД.

Результаты. В результате проведенных исследований выяснено, что донные отложения Средней части Каспийского моря отличались большим накоплением кадмия, чем Северной части. Беспозвоночные Каспийского моря аккумулируют кадмий из воды и из грунта, за исключением креветок, для которых вода является единственным источником металла. Среди исследованных таксономических групп организмов аккумуляторами кадмия являются моллюски рода *Didacna*. В организме русского и персидского осетров кадмий преимущественно аккумулируется в почках.

Выводы. Коэффициенты накопления кадмия в органах и тканях русского и персидского осетров, сельди-черноспинки и долгинской сельди относительно объектов их питания свидетельствуют о том, что кадмий способен накапливаться в их цепях питания.

Ключевые слова

Каспийское море, донные отложения, рыбы-бентофаги, рыбы-планктофаги, моллюски, ракообразные, аккумуляция, кадмий.

Cadmium content in aquatic organisms of the Caspian Sea

Tatyana S. Ershova¹, Vyacheslav F. Zaitsev¹, Vladimir A. Chaplygin² and Alisher S. Khursanov²

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Volga-Caspian branch of FGBNU "VNIRO" ("CaspNIRKH"), Astrakhan, Russia

Principal contact

Tatyana S. Ershova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16 Tatishcheva St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +79053630749

Email ershova_ts@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

How to cite this article

Ershova T.S., Zaitsev V.F., Chaplygin V.A., Khursanov A.S. Cadmium content in aquatic organisms of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 37-46. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-37-46

Received 7 August 2020

Revised 14 May 2021

Accepted 21 June 2021

Abstract

Aim. Reveal the distribution of cadmium in the components of the ecosystem of the Caspian Sea.

Materials and Methods. The sampling was carried out according to generally accepted methods, the determination of heavy metals was carried out by the method of atomic absorption spectroscopy using an atomic absorption spectrometer with electrothermal atomization MGA-915 MD.

Results. As a result of the studies carried out, it was found that the bottom sediments of the Middle Caspian were distinguished by a greater accumulation of cadmium than the North Caspian. Invertebrates of the Caspian Sea accumulate cadmium from water and soil, with the exception of shrimp, for which water is the only source of metal. Among the taxonomic groups of organisms studied, molluscs of the genus *Didacna* are cadmium accumulators. In the body of the Russian and Persian sturgeons, cadmium is mainly accumulated in the kidneys.

Conclusion. Coefficients of cadmium accumulation in the organs and tissues of Russian and Persian sturgeons, black-backed herring and Dolginsky herring relative to their food objects indicate that cadmium is able to accumulate in food chains.

Key Words

Caspian Sea, bottom sediments, fish-benthophages, fish-planktophages, molluscs, crustaceans, accumulation, cadmium.

ВВЕДЕНИЕ

Кадмий является токсичным металлом, поэтому согласно СанПиН РФ [1], он относится ко второму классу опасности. Этот химический элемент может попадать в атмосферу в составе промышленной пыли, благодаря воздушным потокам переносится на огромные расстояния, а затем с атмосферными осадками попадать в гидросферу [2-4]. Ранее показано, что переводу поллютанта из атмосферы в водные объекты способствуют кислотные осадки [5], поэтому во многих водоемах и населяющих их гидробионтах отмечены его значительные накопления [5-8].

Содержание этого химического элемента в природных водах обусловлено сжиганием топлива, использованием минеральных удобрений (фосфорных), тепловых электростанций, автомобильного транспорта и промышленными свалками [5; 9]. При этом транзитный сток, который формируется в реках, особенно в верхнем и нижнем течении Волги, обуславливает наличие кадмия в экосистеме Каспийского моря [7; 8].

Кроме того, нефтяная промышленность также способствует загрязнению кадмием Каспийского моря, так как этот химический элемент присутствует в буровых растворах, которые используют при нефтедобыче [10; 11].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись: вода Северо-Западной части Каспийского моря, различные виды донных отложений; моллюски: Митилястер (*Mytilaster lineatus*, Gmelin, 1791), Церастодерма (*Cerastoderma lamarcki*, Reeve, 1844), моллюски рода Дидакна (*Didacna*, Eichwald, 1838); ракообразные: гаммарусы (*Gammarus*, Fabricius, 1775), морские тараканы (*Saduria entomon*, Linnaeus, 1758), креветки (*Palaemon adspersus*, Rathke, 1837), крабы (*Rhithropanopeus harrisi*, Gould, 1841), баянусы (*Balanus improvisus*, Darwin, 1854); рыбы-бентофаги: пуголовка (*Benthophilus macrocephalus*, Pallas, 1787), бычок песочник (*Neogobius fluviatilis*, Pallas, 1814), бычок хвалынский (*Neogobius caspius*, Eichwald, 1831), вобла (*Rutilus rutilus caspius*, Yakovlev, 1870), русский осетр (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt, 1833), персидский осетр (*Acipenser persicus*, Borodin, 1897); рыбы-планктофаги: рыба-игла (*Syngnathus abaster caspius*, Risso, 1827), атерина (*Atherina mochon caspia*, Eichwald, 1831), килька обыкновенная (*Clupeonella caspia*, Svetovidov, 1941), сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri*, Grimm, 1887), долгинская сельдь (*Alosa braschnikowi*, Borodin, 1904).

Пробы гидробионтов получены в результате экспедиций от различных организаций в период 2011-2019 гг.

Концентрацию кадмия в объектах исследования определяли на кафедре «Гидробиология и общая экология» АГТУ, используя метод атомно-абсорбционной спектроскопии с применением атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией МГА-915 МД. Концентрацию химического элемента выражали в мг/кг сухого веса. Полученные в ходе исследования результаты обрабатывали статистически.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вода Северной части Каспийского моря имеет непостоянный химический состав из-за речного стока,

который привносит в морские воды растворенные и взвешенные минеральные и органические вещества; кроме того, в зоне смешения речных и морских вод проходят процессы трансформации этих веществ [12].

Содержание кадмия в воде Северо-Западной части Каспийского моря составляло $0,37 \pm 0,02$ мг/л и по сравнению с 2012-2014 годами [13] оно увеличилось в 1,7 раза. Стоит отметить, что выявленная концентрация элемента не превышала соответствующие предельно-допустимые концентрации для морских вод (10 мг/л) и водоемов рыбохозяйственного значения (5 мг/л). В то же время более чем в 2 раза превышала порог токсического действия на водные организмы (0,15 мг/л), установленный в мире [14]. Т.И. Моисеенко с соавторами [5] отмечала сублетальные эффекты, вызванные токсичностью кадмия, у беспозвоночных и рыб при концентрациях от 0,2 до 3,0 мг/л в лабораторных и полевых условиях.

Среди исследованных донных отложений (илистые, песчаные и ракушечные) Северной и Средней частей Каспийского моря кадмий преимущественно аккумулировали илистые грунты ($0,93 \pm 0,11$ мг/кг и $1,3 \pm 0,13$ мг/кг) (табл. 1).

Донные отложения Средней части Каспийского моря отличались большим содержанием металла, чем Северной части.

По сравнению с данными 2012-2014 гг. [13] отмечено увеличение концентрации кадмия во всех видах исследованных донных отложений. Известно, что высокие концентрации металла в донных отложениях обусловлены антропогенным влиянием [16] и повышенные концентрации данного химического элемента указывает на устойчивое поступление значительной ее части с волжским стоком [13].

Рассчитанный кларк концентрации кадмия относительно кларков по А.П. Виноградову составляет 1,52 в грунтах Северной части и 2,05 – в грунтах Средней части Каспийского моря (табл. 1), что свидетельствует об относительно высокой биофильности элемента, т.к. кларк концентрации кадмия (0,5 мг/кг) значительно выше, чем в литосфере.

Бентосные организмы – важные функциональные составляющие водных экосистем, так как они способствуют отложению химических элементов в донные осадки. В процессе своей жизнедеятельности (дыхания), благодаря работе жабр и сифонов, происходит фильтрация и извлечение микроэлементов из водной толщи [17].

Моллюски – важные компоненты прибрежных морских экосистем. Ввиду того, что они ведут малоподвижный образ жизни, в них завершаются биогеохимические циклы миграции химических элементов и происходит их аккумуляция в органах и тканях [18]. В связи с этим эти беспозвоночные являются хорошими биоиндикаторами состояния окружающей среды, отражая всю ситуацию в гидрозекосистеме [19].

Среди исследованных видов содержание химического элемента в моллюсках рода *Didacna* наибольшее и составляет $3,0 \pm 0,16$ мг/кг сухого вещества, что в 2 раза, чем в двух других видах. Выявленные различия в концентрациях кадмия в *Mytilaster lineatus* и *Cerastoderma lamarcki* не достоверны ($1,8 \pm 0,31$ и $1,6 \pm 0,12$ мг/кг сухого вещества).

На основании рассчитанных коэффициентов биологического накопления все исследованные виды моллюсков являются организмами накопителями Cd. При этом наибольшая способность аккумулировать этот металл отмечена у видов рода *Didacna* [20].

Таблица 1. Содержание кадмия в грунтах Каспийского моря, мг/кг
Table 1. Content of cadmium in the soils of the Caspian Sea, mg/kg

Виды донных отложений Types of bottom sediments	Северная часть Каспийского моря Northern part of the Caspian Sea	Кларки концентрации кадмия относительно кларка по А.П. Виноградову $K_k = C_i / \text{Кларк}$ Clarke cadmium concentration relative to Clarke according to A.P. Vinogradov $K_k = C_i / \text{Clarke}$	Кларки рассеяния кадмия относительно кларка по А.П. Виноградову $K_p = \text{Кларк} / C_i$ Clarke scattering of cadmium relative to Clarke according to A.P. Vinogradov $K_p = \text{Clarke} / C_i$	Средняя часть Каспийского моря Middle part of the Caspian Sea	Кларки концентрации кадмия относительно кларка по А.П. Виноградову $K_k = C_i / \text{Кларк}$ Clarke of cadmium concentration relative to Clarke according to A.P. Vinogradov $K_k = C_i / \text{Clarke}$	Кларки рассеяния кадмия относительно кларка по А.П. Виноградову $K_p = \text{Кларк} / C_i$ Clarke scattering of cadmium relative to Clarke according to A.P. Vinogradov $K_p = \text{Clarke} / C_i$
Илистые Muddy	0,93±0,11	1,86	0,3	1,3±0,13	2,6	0,4
Песчаные Sandy	0,71±0,09	1,42	0,4	0,80±0,08	1,6	0,6
Ракушечные Shelly	0,64±0,02	1,28	0,4	0,97±0,08	1,94	0,5
Средние значения Average values	0,76±0,11	1,52	0,4	1,02±0,02	2,05	0,5
Кларк кадмия по А.П. Виноградову [15] – 0,5 мг/кг Clarke of cadmium according to A.P. Vinogradov [15] – 0.5 mg/kg						

С целью выяснения источников поступления кадмия в организм моллюсков рассчитаны коэффициенты накопления относительно воды и грунта.

На основании данных таблицы 2 показано, что основным источником кадмия для моллюсков является морская вода. При этом наибольшая способность к поглощению этого металла выявлена у представителей рода *Didacna*, второе место занимает *Mytilaster lineatus*.

Коэффициент накопления кадмия у *Didacna sp.* почти в 2 раза выше, чем у других представителей этого типа.

Донные отложения у всех исследованных видов моллюсков также как и вода являются источником этого металла в их организме, но в меньшей мере. При этом у моллюсков коэффициенты накопления (КН) кадмия относительно грунтов составляют больше 1.

Таблица 2. Коэффициенты накопления кадмия моллюсками Каспийского моря
Table 2. Coefficients of cadmium accumulation by molluscs of the Caspian Sea

Объекты исследований Research objects	Концентрация Cd, мг/кг сухого вещества Concentration Cd, mg/kg dry matter	Коэффициент накопления относительно воды $КН = C_i / C_{\text{вода}}$ Accumulation rate regarding water $КН = C_i / C_{\text{water}}$	Коэффициент накопления относительно грунта $КН = C_i / C_{\text{грунт}}$ Accumulation rate relatively soil $КН = C_i / C_{\text{soil}}$
Вода северо-западной части Каспийского моря, мг/л Water in the northwestern part of the Caspian Sea, mg/l	0,00039±0,00002		
Грунт, усредненные данные Soil, averaged data	0,89±0,12		
<i>Mytilaster lineatus</i>	1,82±0,12	4550	2
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	1,61±0,22	4025	1,8
<i>Didacna sp.</i>	3,02±0,16	7550	3,4

Среди исследованных видов ракообразных наибольшие значения Cd отмечены у балянусов *Balanus improvises* (2,41±0,04 мг/кг сухой массы), а наименьшие – у креветок *Palaemon adspersus* (0,64±0,03 мг/кг сухой массы) [21].

Исследованные виды ракообразных по способности аккумулировать кадмий располагались в следующий убывающий ряд:

Балянусы *Balanus improvises* > Морские тараканы

Saduria entomon > Гаммариды *Gammarus sp.* > Крабы *Rhithropanopeus harrisi* > Креветки *Palaemon adspersus*.

В таблице 3 представлены коэффициенты накопления кадмия ракообразными организмами относительно воды придонного слоя Северо-западной части Каспийского моря и грунтов (усредненные значения концентрации металла в различных видах донных отложений).

Таблица 3. Коэффициенты накопления кадмия ракообразными Каспийского моря
Table 3. Coefficients of cadmium accumulation by crustaceans of the Caspian Sea

Объекты исследований Research objects	Концентрация Cd, мг/кг сухого вещества Concentration Cd, mg/kg dry matter	Коэффициент накопления относительно воды КН=Ci/Cвода Accumulation rate Relating to water КН=Ci/Cwater	Коэффициент накопления относительно грунта КН= Ci/Cгрунт Accumulation rate relating to soil КН=Ci/Csoil
Вода северо-западной части Каспийского моря, мг/л Water in the northwestern part of the Caspian Sea, mg/l	0,0004±0,00002		
Грунт, усредненные данные Soil, averaged data	0,89±0,12		
Гаммарусы <i>Gammarus sp.</i> Gammarus sp.	1,80±0,36	4500	2,02
Морские тараканы <i>Saduria entomon</i> Sea cockroaches <i>Saduria entomon</i>	1,86±0,31	4650	2,03
Креветки <i>Palaemon adspersus</i> Baltic prawn <i>Palaemon adspersus</i>	0,64±0,03	1600	0,7
Крабы <i>Rhithropanopeus harrisi</i> Harris mud crab <i>Rhithropanopeus harrisi</i>	1,62±0,1	4050	1,8
Баланы <i>Balanus improvises</i> Bay barnacle <i>Balanus improvises</i>	2,41±0,04	6025	2,7

На основании полученных значений коэффициентов накопления кадмия исследованными беспозвоночными организмами установлено, что вода является у них основным источником этого химического элемента, а у креветок *Palaemon adspersus* – единственным (табл. 4). У всех остальных организмов коэффициент накопления кадмия относительно грунта составлял больше 1. Наибольшие значения аккумуляции кадмия отмечены у крабов *Rhithropanopeus harrisi*.

Ракообразные также, как и моллюски способны аккумулировать кадмий в своем организме и поэтому все исследованные виды этого класса являются организмами-концентраторами, при этом это свойство лучше выражено у низших ракообразных (*Gammarus sp.*, *Balanus improvises*, *Saduria entomon*).

Кадмий в большей мере способен аккумулироваться в органах и тканях рыб, которые в большей мере соприкасаются с грунтом [22]. В пугловке (*Benthophilus macrocephalus*) выявлено максимальное количество химического элемента по сравнению с другими исследованными видами донных рыб и составляло 0,65 мг/кг сухого вещества. Уровень исследуемого показателя, зафиксированного в *Neogobius caspius*, *Neogobius fluviatilis* и *Rutilus rutilus caspicus* несколько ниже, чем в *Benthophilus macrocephalus*, причем различия в обнаруженных значениях концентрации Cd между этими видами рыб вполне сопоставимы [21].

Кадмий преимущественно утилизируется почками, печенью и жабрами [5; 23]. В связи с этим у половозрелых (6-10 лет) русского *Acipenser gueldenstaedtii* и персидского *Acipenser persicus* осетров исследовали жабры, мышечную ткань, печень и почки.

По мнению Т.И. Моисеенко с соавторами [5] в естественных условиях рыбы подвергаются действию Cd, когда происходит его выщелачивание в воду (в период снеготаяния или дождевого паводка). Жабры являются наиболее уязвимыми среди остальных органов гидробионтов при контакте с загрязненными поллютантом водами. Т.И. Моисеенко с соавт. [5] выделила четыре процесса проникновения кадмия через жабры:

1. оседание на жабрах взвешенных частиц, гидратированных ионов и гидраткомплексов;

2. десорбция на жабрах и преобразование в свободные ионы;

3. транспорт внутрь эпителия;

4. включение в метаболизм клеток и организма.

При фоновых концентрациях в окружающей среде кадмий накапливается в первую очередь в почках и печени. Так как он имеет сродство к цистеину, поэтому связывается с металлотионинами. При этом металлотионин концентрирует повышенное количество этого металла [24].

У *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus* кадмий имеет наибольшую концентрацию в почках (1,195 и 1,27 мг/кг сухого вещества), где он принимает участие в осморегуляторных процессах [23], а в наименьшей – в мышцах. Вторым по накоплению этого металла органом является печень, где концентрация элемента у *Acipenser gueldenstaedtii* составляла 0,63 мг/кг сухой массы, а у *Acipenser persicus* – 0,72 мг/кг сухой массы. Ранее Т.И. Моисеенко с соавторами [5] в своих исследованиях на других видах рыб также отмечала наибольшее значение кадмия в почках, печени, а наименьшее – в мышцах, при этом содержание кадмия в почках в среднем в 2 раза больше, чем в печени.

Органы и ткани персидского осетра по содержанию кадмия располагаются в следующий убывающий ряд: почки > печень > жабры > мышцы.

Известно, что кадмий, накапливаясь в первую очередь в почках и печени, выполняет барьерную функцию, предотвращая проникновение чрезмерного количества металла в другие органы и ткани [4]. Клетки печени способны аккумулировать кадмий в больших количествах [25; 26], поэтому у исследованных видов рыб печень располагается на втором месте по содержанию этого химического элемента. Кадмий по химическим свойствам подобен цинку [5; 26], поэтому он может замещать его в ферментах, нарушая нормальное протекание процессов метаболизма. Избыточные количества этого микроэлемента в организме угнетают антиоксидантную функцию печени.

Сравнивая полученные данные по накоплению Cd в мышечной ткани у *Acipenser persicus* и *Acipenser gueldenstaedtii* (0,22 и 0,23 мг/кг сухого вещества) с нормированной величиной (0,2 мг/кг), выявлено

незначительное превышение значения утвержденного норматива [1].

На основании результатов, полученных в ходе биогеохимического исследования бентосных

гидробионтов, рассчитаны коэффициенты накопления (КН) кадмия относительно воды северо-западной части Каспийского моря, грунтов и кормовых организмов (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты накопления кадмия рыбами-бентофагами Каспийского моря

Table 4. Coefficients of cadmium accumulation by benthophagous fish of the Caspian Sea

Объекты исследований Research objects	Концентрация Cd, мг/кг сухого вещества Concentration Cd, mg/kg dry matter	Коэффициент накопления относительно воды КН=Ci/Cвода Accumulation rate regarding water KH=Ci/Cwater	Коэффициент накопления относительно грунта КН=Ci/Cгрунт Accumulation rate relatively soil KH=Ci/Csoil	Коэффициент накопления относительно рыб бентофагов КН=Ci/Срыб бентофагов Accumulation rate concerning benthophagous fish KH=Ci/CFish of benthophages
Вода северо-западной части Каспийского моря, мг/л Water in the northwestern part of the Caspian Sea, mg/l	0,00039±0,00002			
Грунт, усредненные данные, мг/кг сухого вещества Soil averaged data, mg/kg dry matter	0,89±0,12			
Бычок хвалынский (<i>Neogobius caspius</i>) Caspian goby (<i>Neogobius caspius</i>)	0,65±0,06	1625	0,7	
Бычок песочник (<i>Neogobius fluviatilis</i>) Monkey goby (<i>Neogobius fluviatilis</i>)	0,45±0,07	1125	0,5	
Пугловка (<i>Benthophilus microcephalus</i>) Caspian tadpole goby (<i>Benthophilus microcephalus</i>)	0,41±0,05	1025	0,5	
Вобла (<i>Rutilus rutilus caspius</i>) Caspian roach (<i>Rutilus rutilus caspius</i>)	0,51±0,01	1275	0,6	
Рыбы-бентофаги (усредненное значение) Benthophagous fish (average)	0,51±0,16			
Русский осетр (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>) Russian sturgeon (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>)				
почки / kidneys	1,27±0,04	3175	1,4	2,5
печень / liver	0,63±0,18	1575	0,7	1,2
жабры / gills	0,31±0,07	775	0,3	0,6
мышцы / muscle	0,23±0,06	575	0,3	0,5
Персидский осетр (<i>Acipenser persicus</i>) Persian sturgeon (<i>Acipenser persicus</i>)				
почки / kidneys	1,2±0,01	3000	1,3	2,4
печень / liver	0,63±0,13	1575	0,7	1,2
жабры / gills	0,31±0,02	775	0,3	0,6
мышцы / muscle	0,22±0,05	550	0,3	0,5

На основании рассчитанных показателей (табл. 4) можно судить о том, что основным источником кадмия для рыб-бентофагов является вода. Коэффициент накопления кадмия относительно усредненных значений концентраций различных донных отложений Каспийского моря значительно меньше единицы.

Показано, что в организме *Acipenser gueldenstaedtii* и *Acipenser persicus* органом-мишенью для кадмия являются, прежде всего, почки. Коэффициент накопления кадмия почками русского осетра составляет 3175, а у персидского осетра – 3000. Печень исследованных видов рода *Acipenser* также

обладает хорошей аккумуляционной способностью в отношении кадмия, но по сравнению с почками КН кадмия печени в 2 раза меньше как у русского, так и у персидского осетров.

Коэффициент накопления кадмия печенью относительно грунта и кормовых объектов показывает, что кадмий способен аккумулироваться по цепи питания у обоих видов осетров.

Среди исследованных рыб-планктофагов рыба-игла *Syngnathus abaster caspius* обладала наибольшим количеством кадмия в организме ($1,25 \pm 0,17$ мг/кг сухой массы). Концентрация химического элемента в атерине *Atherina mochon caspia* и кильке обыкновенной *Clupeonella cultriventris caspia* почти в 2 раза ниже ($0,73 \pm 0,08$ и $0,63 \pm 0,05$ мг/кг сухой массы).

В сельдях черноспинке *Alosa kessleri kessleri* и долгинской сельди *Alosa brashnicowi brashnicowi*

максимальным содержанием кадмия отличались жабры ($0,4$ и $0,53$ мг/кг сухой массы).

Далее по его накоплению органом является печень. В ней содержание металла несколько ниже, чем в жабрах и составляет у *Alosa kessleri kessleri* – $0,27$ мг/кг, а у *Alosa brashnicowi brashnicowi* – $0,43$ мг/кг сухого вещества, и в минимальном количестве кадмий аккумулировался мышечной тканью.

По способности к аккумуляции кадмия органы и ткани исследованных видов сельдей располагаются в следующем убывающем порядке: жабры > печень > гонады > мышцы.

Рассчитаны коэффициенты накопления кадмия рыбами-планктофагами относительно воды северо-западной части Каспийского моря и кормовых организмов (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты накопления кадмия рыбами-планктофагами Каспийского моря

Table 5. Coefficients of cadmium accumulation by planktophagous fish of the Caspian Sea

Объекты исследований Research objects	Концентрация Cd, мг/кг сухого вещества Concentration Cd, mg/kg dry matter	Коэффициент накопления относительно воды КН=Ci/Cвода Accumulation rate regarding water KH=Ci/Cwater	Коэффициент накопления объекты питания КН=Ci/объекты питания Accumulation rate catering facilities KH=Ci/food objects
Вода северо-западной части Каспийского моря, мг/л Water in the northwestern part of the Caspian Sea, mg/l	$0,00039 \pm 0,00002$		
Рыба-игла <i>Syngnathus abaster caspius</i> Black-striped pipe fish <i>Syngnathus abaster caspius</i>	$1,25 \pm 0,17$	3125	
Атерина <i>Atherina mochon caspia</i> Sand smelt <i>Atherina mochon caspia</i>	$0,73 \pm 0,08$	1825	
<i>Clupeonella cultriventris caspia</i> Common kilka	$0,63 \pm 0,05$	1575	
Объекты питания сельдей (усредненное значение) Herring food items (average)	$0,57 \pm 0,12$		
Сельдь-черноспинка <i>Alosa kessleri kessleri</i> Blackbacked shad <i>Alosa kessleri kessleri</i>			
жабры / gills	$0,403 \pm 0,09$	1008	0,7
мышцы / muscle	$0,164 \pm 0,05$	410	0,3
печень / liver	$0,27 \pm 0,07$	675	0,5
гонады / gonads	$0,189 \pm 0,07$	473	0,3
Долгинская сельдь <i>Alosa brashnicowi brashnicowi</i> Shadfish <i>Alosa brashnicowi brashnicowi</i>			
жабры / gills	$0,529 \pm 0,11$	1323	0,9
мышцы / muscle	$0,236 \pm 0,82$	590	0,4
печень / liver	$0,432 \pm 0,12$	1080	0,8
гонады / gonads	$0,309 \pm 0,1$	773	0,5

На основании рассчитанных коэффициентов накопления видно, что все исследованные виды рыб способны аккумулировать в своем организме кадмий ($KH > 1$) относительно воды, а в наибольшей степени это характерно для рыбы-иглы ($KH = 3125$).

У исследованных видов сельдей наибольший коэффициент накопления выявлен в жабрах. Так у сельди-черноспинки он составляет 1008, а у долгинской сельди – 1323.

Кадмий способен переходить по звеньям трофической цепи экосистемы Каспийского моря. Об этом свидетельствуют рассчитанные коэффициенты

накопления элемента относительно кормовых объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, содержание кадмия в воде Северо-Западной части Каспийского моря по сравнению с 2012-2014 годами увеличилось в 1,7 раза. Донные отложения Средней части Каспийского моря отличались большим накоплением кадмия, чем Северной части Каспийского моря.

Беспозвоночные Каспийского моря аккумулируют кадмий из воды и из грунта, за

исключением креветок, для которых вода является единственным источником металла. Среди исследованных таксономических групп организмов аккумуляторами кадмия являются моллюски рода *Didacna*. В организме русского и персидского осетров кадмий в большей мере аккумулируется в почках. Рассчитанные коэффициенты накопления кадмия органами и тканями русского и персидского осетров, сельди-черноспинки *Alosa kessleri kessleri* и долгинской сельди *Alosa brashnicowi brashnicowi* относительно объектов их питания свидетельствуют о том, что кадмий способен накапливаться в цепях питания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- СанПИН от 06.11.2001 N 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов. 2001. 353 с.
- Патин С.А. Влияние загрязнений на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. Москва: Пищевая промышленность, 1979. 304 с.
- Трухин А.М., Колосова Л.Ф., Слинько Е.Н. Токсичные металлы в моржах (*Odobenus rosmarus divergens* Linnaeus, 1785) Берингова моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. 2013. Вып. 28. С. 140-146.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Лукьянова О.Н. Курило-Камчатский регион как биогеохимическая провинция: тяжелые металлы в лосося // Труды IX Международной биогеохимической школы «Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии», Барнаул, 24-28 августа, 2015. Барнаул, 2015. Т. 1. С. 218-221.
- Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
- Чуйко Е.В., Абдусаматов А.С. Особенности миграции тяжелых металлов в экосистеме Северного Каспия // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. N 3. С. 110-116. DOI: 10.18470/1992-1098-2013-3-110-116
- Карыгина Н.В., Попова О.В. Средние характерные концентрации токсикантов в донных отложениях дельты Волги и Северного Каспия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. N4. С. 29-36.
- Попова О.В., Карыгина Н.В., Львова О.А., Галлей Е.В., Яцун Е.В., Бедрицкая И.Н. Современное эколого-токсикологическое состояние водной среды Северного Каспия // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II международная научно-практическая интернет-конференция, с. Солёное Займище, 28 февраля 2017 г. ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. С. 150-153.
- Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 312 с.
- Хураскин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Черноок В.И., Сокольский А.Ф. Оценка численности тюленя в Каспийском море // Современные проблемы Каспия: Материалы Международной конференции. Астрахань: КаспНИРХ, 2001. С. 358-363.
- Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Валедская О.М. Оценка состояния популяции тюленя в Каспийском море и прогноз его добычи на 2007 год // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2007. С. 389-401.
- Чуйко Е.В., Попова О.В. Накопление тяжелых металлов в донных отложениях западной части Северного Каспия // Юг России: экология и развитие. 2013. Т. 8. N1. С. 11-15.
- Островская Е.В. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна. Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 2017. С. 236-251.
- Lithner G. Quality criteria for lakes and watercourses. Background report 2. Metals. Stockholm, 1989. 59 с.
- Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд.-во АН СССР, 1957. 298 с.
- Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 288 с.
- Назарова Л.Б., Семенов В.Ф., Сабиров Р.М., Ефимов И.Ю. Состояние бентосных сообществ и оценка качества воды Чебоксарского водохранилища // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. N3. С. 347-353.
- Ковековдова Л.Т., Симоконов М.В., Кику Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопросы рыболовства. 2006. Т. 7. N1 (25). С. 185-190.
- Андрианов В.А., Канатьева Н.С. Моллюски как индикатор накопления тяжелых металлов на примере *Anodonta piscinalis* // Проблемы экологической безопасности Нижнего Поволжья в связи с разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений с высоким содержанием сероводорода: науч.-практ. семинар. Астрахань, 2000. С. 122-124.
- Чаплыгин В.А., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Трансформация металлов в системе: грунт пищевые цепи осетровых Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 4. N3. С. 138-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-3-138-143
- Чаплыгин В.А., Танасова А.С., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. Содержание некоторых микроэлементов в гидробионтах Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. N3. С. 138-145. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-138-145
- Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.
- Алабастер Дж., Ллойд Р. Критерии качества воды для пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 384 с.
- Авцын А.П., Жаворонков М.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
- Воробьев В.И., Зайцев В.Ф., Щербакова Е.Н. Биогенная миграция тяжелых металлов в организме русского осетра. Астрахань: Изд-во ООО «ЦНТЭП», 2007. 116 с.
- Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высшая школа, 1960. 544 с.

REFERENCES

- SanPIN ot 06.11.2001 N 2.3.2. 1078-01. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti produktov

- [SanPIN dated 06.11.2001 N 2.3.2. 1078-01. Hygienic requirements for food safety and nutritional value]. 2001, 353 p. (In Russian)
2. Patin S.A. *Vliyanie zagryaznenii na biologicheskie resursy i produktivnost' Mirovogo okeana* [Impact of pollution on biological resources and productivity of the World Ocean]. Moscow, Pishcheyaya promyshlennost' Publ., 1979, 304 p. (In Russian)
 3. Trukhin A.M., Kolosova L.F., Slinko E.N. [Toxic metals in walrus (*Odobenus rosmarus divergens* Linnaeus, 1785) of the Bering Sea]. In: *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i Severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana* [Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the North-Western part of the Pacific Ocean]. 2013, iss. 28, pp. 140-146. (In Russian)
 4. Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Lukyanova O.N. Kurilo-Kamchatskii region kak biogeokhimicheskaya provintsia: tyazhelye metally v lososya [Kuril-Kamchatka region as a biogeochemical province: heavy metals in salmon]. *Trudy IX Mezhdunarodnoi biogeokhimicheskoi shkoly «Biogeokhimiya tekhnogeneza i sovremennye problemy geokhimicheskoi ekologii», Barnaul, 24-28 avgusta, 2015* [Proceedings of the IX International biogeochemical school "Biogeochemistry of technogenesis and modern problems of geochemical ecology", Barnaul, August 24-28, 2015]. Barnaul, 2015, vol. 1, pp. 218-221. (In Russian)
 5. Moiseenko T.I., Kudryavtseva L.P., Gashkina N.A. *Rasseyannyye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushi: Tekhnofil'nost', bioakkumulyatsiya i ekotoksikologiya* [Dispersed Elements in Surface Terrestrial Waters: Technophilicity, Bioaccumulation and Ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 261 p. (In Russian)
 6. Chuiko E.V., Abdusamadov A.S. Features of migration of heavy metals in the ecosystem of the Northern Caspian. *South of Russia: ecology, development*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. 110-116. (In Russian) DOI: 10.18470 / 1992-1098-2013-3-110-116
 7. Karygina N.V., Popova O.V. Average characteristic concentrations of toxicants in bottom sediments of the Volga delta and the Northern Caspian. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaistvo* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries]. 2017, no. 4, pp. 29-36. (In Russian)
 8. Popova, O.V., Karygina N.V., Lvova O.A., Galley E.V., Yatsun E.V., Bedritskaya I.N. Sovremennoe ekologo-toksikologicheskoe sostoyanie vodnoi sredy Severnogo Kaspiya [Modern ecological and toxicological state of the aquatic environment of the Northern Caspian]. *Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoi sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya, Solenoe Zaimishche, 28 fevralya 2017* [Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II international scientific and practical Internet conference, Salt Zaimishche, 28 February, 2017]. Solenoe Zaimishche, 2017, pp. 150-153. (In Russian)
 9. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V. *Biomonitoring metallov v presnovodnykh ekosistemakh* [Biomonitoring of metals in freshwater ecosystem]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1991, 312 p. (In Russian)
 10. Khuraskin L.S., Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Chernook V.I., Sokolsky A.F. Otsenka chislennosti tyulenya v Kaspiiskom more [Estimation of the number of seals in the Caspian Sea]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii "Sovremennye problemy Kaspiya", Astrakhan', 2001* [Proceedings of the International Conference "Modern problems of the Caspian", Astrakhan, 2001]. Astrakhan, 2001, pp. 358-363. (In Russian)
 11. Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Valedskaya O.M. [Assessment of the state of the seal population in the Caspian Sea and the forecast of its production for 2007]. In: *Rybokhozyaistvennye issledovaniya na Kaspii* [Fisheries research in the Caspian Sea]. Astrakhan, CaspNIRKH Publ., 2007, pp. 389-401. (In Russian)
 12. Chuiko E.V., Popova O.V. Accumulation of heavy metals in bottom sediments of the western part of the Northern Caspian. *Yug Rossii: ekologiya i razvitie* [South of Russia: ecology and development]. 2013, no. 1, pp. 11-15. (In Russian)
 13. Ostrovskaya E.V. *Zagryaznyayushchie veshchestva v vodakh Volzhsko-Kaspiiskogo basseina* [Polluting substances in the waters of the Volga-Caspian]. Astrakhan, 2017, pp. 236-251. (In Russian)
 14. Lithner G. Quality criteria for lakes and watercourses. Background report 2, Metals, Stockholm, 1989, 59 p.
 15. Vinogradov A.P. *Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh* [Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 1957, 298 p. (In Russian)
 16. Moore J.V., Ramamurthy S. *Tyazhelye metally v prirodnnykh vodakh: Kontrol' i otsenka vliyaniya* [Heavy metals in natural waters: Control and assessment of impact]. Moscow, Mir Publ., 1987, 288 p. (In Russian)
 17. Nazarova L.B., Semenov V.F., Sabirov R.M., Efimov I.Yu. State of benthic communities and assessment of water quality in the Cheboksary reservoir. *Vodnye resursy* [Vodnye resursy]. 2004, vol. 31, no. 3, pp. 347-353. (In Russian)
 18. Kovekovdova L.T., Simokon M.V., Kiku D.P. Toxic elements in commercial aquatic organisms of the coastal waters of the northwestern part of the Sea of Japan. *Voprosy rybolovstva* [Issues of fishing]. 2006, vol. 7, no. 1 (25), pp. 185-190. (In Russian)
 19. Andrianov V.A., Kanateva N.S. Mollyuski kak indikator nakopleniya tyazhelykh metallov na primere *Anodonta piscinalis* [Shellfish as an indicator of the accumulation of heavy metals on the example of *Anodonta piscinalis*]. *Problemy ekologicheskoi bezopasnosti Nizhnego Povolzh'ya v svyazi s razrabotkoi i ekspluatatsiei neftegazovykh mestorozhdenii s vysokim soderzhaniiem serovodoroda: nauchno-prakticheskii seminar, Astrakhan' 2000* [Problems of ecological safety of the Lower Volga region in connection with the development and operation of oil and gas fields with a high content of hydrogen sulfide: scientific-practical seminar, Astrakhan, 2000]. Astrakhan, 2000, pp. 122-124. (In Russian)
 20. Chaplygin V.A., Ershova T.S., Zaitsev V.F. Metals transformation in the system: soil sturgeon food chains of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 138-143. (In Russian) DOI: 10.18470 / 1992-1098-2019-3-138-143
 21. Chaplygin V.A., Tanasova A.S., Ershova T.S., Zaitsev V.F. The content of some trace elements in aquatic organisms of the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 3, pp. 138-145. (In Russian) DOI: 10.18470 / 1992-1098-2017-3-138-145
 22. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. *Vliyanie fiziko-khimicheskikh faktorov na soderzhanie*

tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh [Influence of physicochemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ulyanovsk, UISTU Publ., 2014, 167 p. (In Russian)

23. Alabaster J., Lloyd R. *Kriterii kachestva vody dlya presnovodnykh ryb* [Water quality criteria for freshwater fish]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1984, 384 p. (In Russian)

24. Avtsyn A.P., Zhavoronkov M.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Human microelementosis: etiology,

classification, organopathology]. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 496 p. (In Russian)

25. Vorobiev V.I., Zaitsev V.F., Shcherbakova E.N. *Biogennaya migratsiya tyazhelykh metallov v organizme russkogo osetra* [Biogenic migration of heavy metals in the body of the Russian sturgeon]. Astrakhan, LLC "TsNTEP" Publ., 2007, 116 p. (In Russian)

26. Voinar A.I. *Biologicheskaya rol' mikroelementov v organizme zhivotnykh i cheloveka* [The biological role of trace elements in the body of animals and humans]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1960, 544 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Владимир А. Чаплыгин и Алишер С. Хурсанов собрали и обработали материал. Татьяна С. Ершова проанализировала полученные данные, написала рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем. Вячеслав Ф. Зайцев проанализировал полученные данные, проверил рукопись до подачи в редакцию.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vladimir A. Chaplygin and Alisher S. Khursanov processed the material and analysed the data obtained. Tatyana S. Ershova analysed the data obtained, wrote the manuscript and is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions. Vyacheslav F. Zaitsev analysed the data obtained and checked the manuscript before submission to the Editor.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Татьяна С. Ершова / Tatyana S. Ershova <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

Вячеслав Ф. Зайцев / Vyacheslav F. Zaitsev <https://orcid.org/0000-0001-6350-2129>

Владимир А. Чаплыгин / Vladimir A. Chaplygin <https://orcid.org/0000-0002-0509-702X>

Алишер С. Хурсанов / Alisher S. Khursanov <https://orcid.org/0000-0002-3604-9362>

Оригинальная статья / Original article
УДК 591.5(571.54)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-47-55

Экология питания и эпизоотологическое значение большого баклана (*Phalacrocorax carbo*) в период вторичной экспансии Байкальского региона

Эрдэни Н. Елаев¹, Цыдыпжап З. Доржиев^{1,2}, Александр А. Ананин^{2,3}, Сергей В. Пыжьянов⁴, Геннадий А. Янкус³, Евгения Н. Бадмаева¹, Мария С. Мокридина⁴, Лопсон Д. Базаров⁵

¹Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия

³Объединенная дирекция ООПТ «Заповедное Подлеморье», Усть-Баргузин, Россия

⁴Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

⁵Национальный парк «Тункинский», Кырен, Россия

Контактное лицо

Эрдэни Н. Елаев, доктор биологических наук, профессор, кафедра зоологии и экологии, Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова; 670000 Россия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а.
Тел. +79021689320
Email elaev967@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3961-0055>

Формат цитирования

Елаев Э.Н., Доржиев Ц.З., Ананин А.А., Пыжьянов С.В., Янкус Г.А., Бадмаева Е.Н., Мокридина М.С., Базаров Л.Д. Экология питания и эпизоотологическое значение большого баклана (*Phalacrocorax carbo*) в период вторичной экспансии Байкальского региона // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 47-55. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-47-55

Получена 20 октября 2021 г.
Прошла рецензирование 1 ноября 2021 г.
Принята 10 ноября 2021 г.

Цель. Изучить экологию большого баклана (*Phalacrocorax carbo* L., 1758) во время вторичной экспансии Байкальского региона.

Материал и методы. Материалом для изучения питания послужили 28 желудков добытых птиц, визуальные наблюдения за кормящимися бакланами с использованием оптического оборудования, а также образцы (отрыжки) питания, полученные бескровным методом у птенцов. Паразитологическому обследованию был подвергнут 21 экз. птиц.

Результаты. С начала XXI века численность вида растет и, начиная с 2020/21 года, вероятно, стабилизируется, оставаясь на высоком уровне. Основным объектом питания бакланов является соровая рыба – ротан-головешка (*Percottus glehni* Dyb.), речной окунь (*Perca fluviatilis* L.), плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.). Особо ценный и охраняемый байкальский омуль (*Coregonus autumnalis migratorius* Georgi) встречается, но только 10% от общего рациона. Паразитологические исследования выявили 8 видов гельминтов из трех классов с различной степенью инвазии. Только один из них – *Contracaecum osculatum baicalensis* (Mosgovoy et Ryjikov, 1950) – является эндемичным и потенциально опасным для здоровья человека, зараженность которым может достигать 80%.

Закключение. Вид является облигатным, но не специализированным ихтиофагом, ориентированным на массовые виды рыб. Большие бакланы как хозяева клещей, гельминтов и прочих экто- и эндопаразитов потенциально являются источниками угрозы возникновения и распространения, прежде всего, орнитозов и гельминтозов в Байкальском регионе, возможно, и других заболеваний, переносимых из мест их зимовок.

Ключевые слова

Байкальский регион, большой баклан, экология питания, эпизоотологическое значение.

Feeding ecology and epizootological value of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) during the secondary expansion of the Baikal region

Erdeni N. Yelayev¹, Tsydyzhap Z. Dorzhiev^{1,2}, Alexander A. Ananin^{2,3}, Sergey V. Pyzhyanov⁴, Gennady A. Yankus³, Evgeniya N. Badmaeva¹, Maria S. Mokridina⁴ and Lopson D. Bazarov⁵

¹Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia

²Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia

³United Directorate of the Barguzin State Natural Biosphere Reserve and

the Trans-Baikal Zapovednoe Podlemorye National Park, Ust-Barguzin, Russia

⁴Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

⁵Tunkinsky National Park, Kyren, Russia

Principal contact

Erdeni N. Yelayev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Zoology and Ecology, Banzarov Buryat State University; 24a, Smolin st., Ulan-Ude, Russia 670000.

Tel. +79021689320

Email elaev967@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3961-0055>

How to cite this article

Yelayev E.N., Dorzhiev Ts.Z., Ananin A.A., Pyzhyanov S.V., Yankus G.A., Badmaeva E.N., Mokridina M.S., Bazarov L.D. Feeding ecology and epizootological value of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) during the secondary expansion of the Baikal region. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 47-55. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-47-55

Received 20 October 2021

Revised 1 November 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. To research the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo* L., 1758) ecology during the secondary expansion of the Baikal region.

Material and Methods. The material for studying cormorant nutrition was 28 stomachs of harvested birds, visual observations of feeding cormorants using optical equipment, as well as regurgitated burps of nutrition obtained by a bloodless method when being fed to chicks. 21 examples of cormorants were the subjects of the parasitological research.

Results. The number of the species has been growing since the beginning of the XXI century and, starting from 2020/21, is likely to stabilize, remaining at a high level. This indicates the gradual integration of the species into the Baikal Lake ecosystem. The main food item of Cormorants are the non-commercial fish, Sleeper (*Percottus glehni* Dyb.), Perch (*Perca fluviatilis* L.) and Roach (*Rutilus rutilus* L.). Parasitological studies have revealed 8 species of helminths from three classes with varying degrees of invasion. Only one of them, *Contracaecum osculatum baicalensis* (Mosgovoy et Ryjikov, 1950), is endemic and potentially dangerous to human health (its infection rate can reach 80%).

Conclusion. The Great Cormorant is an obligate, but not a specialized ichthyophage, focused on the prevailing fish species. Great Cormorants as hosts of ticks, helminths and other ecto- and endoparasites are potentially sources of threat to the occurrence and spread, primarily, of ornithoses and helminthiasis in the Baikal region and possibly of other diseases carried from their wintering places.

Key Words

Baikal region, Great Cormorant, feeding ecology, epizootological value.

ВВЕДЕНИЕ

Большой баклан – *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) – на Байкале и в его бассейне находится на северной периферии своего гнездового ареала и представлен здесь восточным подвидом – *Ph. s. sinensis* (Blumenbach, 1798). История его обитания в регионе достаточно драматична, и этапы вторичной экспансии в начале XXI века описаны нами в специальной статье [1]. Проведенный в ней обзор публикаций показал, что баклан изначально был многочисленным аборигенным видом оз. Байкал, и его исчезновение произошло настолько стремительно, что его биология и экология остались практически неизученными, остались только отрывочные сведения о сроках прилета, характере гнездобустройства и приблизительной численности. В силу высокой численности и обычности баклана никто даже «не торопился» с изучением его экологии и подсчетом численности [2]. Судя по всему, он был одним из фоновых видов на побережье и островах Байкала, о чем свидетельствуют многочисленные сохранившиеся географические названия (мысы, острова: мыс Бакланий, Большой (и Малый) Бакланий Камешек и т.д.).

В настоящее время на большей территории Байкальской Сибири¹ – это перелётный гнездящийся вид, восстановивший буквально за 20 последних лет свой былой ареал в российской части бассейна оз. Байкал. Показательно: в первых изданиях Красных книг Байкальского региона - Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край – баклан относился к исчезнувшим [3; 4] или редким [5] видам, то в последующих он отнесен к восстановившимся (V категория) [6], либо вообще исключен из списка «краснокнижных» [7-9].

Общая численность бакланов на позднелетний – ранне-осенний период 2021 г. в регионе оценивается в среднем 39-40 тыс. особей, включая гнездящихся, вылетевших сеголетков и негнездящихся (кочующих в летних период) птиц [1]. Учитывая современную высокую численность в регионе, ежегодный поиск новых мест для гнездования, необходимо было выяснить пищевые предпочтения вида, в т.ч., насколько он «подрыгает» рыбные запасы водных биоресурсов, прежде всего, байкальского омуля (*Coregonus autumnalis migratorius* Georgi). В рамках проекта на основе выявленной паразитофауны установить эпизоотологические связи в экосистеме озера, а также возможность нанесения ущерба здоровью населению, объектам животного мира и среде их обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованиями по определению состава и характера питания, а также по оценке эпизоотологической роли большого баклана были охвачены оз. Байкал и Юго-Западное Предбайкалье и Забайкалье:

1. Северная часть озера – местность «Братские острова» в устье р. Верхняя Ангара, р. Котера, оз.

Типуки (вторая декада июля – вторая декада октября 2020 г., март-июль 2021 г.);

2. Средняя часть – острова Чивыркуйского залива (май-сентябрь 2020 г., февраль-июль 2021 г.), остров Ольхон, Приольхонье и острова Малого моря (май-сентябрь 2020 г., март-июль 2021 г.);

3. Юго-восточная часть – дельта р. Селенги на протоке Северная в окрестностях сс. Ранжурово и Степной дворец, остров Кокуй (июнь-август 2020 г., май-июль 2021 г.);

4. Северо-Восточное Прибайкалье – Баргузинская котловина (июнь-июль 2020 г., май-июль 2021 г.);

5. Юго-Западное Забайкалье – оз. Степное (Оронгойская котловина), Гусиное озеро (Гусиноозерская котловина) (сентябрь 2020 г., март-июль 2021 г.);

6. Юго-Западное Предбайкалье – долина р. Иркут (май 2020 г., май-июль 2021 г.).

Материалом для изучения состава и характера питания бакланов послужили 28 желудков добытых птиц, визуальные наблюдения за кормящимися бакланами с использованием оптики (труба, бинокли, частично квадрокоптер DJI C2 MAVIC MINI с программным обеспечением DJI Fly), а также образцы питания, полученные бескровным методом. В основу последнего способа сбора корма положено свойство птенцов баклана отрывать пищу при испуге, в частности, при приближении наблюдателя. Далее образцы (отрывки) собирались исследователем, этикетировались, упаковывались в марлю и помещались в ёмкость с 4%-ым раствором формалина. Разбор образцов далее осуществлялся в лабораторных условиях, рыбы в пищевом комке определялись по возможности до вида и взвешивались.

Работа по определению угрозы возникновения и распространения болезней, переносимых большим бакланом, основывалась на специальных и непродолжительных собственных паразитологических исследованиях. Обследованию был подвергнут 21 экз. большого баклана, при этом обнаружено 8 видов гельминтов с разной степенью инвазии, определенных с помощью эталонной коллекции паразитов Байкальского региона в лаборатории экологической паразитологии Института общей и экспериментальной биологии СО РАН.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, большой баклан является ихтиофагом, занимающийся активным поиском своей добычи в течение всего периода пребывания в регионе. В основных местах наших работ рацион птиц оказался примерно одинаковым (табл. 1).

Максимальный вес содержимого желудка (в т.ч. полупереваренная кашеобразная масса) (n=28) 235 г. Максимальное число мальков в желудках птиц (n=28) 12 шт. размером (Lim) 40-123 мм. Как видно из таблицы, основная их добыча – ротан-головешка, окунь, плотва и др., т.е. соровая рыба. Омуль, поскольку становится в летний период на оз. Байкал менее доступным, составляет не более 10% добычи. Мальки этого вида в желудках птиц были обнаружены только в двух точках – малек (L=135 мм) в одной взрослой особи в акватории оз. Байкал вблизи устья р. Верхняя Ангара [10] и в отрывках 5 из 28 доступных птенцов в гнездовой колонии по протоке Северной дельты р. Селенги массой 4,6-88,8 г.

¹ Байкальская Сибирь = Байкальский регион: понимается водосборный бассейн озера Байкал как трансграничная территория между Российской Федерацией и Монголией, при этом в пределах российской части – это собственно озеро Байкал и субъекты Российской Федерации – Республика Бурятия (73% от общей территории), Забайкальский край (21%) и Иркутская область (6%).

Таблица 1. Питание большого баклана на Байкале и в Забайкалье по результатам обследования желудков добытых птиц и птенцовых отрывков в гнездовой период 2020-2021 гг.**Table 1.** Food of Great Cormorants on Baikal Lake and Transbaikalia from the results of study of harvested birds stomachs and nestlings burps in the breeding period 2020-2021

Виды Species	Места сбора пищевых проб Food sample collection places			
	Северный Байкал Northern Baikal	Острова Чивыркуйского залива Chivyrkuy Bay Islands	Дельта р. Селенги Selenga River Delta	Гусиное озеро Gusinoe Lake
Карась – <i>Carassius carassius</i> L. Crucian Carp – <i>Carassius carassius</i> L.		+	+	
Язь – <i>Leuciscus idus</i> L. Ide – <i>Leuciscus idus</i> L.	+			
Сибирский елец – <i>Leuciscus leuciscus baicalensis</i> Dybowski Siberian Dace – <i>Leuciscus leuciscus baicalensis</i> Dybowski	+			
Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> L. Roach – <i>Rutilus rutilus</i> L.		+	+	
Обыкновенная щука – <i>Esox lucius</i> L. Pike – <i>Esox lucius</i> L.				
Байкальский омуль – <i>Coregonus autumnalis migratorius</i> Georgi Baikal Omul – <i>Coregonus autumnalis migratorius</i> Georgi			+	
Налим – <i>Lota lota</i> L. Burbot – <i>Lota lota</i> L.	+			
Рогатковые – <i>Cottidae</i> Bonaparte * Sculpins – <i>Cottidae</i> Bonaparte		+		
Речной окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L. Perch – <i>Perca fluviatilis</i> L.	+	+	+	
Ротан – <i>Percottus glehni</i> Dybowski Amur Sleeper – <i>Percottus glehni</i> Dybowski			+	+

Примечание: *Видовая принадлежность не определена

Note: *The species is not defined

На западном берегу оз. Байкал в бухте Песчаной (о. Бакланий камень) в 2016 г. на о. Бакланий камень в питании баклана отмечено 7 видов байкальских кottoидных рыб и плотва, среди которых по встречаемости и объему преобладала каменная широколобка (*Paracottus knerii* Dybowski). В 2017 г. зарегистрировано 4 вида кottoидных рыб, елец, белый байкальский хариус (*Thimallus brevipinnis* Svetovidov) и ротан-головешка, но преобладала желтокрылка (*Cottocomephorus grewingkii* Dybowski). На островах Малого моря чаще всего встречалась желтокрылка. Рацион включал 4 вида широколобок (каменная – *P. knerii* Dybowski, длиннокрылая – *C. inermis* Jakowlew, большеголовая – *Procottus major* Taliev, песчаная *Leocottus kesslerii* Dybowski), речной окунь, хариус (*Thimallus* sp.), елец. Однако, в 2016 г. не отмечено хариуса, ельца и песчаной широколобки. При этом как в 2016, так и в 2017 г. в пищевом рационе баклана не был обнаружен омуль, поскольку его, по-видимому, поблизости не было. Бакланы добывали самый доступный и массовый корм, в т.ч. с большой глубины [11].

Таким образом, большой баклан, безусловно, увеличивает нагрузку на все виды соровой рыбы, поедая мальков, молодь и взрослые особи размером до 30 см. Учитывая численность птиц на Байкале и в Забайкалье, объем и вес потребляемой рыбы

(ежедневная норма потребления одного баклана 350-750 г рыбы, в среднем 500 г, птенцов – 350-450 г рыбы в сутки, к тому же последние сидят в гнезде около двух месяцев), число поедаемых рыб оказывается довольно большим. Несложные расчеты показывают, что за весь период пребывания птиц на местах размножения они могут съесть до 90-100 тонн соровых (частиковых) видов рыб, что не превышает вылов рыбы легальными рыбаками. Предположим, выведенные нами показатели: 30 тыс. взрослых птиц за 5-6 месяцев пребывания в регионе съедают не менее 75 т рыбы, а для выкармливания птенцов требуется еще не менее 15-20 т (см. выше при потреблении – 400 г пищи за гнездовой период) – в сумме получается 90-120 т.

Конечно, омуль в рационе баклана встречается, но немного (всего 10% от общего рациона, причем размером от 40 до 120 мм; тах и единожды 135 мм), т.к. бакланы «переключаются» на него только во время нереста (сентябрь), когда рыбы заходят в свои нерестовые реки. Ввиду поздних сроков массового нереста (сентябрь – преимущественно октябрь) омуля баклан значительного ущерба его запасам «не успевает» причинить, хотя и наблюдаются случаи стайной охоты птиц на верхового омуля в августе, что и вызывает «нездоровый» ажиотаж у местного населения по поводу снижения рыбных запасов. На этом фоне с

учетом величины потенциальной нагрузки на объекты питания большого баклана, размеров вылова рыбы местным населением (причем она в несколько порядков превышает официальный вылов, включая при этом браконьерский), а также динамики рыбных запасов, представляется необходимым снизить нагрузку на водные биоресурсы самого оз. Байкал, а также на крупные внутренние водоемы и водотоки его бассейна, расширить масштабы увеличения поголовья промысловых видов рыб за счет пока еще имеющейся (скудной, но сохранившейся еще с советских времен) базы и создания новой рыбопродуктивной инфраструктуры.

Являясь хозяевами клещей, гельминтов и прочих экто- и эндопаразитов, большие бакланы являются источниками угрозы возникновения и распространения орнитозов и гельминтозов на территории своего обитания. Специальными паразитологическими исследованиями, начиная с 1980-х годов до н.в. [12-17], выявлена зараженность баклана следующими гельминтами:

Трематода: 1. *Echinoparyphium recurvatum* (Linstow, 1873) – широко распространенный вид. На Байкале, по данным А.В. Некрасова [14], отмечен в Северобайкальском соре, Чивыркуйском заливе, дельте р. Селенги.

Окончательными хозяевами, кроме баклана, являются многие другие водно-околоводные птицы Байкала: монгольская чайка *Larus mongolicus*, сизая чайка *L. canus*, озерная чайка *L. ridibundus*, белокрылая крачка *Chlidonias leucopterus*, речная крачка *Sterna hirundo*, красноглазая черныш *Aythya ferina*, хохлатая черныш *Aythya fuligula*, чирок-свистунок *Anas crecca*, шилохвость *A. penelope*, гоголь *Bucephala clangula*. У всех этих птиц паразит обнаружен в кишечнике. В роли промежуточных хозяев выступают гастроподы *Gastropoda: Anisus stroemi, Anisus acronicus, Sphaerium corneum, Lymnaea*. Дополнительными хозяевами являются рыбы.

Цестода: 1. *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758). Космополит. Выявлена во всех районах Байкала.

Окончательными хозяевами являются птицы, питающиеся рыбами. На Байкале, наряду с бакланом, обнаружены в кишечниках длинноносого крохала *Mergus serrator*, большого крохала *M. merganser*, чаек – сизой *L. canus*, озерной *L. ridibundus*, монгольской *L. mongolicus*, чомги *Podiceps cristatus*. Дополнительными хозяевами являются: плотва *Rutilus rutilus lacustris*, елец сибирский *Leuciscus leuciscus baikalensis*, обыкновенный голец *Phoxinus phoxinus*, язь *Leuciscus idus*, каменная *Cottus knerii* и песчаная широколобка *C. kesslerii*. Плерицеркоиды локализуются в полости тела. Промежуточные хозяева на Байкале не установлены.

2. *Ligula colymbi* Zeder, 1803. Космополит. На Байкале встречается во многих районах.

Окончательными хозяевами являются, помимо баклана, большая поганка *P. cristatus*, крохаль *M. serrator*, сизая чайка *L. canus*, краснозобая гагара *Gavia stellata*. У этих видов локализация гельминта происходит в тонком кишечнике. Дополнительный хозяин – сибирская щиповка – *Cobitis melanoleuca*. У нее плерицеркоиды обнаруживаются в полости тела. Промежуточные хозяева на Байкале не установлены.

3. *Pseudanomotaenia micracantha* (Krabbe, 1869). Голарктический вид. Встречается в различных озерах.

Обычно паразитирует на чайковых птицах. На Байкале окончательными хозяевами служат сизая *L. canus* и монгольская *L. mongolicus* чайки, большой баклан *Ph. carbo*. Локализуется в кишечнике. Промежуточные хозяева в Байкале неизвестны.

Нематода: 1. *Contracaecum spiculigerum* (Rudolphi, 1809). Космополит, встречается повсеместно. Отмечены по всему Байкалу и его притокам.

Паразитирует в представителях многих отрядов птиц – пастушки, кулики, чайки, чистики, гагары, поганки, веслоногие, голенастые, воробьиные, но преимущественно – у чаек. На Байкале обнаружены у всех видов чаек, у некоторых ржанкообразных, гагар. На одной тушке большого баклана, по данным Г.А. Янкуса, отмечено до 28 экз. данного вида, причем зараженность сеголетков этим паразитом достигает до 90% [10]. Его локализация происходит под кутикулой железистого желудка. Промежуточные хозяева в Бурятии не установлены.

В 2021 г. при вскрытии желудков добытых бакланов (n=5) впервые был обнаружен один гельминт этого рода – *C. osculatum baikalensis* (Mosgovoy et Ryjikh, 1950)², причем зараженность достигала 80%. Эндемик, выявленный преимущественно у байкальской нерпы (90% зараженности), паразит желудка и кишечника. Внедряясь в стенку желудка, нематоды вызывают воспалительный процесс, эрозии и язвы. В одной язве может находиться до 60 и более нематод, чаще их 8-12 [18]. Промежуточные хозяева – длиннокрылая широколобка *Cottocomephorus inermis* [17].

Таким образом, у большого баклана на Байкале отмечено 8 видов гельминтов из трех классов: цестоды – *Ligula intestinalis*, *L. colymbi*, *Paradilepis scolecina*, *Pseudanomotaenia micracantha*; трематоды – *Echinoparyphium macrovitellatum*, *Petasisger neocomense*; нематоды – *Contracaecum spiculigerum* [19], *C. osculatum baikalensis*. Из них цестода *Paradilepis scolecina* и трематода *Echinoparyphium macrovitellatum* отмечены только у баклана, у других водно-болотных птиц Бурятии их не оказалось. Учитывая высокую численность большого баклана на Байкале и в других районах Бурятии, частые контакты со многими водоплавающими птицами, в т.ч. с домашними утками и гусями, а также совместное с промежуточными хозяевами использование водоемов, можно предположить заметную его роль в системе паразит-хозяин, передаче паразитов от одного вида другому, в отдельных случаях это может вызвать массовую гибель молодняка птиц. Как хозяева клещей, гельминтов и прочих экто- и эндопаразитов, большие бакланы являются источниками угрозы возникновения и распространения орнитозов и гельминтозов в Байкальской Сибири, не исключая местное население. В связи с этим пребывание людей в границах гнездовых колоний недопустимо ввиду неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановки, включая и воздушную среду (рис. 1, 2).

²Известен только один случай заражения человека нематодами данного рода, имевший место в ФРГ (Schäum, Müller, 1967 – цит. по: Grabda, 1991). Однако многие исследователи продолжают рассматривать этих нематод потенциально опасными для здоровья человека. В качестве аргументов в пользу подобной точки зрения приводятся результаты экспериментальных работ по заражению различных представителей млекопитающих личинками этого рода, полученными от рыб, в частности байкальской нерпы [20].

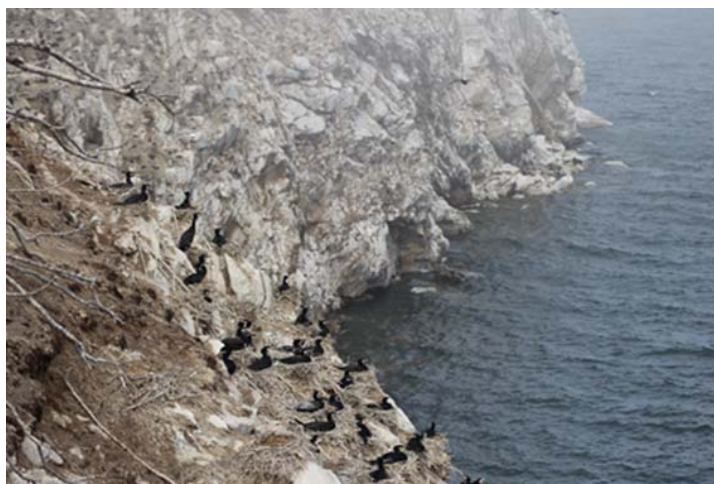


Рисунок 1. Восточная сторона о-ва Голый (Чивыркуйский залив) перед началом шторма (ветер поднял в воздух всю пыль, древесную труху, остатки перьевого (пухового) покрова и прочий мусор; вся колония затаилась едкой пыльной полудымкой) (автор фото Елаев Э.Н., июнь 2021 г.)

Figure 1. The eastern side of the Goly island (Chivyrkuy Bay) before a storm - the wind lifted all the dust, wood dust, remnants of feathers (down) cover and other debris into the air and the colony was enveloped by a caustic dusty half-smoke (Photo by Yelayev E.N., June 2021)



Рисунок 2. Гнездовые колонии большого баклана «маломорской» популяции (автор фото С.В. Пыжьянов; май-июнь 2021 г.)

Figure 2. Breeding colonies of the Great Cormorant of the Malomorsky population (Photo by S.V. Pyzhyanov; May-June 2021)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из полученных материалов по определению количественного и качественного состава и характера

питания большого баклана, структура его питания за гнездовой период выглядит следующим образом (табл. 2).

Таблица 2. Структура питания большого баклана (n=28) в Байкальском регионе

Table 2. Structure of the diet of the Great Cormorant (n=28) in the Baikal region

№	Виды рыб Fish species	Весовая доля, % Weight fraction, %	Встречаемость, % Occurrence, %
1	Байкальский омуль Baikal Omul	9,7	17,9
2	Ротан-головёшка Amur Sleeper	67,6	85,7
3	Речной окунь Perch	12,1	17,9
4	Сибирская плотва Roach	9,0	10,7
5	Карась Crucian Carp	1,6	3,6

Как видно, основу рациона составляет ротан-головешка, преобладающий в пищевых комках, как по

встречаемости, так и по весу. Вторым по значимости компонентом является речной окунь, занимающий

второе место по весу и второе/третье по встречаемости, делая эту позицию с байкальским омулем. Однако омуль явно уступает окуню и в целом стоит на третьем месте, лишь немногим опережая плотву по весовой доле. Плотва занимает четвертую позицию, а караса можно отнести к случайным элементам в питании баклана. Обращает на себя внимание, что большинство образцов (20 из 28, или 71%) были моновидовыми, еще шесть состояли из рыб двух видов и только два образца содержали рыб 3-х видов. Это, на наш взгляд, говорит о том, что баклан является облигатным, но не специализированным ихтиофагом, ориентированным на тот вид кормовых ресурсов, который преобладает в данном месте в данное время. А структура его питания отражает структуру доступной для него по размеру ихтиофауны в окрестностях колоний.

По результатам вскрытий желудков ($n=28$) в позднелетний период выявлено:

- Большой баклан питается преимущественно мальками и молодь ельца и плотвы, реже щуки, налима, язя;
- Разовый приём пищи до 235 г;
- Размеры добычи в желудках птиц от 40 до 135 мм;
- Баклан питается любыми видами рыб, доступными в кормовом водоёме.

Результаты паразитологических исследований 21 добытого баклана показали наличие у них восьми видов гельминтов разной степени инвазии, что позволяет заключить следующее. Большие бакланы как хозяева клещей, гельминтов и прочих экто- и эндопаразитов представляют собой источники угрозы возникновения и распространения в Байкальском регионе, прежде всего, орнитозов и гельминтозов, возможно, и других заболеваний из мест своих зимовок.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 00061 «Проведение научно-исследовательских работ, направленных на формирование сведений, обосновывающих целесообразность регулирования численности объектов животного мира (большой баклан) на территории Республики Бурятия» и при частичной финансовой поддержке гранта инновационных научных исследований Бурятского государственного университета в 2021 г. (№ 21-06-0502).

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the State Contract № 00061 «Conducting scientific research aimed at generating information justifying the expediency of regulating the number of wildlife objects (Great Cormorant) on the territory of the Republic of Buryatia» and with partial financial support from an innovative scientific research Grant of Buryat State University in 2021 (№ 21-06-0502).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елаев Э.Н., Доржиев Ц.З., Ананин А.А., Пыжьянов С.В., Янкус Г.А., Бадмаева Е.Н., Мокридина М.С., Аюрзанаева И.А. История гнездования и динамика численности большого баклана (*Phalacrocorax carbo* L., 1758) в Байкальской Сибири // Вестник БГУ.

Биология. География. 2021. N3. С. 21-32. DOI: 10.18101/2587-7143-2021-3-21-32

2. Пыжьянов С.В., Пыжьянова М.С., Тупицын И.И. Проблема охраны большого баклана на Байкале в свете естественной динамики его ареала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. N2. С. 182-185.
3. Красная книга редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений Бурятской АССР / Редколл.: А.И. Плотников и др. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1988. 416 с.
4. Красная книга Бурятии: Редкие и исчезающие виды животных. Птицы / Науч. ред. Ц.З. Доржиев, Э.Н. Елаев. 2-е изд., перераб. и доп. Улан-Удэ: ИД «Информполис», 2005. С. 65-200.
5. Красная книга Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа (животные) / Редколл.: А.М. Возмилов и др. Чита: Поиск, 2000. 214 с.
6. Красная книга Иркутской области / гл. ред. О.Ю. Гайкова, отв. ред. В.В. Попов. Иркутск: Время странствий, 2010. 478 с.
7. Красная книга Забайкальского края: животные / Редколл.: Е.В. Вишняков (предс.) и др. Новосибирск: Новосиб. ИД, 2012. 342 с.
8. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Изд. 3-е, перераб. и доп. / отв. ред. Н.М. Пронин. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688 с.
9. Красная книга Иркутской области / гл. ред. С.М. Трофимова, отв. ред. В.В. Попов. 2-е изд. Иркутск-Улан-Удэ: Республиканская типография, 2020. 552 с.
10. Янкус Г.А. Современное состояние северо-байкальской микропопуляции большого баклана // Вестник БГУ. Биология. География. 2021. N3. С. 33-37. DOI: 10.18101/2587-7143-2021-3-33-37
11. Пыжьянова М.С. Влияние реинтродукции большого баклана на население околородных птиц Байкала // Материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием «Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы» (г. Улан-Удэ, 23-27 июня 2016 г.), Улан-Удэ, 2016. С. 202-203.
12. Некрасов А.В., Жатканбаева Д.М. Гельминтофауна рыбоядных птиц оз. Байкал // Зоопаразитология Забайкалья. Улан-Удэ: БФ СО АН СССР, 1982. С. 65-75.
13. Пронин Н.М., Жалцанова Д.-С.Д., Пронина С.В., Некрасов А.В., Ринчино В.Л., Русинек О.Т., Санжиева С.Д., Белякова Ю.В., Кудряшов А.С. Динамика зараженности животных гельминтами. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1991. 202 с.
14. Некрасов А.В. Гельминты диких птиц бассейна озера Байкал. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. 56 с.
15. Некрасов А.В., Пронин Н.М., Дугаров Ж.Н. Трематоды (*Plathelminthes, Trematoda*). Гл. 9. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 1. Озеро Байкал. Новосибирск: Наука, 2001. Кн. 1. С. 271-305.
16. Доржиев Ц.З., Бадмаева Е.Н., Дугаров Ж.Н. Гельминты водно-болотных птиц Байкальской Сибири: таксономическое разнообразие и распределение по хозяевам // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2021. N1 (17). С. 23-65. DOI: 10.18101/2542-0623-2021-1-23-65
17. Балданова Д.Р., Хамнуева Т.Р., Цырендылыкова М.Ц., Коновалова В.В., Дугаров Ж.Н. Возрастная динамика зараженности гельминтами длиннокрылой

широколобки *Cottomephorus inermis* (Cottidae) // Вопросы ихтиологии. 2020. Т. 60. N2. С. 244-248. DOI: 10.31857/S0042875220020022

18. Байкал: природа и люди: энциклопедический справочник / Байкальский институт природопользования СО РАН; отв. ред. чл.-корр. А. К. Тулохонов. Улан-Удэ: ЭКОС: Издательство БНЦ СО РАН, 2009. 184 с.

19. Доржиев Ц.З., Бадмаева Е.Н., Дугаров Ж.Н. Эколого-фаунистический анализ гельминтов водно-болотных птиц Байкальской Сибири: 3. Чайковые *Laridae* // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2020. N1 (14). С. 66-78. DOI: 10.18101/2542-0623-2020-1-66-78

20. Гаевская А.В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. 223 с.

REFERENCES

- Yelayev E.N., Dorzhiev Ts.Z., Ananin A.A., Pyzh'yanov S.V., Yankus G.A., Badmaeva E.N., Mokridina M.S., Ayurzanaeva I.A. Nesting history and population dynamics of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo* L., 1758) in Baikalian Siberia. *Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography*, 2021, no. 3, pp. 21-32. (In Russian) DOI: 10.18101/2587-7143-2021-3-21-32
- Pyzh'yanov S.V., Pyzh'yanova M.S., Tupitsyn I.I. Problem of Big Cormorant protection on Baikal in a view of its area natural dynamics. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, vol. 18, no. 2, pp. 182-185. (In Russian)
- Plotnikov A.I., et al. *Krasnaya kniga redkikh i nakhodyashchikhsya pod ugrozoi ischeznoeniya vidov zhivotnykh i rastenii Buryatskoi ASSR* [Red Book of Rare and Endangered Species of Animals and Plants of the Buryat ASSR]. Ulan-Ude, Buryat Book Publ., 1988, 416 p. (In Russian)
- Dorzhiev Ts.Z., Elaev E.N. *Krasnaya kniga Buryatii: Redkie i ischezayushchie vidy zhivotnykh. Ptitsy* [The Red Book of Buryatia: Rare and endangered species of Animals. Birds]. Ulan-Ude, «Informopolis» Publ., 2005, 2nd ed., revised and enlarged, pp. 65-200. (In Russian)
- Vozmilov A.M., et al. *Krasnaya kniga Chitinskoi oblasti i Aginskogo Buryatskogo avtonomnogo okruga (zhivotnye)* [The Red Book of the Chita Region and the Aginsky Buryat Autonomous Okrug (Animals)]. Chita, Poisk Publ., 2000, 214 p. (In Russian)
- Gaikova O.Yu., ed. *Krasnaya kniga Irkutskoi oblasti* [The Red Book of the Irkutsk region]. Irkutsk, Vremya stranstvii Publ., 2010, 478 p. (In Russian)
- Vishnyakov E.V., et al. *Krasnaya kniga Zabaikal'skogo kraya: zhivotnye* [The Red Book of the Transbaikalian Kray: Animals]. Novosibirsk, Novosibirsk Publ., 2012, 342 p. (In Russian)
- Pronin N.M., ed. *Krasnaya kniga Respubliki Buryatiya: Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoeniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov* [Red Book of the Republic of Buryatia: Rare and endangered species of Animals, Plants and Fungi]. Ulan-Ude, Buryat Scientific Center of SB RAS Publ., 2013, 3rd ed., revised and enlarged, 688 p. (In Russian)
- Trofimova S.M., ed. *Krasnaya kniga Irkutskoi oblasti* [The Red Book of the Irkutsk region]. Irkutsk, Ulan-Ude, Republican Publ., 2020, 2nd ed., 552 p. (In Russian)
- Yankus G.A. The current state of the Great Cormorant North Baikal micropopulation. *Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography*, 2021, no. 3, pp. 33-37. (In Russian) DOI: 10.18101/2587-7143-2021-3-33-37
- Pyzh'yanova M.S. Vliyanie reintroduktsii bol'shogo baklana na naselenie okolovodnykh ptits Baikala [The effect of the reintroduction of the Great Cormorant on the population of near-water birds of Lake Baikal]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem «Bioraznoobrazie: global'nye i regional'nye protsessy»*, Ulan-Ude, 23-27 iunya 2016 [Materials of the All-Russian Conference of Young Scientists with International Participation «Biodiversity: Global and regional processes», Ulan-Ude, 23-27 June 2016]. Ulan-Ude, 2016, pp. 202-203. (In Russian)
- Nekrasov A.V., Zhatkanbaeva D.M. Helminthofauna of fish-eating birds of the Baikal Lake. *Zooparasitologia Zabaikalia* [Zooparasitology of Transbaikalia]. Ulan-Ude, Butyat Filial of SB AN SSSR Publ., 1982, pp. 65-75. (In Russian)
- Pronin N.M., Zhaltsanova D.-S.D., Pronina S.V., Nekrasov A.V., Rinchino V.L., Rusinek O.T., Sanzhieva S.D., Belyakova Yu.V., Kudryashov A.S. *Dinamika zarazhennosti zhivotnykh gel'mintami* [Dynamics of infection of animals with helminths]. Ulan-Ude, Buryat Scientific Center of SB RAS Publ., 1991, 202 p. (In Russian)
- Nekrasov A.V. *Gel'minty dikikh ptits basseina ozera Baikal* [Helminths of wild birds of Lake Baikal basin]. Ulan-Ude, Buryat Scientific Center of SB RAS Publ., 2000, 56 p. (In Russian)
- Nekrasov A.V., Pronin N.M., Dugarov Zh.N. *Trematody (Plathelminthes, Trematoda). Gl. 9. Annotirovannyi spisok fauny ozera Baikal i ego vodosbornogo basseina. Ozero Baikal* [Trematodes (*Plathelminthes, Trematoda*). Chapter 9. Annotated list of fauna of Baikal Lake and its catchment basin. Baikal Lake]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2001, vol. 1, pp. 271-305. (In Russian)
- Dorzhiev Ts.Z., Badmaeva E.N., Dugarov Zh.N. Helminths of wetland birds of Baikal Siberia: taxonomic diversity and distribution by host. *Nature of Inner Asia*, 2021, no. 1 (17), pp. 23-65. (In Russian) DOI: 10.18101/2542-0623-2021-1-23-65
- Baldanova D.R., Khamnueva T.R., Tsyrendylykova M.Ts., Konovalova V.V., Dugarov Zh.N. Age dynamics of infection with helminths of the Longfin Baikal Sculpin *Cottomephorus inermis* (Cottidae). *Journal of Ichthyology*, 2020, vol. 60, no. 2, pp. 244-248. (In Russian) DOI: 10.31857/S0042875220020022
- Tulokhonov A.K., ed. *Baikal: priroda i lyudi: entsiklopedicheskii spravochnik* [Baikal: nature and people: an encyclopedic reference]. Ulan-Ude, BNC SB RAS Publ., 2009, 184 p. (In Russian)
- Dorzhiev Ts.Z., Badmaeva E.N., Dugarov Zh.N. Ecological and faunistic analysis of Helminths in Wetland Birds of Baikal Siberia: 3. *Laridae*. *Nature of Inner Asia*, 2020, no. 1 (14), pp. 66-78. DOI: 10.18101/2542-0623-2020-1-66-78
- Gayevskaya A.V. *Anizakidnye nematody i zabolevaniya, vyzyvayemye imi u zhivotnykh i cheloveka* [Anisakid nematodes and diseases caused by them in animals and humans]. Sevastopol', EKOSI-Gidrofizika Publ., 2005, 223 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Все авторы участвовали в сборе материала, анализе данных. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors participated in the collection of material and data analysis. 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

Эрдэни Н. Елаев / Erdeni N. Yelayev <https://orcid.org/0000-0002-3961-0055>

Цыдыпжап З. Доржиев / Tsydypzhap Z. Dorzhiev <https://orcid.org/0000-0003-3103-6818>

Александр А. Ананин / Alexander A. Ananin <https://orcid.org/0000-0002-9251-0563>

Сергей В. Пыжьянов / Sergey V. Pyzhyanov <https://orcid.org/0000-0002-0676-0647>

Геннадий А. Янкус / Gennady A. Yankus <https://orcid.org/0000-0001-7382-261X>

Евгения Н. Бадмаева / Evgeniya N. Badmaeva <https://orcid.org/0000-0002-9940-1191>

Мария С. Мокридина / Maria S. Mokridina <https://orcid.org/0000-0002-8921-8414>

Лопсон Д. Базаров / Lopson D. Bazarov <https://orcid.org/0000-0002-9482-1015>

Original article / Оригинальная статья

УДК 58.072

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-56-70

Gramineous fraction of the invasive flora of the Caucasus

Svetlana A. Lytvinskaya¹ and Rena T. Abdyeva²

¹Kuban State University, Krasnodar, Russia

²Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Principal contact

Svetlana A. Lytvinskaya, Doctor of Biological Sciences, Professor and Head, Department of Geoecology and Nature Management, Kuban State University; 149 Stavropolskaya St, Krasnodar, Russia 350040.

Tel. +78612199501

Email litvinsky@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3805-1359>

How to cite this article

Lytvinskaya S.A., Abdyeva R.T. Gramineous fraction of the invasive flora of the Caucasus. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 56-70. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-56-70

Received 13 April 2021

Revised 16 July 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. Questions about the invasive flora of the Caucasus regions are a most important issue under discussion. The aim of the research is to identify the species composition of the family Poaceae, which are alien to the Western Caucasus, and their distribution over the floristic regions of the Caucasus.

Material and Methods. Material: Disturbed communities. Methods: analysis of herbarium collections, route reconnaissance studies of the territory of the Western and Eastern Caucasus, detailed geobotanical route studies with photography, population mapping and analysis of literary sources.

Results. 96 invasive cereal species in the territory of the Western Caucasus and the Ciscaucasia were identified and their current geographical distribution shown. 5 levels of danger have been established in terms of the amount of invasive cereal flora in the floristic regions of the Caucasus. An ecological analysis is given for 96 species of cereals in the Caucasus.

Conclusion. 96 invasive cereal species were identified and their current geographical distribution in the territory of the Western Caucasus and the Ciscaucasia shown. 5 levels of danger have been established in terms of the amount of such invasive flora in the Caucasus' floristic regions. An ecological analysis is given for these 96 invasive species of cereals.

Key Words

Caucasus, Western and Eastern Caucasus, invasive plants, family Poaceae, natural and disturbed communities, geographical distribution, level of invasive danger, species status.

Злаковая фракция инвазионной флоры Кавказа

Светлана А. Литвинская¹, Рена Т. Абдыева²

¹Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия

²Институт Ботаники, Национальная Академия Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан

Контактное лицо

Светлана А. Литвинская, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Геоэкология и природопользование» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»; 350040 Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.

Тел. +78612199501

Email litvinsky@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3805-1359>

Формат цитирования

Литвинская С.А., Абдыева Р.Т. Злаковая фракция инвазионной флоры Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 56-70. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-56-70

Получена 13 апреля 2021 г.

Прошла рецензирование 16 июля 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Вопросы об инвазионной флоре регионов Кавказа – важнейший обсуждаемый вопрос. Цель исследований – выявление видового состава семейства Poaceae, являющихся чужеродными для Западного Кавказа и их распространение по флористическим районам Кавказа.

Материал и методы. Материал. Нарушенные сообщества. Методы: анализ гербарных коллекций, маршрутные рекогносцировочные исследования территории Западного и Восточного Кавказа, детально-маршрутные геоботанические исследования с фотографированием, картированием популяций; анализ литературных источников.

Результаты. Выявлено 96 инвазионных видов злаков. Показано современное географическое распространение инвазионных видов злаков по территории Западного Кавказа и Предкавказья. Установлено 5 уровней опасности по количеству инвазионной злаковой флоры по флористическим районам Кавказа. Дан экологический анализ 96 видам злаков Кавказа.

Заключение. На территории Западного Кавказа и Западного Предкавказья виды инвазионной злаковой флоры имеют широкое распространение по всем флористическим округам Кавказа. Родиной большинства видов являются древние центры земледелия. К регионам самого высокого первого уровня опасности относится Черноморское побережье. Уровень второй опасности характерен для Западного Предкавказья, Восточного Закавказья и Талыша.

Ключевые слова

Кавказ, Западный и Восточный Кавказ, инвазионные растения, семейство Poaceae, природные и нарушенные сообщества, географическое распространение, уровень инвазионной опасности, статус видов.

INTRODUCTION

In the conservation of biological ecosystem diversity, the problem of invasions of alien species is of great importance [1]. The process of flora enrichment with alien species can be catastrophically fast and the problem has become urgent in many countries [2; 3]. In the flora of Eastern Europe, 1148 adventive species have already been recorded [4]. For the Caucasian ecoregion, the problem of invasive interference in the structure of the vegetation cover is extremely important. The problem of coastal adventisation was raised in the 1980s [5]. There is information on the number of recorded invasions in individual territories: 252 adventive vascular species are given for the North-West Caucasus [6], 140 species for the Black Sea coast [7], 44 species for the urban forests of Sochi [8], 39 species have penetrated in the middle and upper mountain belts of the Western Caucasus [9], 33 species for the coastal Azov zone (Verbyanaya spit) [10], 28 species for the basin of the Mzymta River [11], 32 species for the Caucasian Biosphere Reserve [12] and 102 species for the Central Caucasus (Kabardino-Balkaria) [13]. For the Eastern Caucasus (Azerbaijan), 18 introduced species of cereals are represented (*Arthraxon centrasiaticus* (Griseb.) Gamajun. (= *A. hispidus* (Thunb.), *Arundo donax* L., *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fernald, *Bromus hordeaceus* L., *Ceratochloa carinata* (Hokk.et Arn.) Tutin (= *Bromus carinatus*, *C. cathartica* (Vahl) Herter (= *Bromus catharticus*), *Chloris virgata* Sw., *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler, *D. horizontalis* Willd., *D. violascens* Link, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *E. tristachya* (Lam.) Lam, *Elymus canadensis* L., *Paspalum dilatatum* Poir., *P. thunbergii* Kunth ex Steud., *Pennisetum alopecuroides* (L.) Pers, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *S. technicum* (Koern.) Batt.et Trab.) [14]. In 2020, during expeditionary trips to the Kura-Araz lowland, *Bromus secalinus* L. was found as a single species, which is commented on as "Weed species introduced to the Caucasus from the north with a possible finding in Azerbaijan" [15, p. 299]. It is possible that this is not the total number of invasive cereals in the region. The main part of the above species is concentrated in the areas of cotton, tea, rice, tobacco cultivation on well-irrigated and wet plantations (Greater Caucasus western botanical-geographical region, Kura-Araz lowland and Talysh). Their introduction is most likely associated with the long-standing cultivation of the above crops. It should be noted that introduced cereal in Azerbaijan are not as aggressive as in other regions of the Caucasus, with the exception of representatives of the genera *Paspalum* L. and *Digitaria* Hall.

For the regions of the Caucasus, where a high concentration of phytointroductions is noted, a high level of the introduction process is characteristic, which is recognized as one of the main reasons for the disturbance of biodiversity [16]. For the Sochi region of the Black Sea coast, 167 invasive species are indicated, of which 30 species belong to the family Poaceae [17]. According to A. Kolakovskiy, 36 species of alien cereals grow in Abkhazia [18].

According to the latest summary of the cereal flora within the territory of Krasnodar Territory (WC, WC, NWT, part of WT) [19], the growth of 96 (79 according to WFO)

species of the family Poaceae considered to be invasive was established. Strict control and management of the spread of introduced species and the adoption of precautionary measures in all regions of the Caucasus are necessary.

MATERIAL AND METHODS

The material investigated was disturbed communities. The following methods were employed: analysis was carried out of herbarium collections of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (LE), the Caucasian Biosphere Reserve, the I.S Kosenko Herbarium named (KBAI), the Herbarium of the Institute of Botany of the Azerbaijan National Academy of Sciences (BAK) in order to establish the geographical distribution and the time of the first fixation of species; route reconnaissance studies in the territory of the Western and Eastern Caucasus, detailed route (territorial) geobotanical studies with photography, population mapping and analysis of literary sources. The levels of danger by the number of invasive cereal species in the flora of the regions were highlighted as follows: the first level – more than 90 species, the second level of danger – 50-60 species; the third -40-50, the fourth – 30-40 alien species, the fifth (the lowest) – up to 20 species. The aggressiveness status of the species was established according to O.G. Baranova [20]: biocenosis transformers, phytocenosis transformers and ruderal cenosis formers.

RESULTS

Information on invasive species of the family Poaceae is somewhat contradictory. According to the latest monographic summary on Russia, 96 species of Poaceae growing in the Western Caucasus and Western Ciscaucasia [19] can be classified as invasive, according to the Conspectus of the Flora of Caucasus – 83 species in the North-Western Caucasus (in total about 110 species for the Caucasus) [21], according to the WCV taxonomic database [World Checklist of Vascular Plants, version 2.0] – 80 species [22] (Table 1).

Invasive cereal flora were recorded in all floristic regions of the Caucasus (Table 2).

The first finds of alien cereals on the Black Sea coast date back to the end of the 19th century and the beginning of the 20th century. The species *Vulpia bromoides* (L.) Gray (*Festuca bromoides* L.) was first recorded in 1888, *Andropogon virginicus* (L.) was introduced to Abkhazia (Lake Bebsyr) in 1947 [18], *Briza maxima* L. (*Macrobriza maxima* (L.) Tzvelev) was first collected in 1935 and the first finds of *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. date back to 1909. *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. was registered in 1911 on the outskirts of the Markotkh Range above Gelendzhik Bay [6.VI.1911, Palibin, Vorobiev, LE], *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in 1908 – near Maikop near the Kurdzhips River [24.VIII.1908, Shestunov, LE]. *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult was registered in the Achiskho Range [4.VIII.1915, Аблецов, LE], st. Grigoropolisskaya [12.VII.1918, Shteyn, LE], in urban settlements of Kabardino-Balkaria [30.VII.1923, Poyarkova, LE] and in the Chernorechenskaya guard house in an opening on the right bank of the Black Brook [20.VII.1928, Leskov, LE].

Table 1. Generic spectrum of invasive taxa of the family Poaceae in the Western Caucasus and Western Ciscaucasia**Таблица 1.** Родовой спектр инвазивных таксонов семейства Поасеае на Западном Кавказе и Западном Предкавказье

Taxon Таксон	Quantity Количество	Taxon Таксон	Quantity Количество	Taxon Таксон	Quantity Количество
<i>Sasa</i>	2 (2)	<i>Polypogon</i>	2(2)	<i>Eriochloa</i>	1(1)
<i>Pseudosasa</i>	1(1)	<i>Lolium</i>	1(1)	<i>Paspalum</i>	4(4)
<i>Pleiblastus</i>	2(2)	<i>Echinochloa</i>	6(2)	<i>Digitaria</i>	5(4)
<i>Phyllostachys</i>	3(3)	<i>Microstégium</i>	2(2)	<i>Setaria</i>	6(4)
<i>Trachinia</i> (<i>Brachypodium</i>)	1(1)	<i>Phalaroides</i> (<i>Phalaris</i>)	1(1)	<i>Pennisétum</i> (<i>Cenchrus</i>)	3(2)
<i>Zizania</i>	2(2)	<i>Phalaris</i>	2(2)	<i>Cenchrus</i>	1(1)
<i>Triticum</i>	2(2)	<i>Cortadéria</i>	1(1)	<i>Miscanthus</i>	2(1)
<i>Ceratochloa</i> (<i>Bromus</i>)	2(2)	<i>Macrobriza</i> (<i>Briza</i>)	1(1)	<i>Vúlpia</i> (<i>Festuca</i>)	2(2)
<i>Bromus</i>	1(1)	<i>Sieglingia</i> (<i>Danthonia</i>)	1(1)	<i>Sorghum</i>	6(3)
<i>Secale</i>	1(1)	<i>Eleusine</i>	2(2)	<i>Andropogon</i>	1(1)
<i>Hordeum</i>	6(6)	<i>Muhlenbergia</i>	1(1)	<i>Arthraxon</i>	3(1)
<i>Avena</i>	9(6)	<i>Sporobolus</i>	1(1)	<i>Zea</i>	1(1)
<i>Avena</i> (<i>Ventenata</i>)	(1)	<i>Oplismenus</i>	1(1)	<i>Coix</i>	1(1)
<i>Anthoxáanthum</i>	1(1)	<i>Pánicum</i>	6(4)	<i>Oryza</i>	1(1)

Note: numbers in brackets – WCVP data, numbers without brackets – data of N. Tsvelev and N. Probatova [19]

Примечание: цифры в скобках – данные WCVP, цифры без скобок – данные Н. Цвелева, Н. Пробатовой [19]

Table 2. Distribution of the cereal fraction of invasive species of the Western Caucasus and Western Ciscaucasia in the floristic regions of the Caucasus [22; 23]**Таблица 2.** Распределение злаковой фракции инвазивных видов Западного Кавказа и Западного Предкавказья по флористическим районам Кавказа [22; 23]

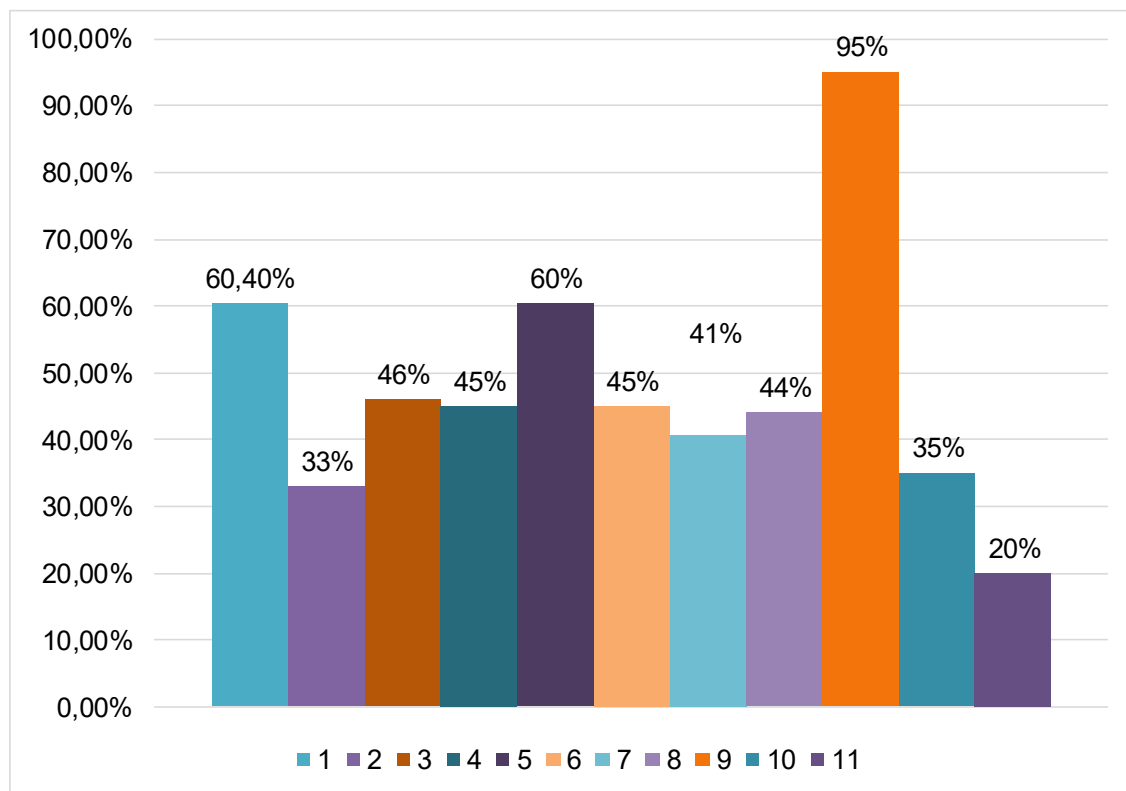
Floristic region of the Caucasus Флористический район Кавказа	Number of species Количество видов	Floristic region of the Caucasus Флористический район Кавказа	Number of species Количество видов
WC (Western Ciscaucasia) ЗП (Западное Предкавказье)	58/60,4%	NWT (Northwest Transcaucasia) СЗЗ (Северо-Западное Закавказье)	42/44%
Az.-Kub. (Azov-Kuban) Аз.-Куб. (Азово-Кубанский)	48	Anap.-Gel. (Anapa-Gelendzhik) Анап.-Гел. (Анапа-Геленджикский)	28
EC (Eastern Ciscaucasia) ВП (Восточное Предкавказье)	32/33%	Pshad.-Dzhubg. (Pshada-Dzhubga) Пшад.-Джубг. (Пшадско-Джубгский)	7
WC (Western Caucasus) ЗК (Западный Кавказ)	44/46%	WT (Western Transcaucasia) ЗЗ (Западное Закавказье)	91/95%
Adag.-Pshish. (Adagum-Pshishkiy) Адаг.-Пшиш. (Адагум-Пшишский)	15	Tuap.-Adl. (Tuapse-Adlersky) Туап.-Адл. (Туапсе-Адлерский)	76
Belo.-Lab. (Belo-Labinsky) Бело.-Лаб. (Бело-Лабинский)	32	Abkh. (Abkhazian) Абх. (Абхазский)	61
Urup.-Teb. (Urup-Teberda) Уруп.-Тиб. (Уруп-Тебердинский)	6	Adzh. (Adzhar) Адж. (Аджарский)	32
EC (Eastern Caucasus) ВК (Восточный Кавказ)	43/45%	T (Talysh) Т (Талыш)	53/55%
ET (Eastern Transcaucasia) ВЗ (Восточное Закавказье)	58/60,4%	CT (Central Transcaucasia) ЦЗ (Центральное Закавказье)	34/35%
ST (South Transcaucasia) ЮЗ (Южное Закавказье)	43/45%	SWT (Southwest Transcaucasia) ЮЗЗ (Юго-Западное Закавказье)	19/20%
CC (Central Caucasus) ЦК (Центральный Кавказ)	39/40,6%		

Quantitative indicators of an invasive complex depend on natural (climate, relief and soil) and anthropogenic factors (duration of historical development, population density and economic development). The main centres of invasions are the coastal regions of the Black Sea and Caspian coasts of the Caucasus. The first is Western Transcaucasia, the second Talysh (58 species) and the third Eastern Transcaucasia (Absheron Peninsula – 61 species) (Fig. 1).

A number of species have a localised distribution and are confined only to the Abkhazian (*Aristida longespica* Poir.) and Adjara floristic regions (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf et C.E. Hybb, *Arrhenatherum bulbosum* (Willd.) C. Presl, *Eragrostis nigra* Nees ex Steud., *E. frankii* C.A. Mey. ex Steud., *Oplismenus burmannii* (Retz.) Beauv.), Absheron Peninsula (*Aegilops uniaristata* Vis., *Elymus canadensis* L., *Stipagrostis pennata* (Trin.) De Winter) or Talysh floristic region (*Hordeum brevisubatum* (Trin.)

Link., *Bromus hordeaceus* (L.), *Beckmannia syzigachne* (Steud.) Fern., *Eragrostis curvula* (Schrud.) Nees, *Oplismenus compositus* (L.) Beauv. But the invasions of cereals do not recognize the borders of states and rapidly expand their areas, quite calmly spreading along the coastal zones from Abkhazia to the territory of Russia, from Dagestan to Azerbaijan and vice versa. From Abkhazia to the Sochi region of Russia is the usual route of a number of invasive species. The species *Vulpia bromoides* (L.) Gray in 1888 was found by Tatarinov in the vicinity of Sukhumi [LE]

and six years later in Sochi and Uch-Dere [17.V.1895, Lipsky, LE; 29.V.1895, Lipsky, LE], in 1901 – Kuchuk-Dere [1.V.1901, Hryniewiecki, LE]. *Andropogon virginicus* L. was introduced to Abkhazia (Lake Bebsyr) in 1947 [18], in 1955 it was registered in Sochi (park of the Belorussia sanatorium) [29.V.1955, Kotov? LE] and in 1962 was found on a steep slope to the sea and the slopes of railroad lines to the west of the Dagomys station [25.IX.1962, Tsvelev, LE]. By 1996 it was already in Novomikhailovskoe (USSR Orlyonok Pioneer Camp) [15.IV.1996, Chernovol].



Symbols: 1. WC; 2. EC; 3. WC; 4. EC; 5. ET; 6. ST; 7. CC; 8. NWT; 9. WT; 10. CT; 11. SWT

Условные обозначения 1. ЗП; 2. ВП; 3. ЗК; 4. ВК; 5. ВЗ; 6. ЮЗ; 7. ЦК; 8. СЗ; 9. ЗЗ; 10. ЦЗ; 11. ЮЗЗ

Figure 1. Quantitative indicators of invasive cereal flora in the floristic regions of the Caucasus

Рисунок 1. Количественные показатели инвазивной злаковой флоры во флористических районах Кавказа

The Black Sea coast has been used by humans as a migration route since before the 3rd millennium BC. The Cimmerians and Scythians moved along the Maeotis-Colchis route to South Transcaucasia, which was mastered by the Greeks from the 7th century BC, which contributed to the spread of European and Mediterranean species. Later there was Roman and Turkish colonization. The boom of introduction of the 18th-20th centuries expanded the geography of invasions. At present on the Black Sea coast of the Caucasus the maximum number of invasive cereal species has been recorded in Abkhazia – 62 species, Adzhar – 37, Anapa-Gelendzhik region – 28, Pshada-Dzhabga – 8, Tuapse-Adler – 76 (Fig. 2).

Analysis of the growth of 96 invasive species of the family Poaceae in the floristic regions of the Caucasus showed that a species can grow in 5-6 floristic regions or have a limited distribution. Most invasive cereal species are widespread: 44 species (45%) grow in more than 5 regions – group 6,4% – in 5. It was revealed that only 15% of

species are confined to one floristic region (group 1), 14% – to 2 regions, 12% – to 3 regions and 8% (4 species) – to 4 regions (Fig. 3).

The determination of the number of alien species of cereals in each floristic region of the Caucasus [20] made it possible to assess the degree of invasive danger. The regions of the first and highest level of danger include the Black Sea coast (WT), where more than 90 species of invasive cereals have been recorded (Tuap.-Adl. – 76, Abkh. – 61, Adzh. – 32). This is a region where natural and climatic conditions favor the invasive process. The second danger level is typical for Western Ciscaucasia (WC), Eastern Transcaucasia (ET) and Talysh and the third for South Transcaucasia (ST), North-West Transcaucasia (NWT) and Western and Eastern Caucasus (WC, EC). The low level is typical for Eastern Ciscaucasia, the mountainous regions of the Central Caucasus (CC) and Central Transcaucasia (CT) and the lowest is noted for the Southwest Transcaucasia (SWT) (Fig. 4).

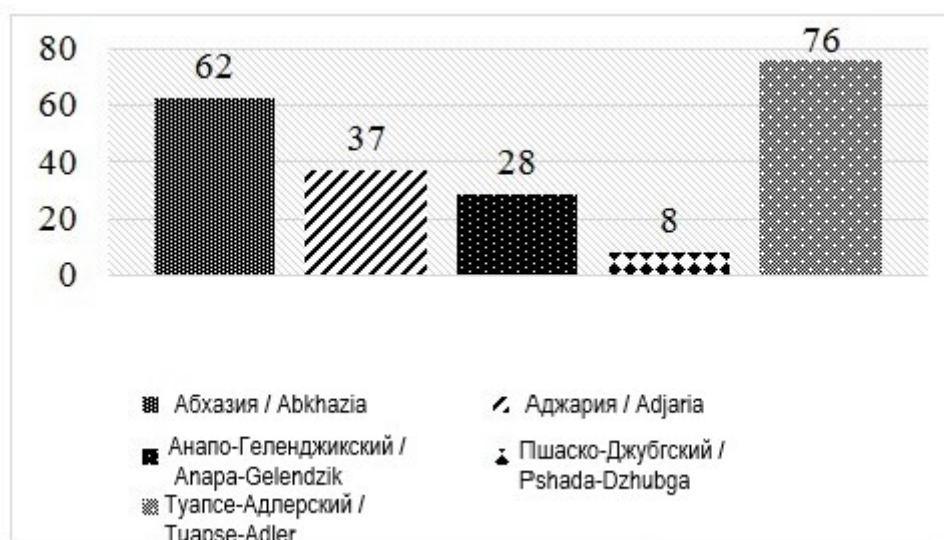
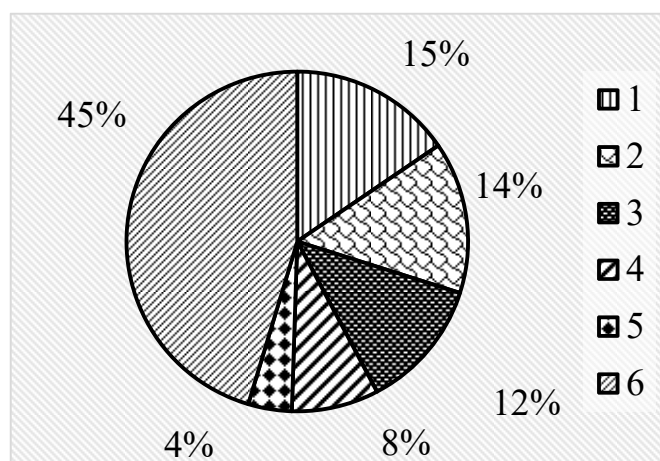


Figure 2. Quantitative indicators of invasive cereal flora in the floristic regions of the Black Sea coast of the Caucasus
Рисунок 2. Количественные показатели инвазионной злаковой флоры во флористических районах Черноморского побережья Кавказа



Symbols: 1. The species is noted in 1 district; 2. in 2 districts; 3. in 3; 4. in 4; 5. in 5 and 6. in more than 5 districts
Условные обозначения: 1. Вид отмечен в 1-м районе; 2. В 2-х районах; 3. В 3-х; 4. В 4-х; 5. В 5-ти; 6. Более 5-ти районов

Figure 3. Number of cereal species associated with an individual floristic region

Рисунок 3. Количество видов злаков, приуроченных к одному флористическому району

There are also species for which natural and climatic conditions play a decisive role in the development of biotopes. These are mainly introduced from subtropical regions (*Phyllostachys aurea* Rivière et C. Rivière, *Phyllostachys bambusoides* Siebold et Zucc. (*P. reticulata* Rupr.) K. Koch), *Pleioblastus fortunei* (Van Houtte) Nakai and cereals of accidental drift, which are native to Southeast Asia, Japan, China (*Oplismenus undulatifolius* Ard.) P. Beauv., *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. (L.) Spreng. (*Cenchrus setosus* Sw. subsp. *setosus*), *Sorghum dochna* (Forssk.) Snowden and *Miscanthus sinensis* Andersson, and less commonly from North America (*Andropogon virginicus* L.) (Fig. 5).

Some species are characterized by high occurrence in the territories of the floristic regions, but there are few of them. Maps of the geographical distribution of the six most common invasive cereals in the Western Caucasus and Western Ciscaucasia were compiled. It was established that they are not confined to a certain type of vegetation or to natural and climatic indicators and belong to therophytes. Their distribution is diffuse (Fig. 6).

Analysis of the place of the initial range of invasive cereals showed that most species are native to ancient

centres of agriculture in South, South East, East and Central Asia (*Pleioblastus fortunei*, *Phyllostachys aurea*, *P. bambusoides* (China), *P. viridiglaucescens* (Carrière) Rivière et C. Rivière (China), *Oryza sativa* L., *Triticum aestivum* L., *Phalaris minor* Retz., *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Sporobolus fertilis* (Steud.) Clayton, *Oplismenus undulatifolius*, *Echinochloa crus-galli* (trop. Asia), *Panicum miliaceum* L. (India or China), *P. ruderales* (Kitag.) D.M. Chang (India or China), *P. sumatrensis* Roth (trop. Asia), *Echinochloa crus-galli* (trop. Asia), *E. oryzicola* (Vasinger) Vasinger (trop. Asia), *E. oryzoides* (Ard.) Fritsch (trop. Asia), *E. tzvelevii* Mosyakin ex Mavrodiev et H. Scholz (trop. Asia), *Paspalum thunbergii* Kunth ex Steud. (Japan-China), *Digitaria asiatica* Tzvelev, *D. ciliaris* (Retz.) Koeler (trop. Asia), *D. violascens* Link, *Setaria faberi* R.A.W. Herrm. (Japan, China), *S. germanica* (Mill.) P. Beauv., *S. italica* (L.) P. Beauv. (India), *S. pachystachys* (Franch. et Sav.) Matsum. (Japan, China), *Pennisetum alopecuroides*, *P. glaucum* (L.) R. Br. (trop. Asia), *Miscanthus sinensis* (Japan, China), *M. purpurascens* Andersson (Japan, China), *Sorghum dochna* (trop. Asia, India), *Sorghum technicum* (Körn.) Trab. (Central Asia) and East Asia (*Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf, *Polypogon fugax* Nees ex Steud., *Echinochloa*

acaudata Roshev, *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth (Far East), *Microstegium japonicum* (Miq.) Koidz. (Japan), *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus (South Asia), *Sasa palmata* (Burb.) E. G. Camus (Hokkaido, northern Honshu),

S. veitchii (Carrière) Rehder (Japan), *Pseudosasa japonica* (Siebold et Zucc. ex Steud.) Makino ex Nakai, *Pleioblastus distichus* (Mitford) Nakai, *Phalaroides japonica* (Steud.) Czerep., *Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino (Japan).

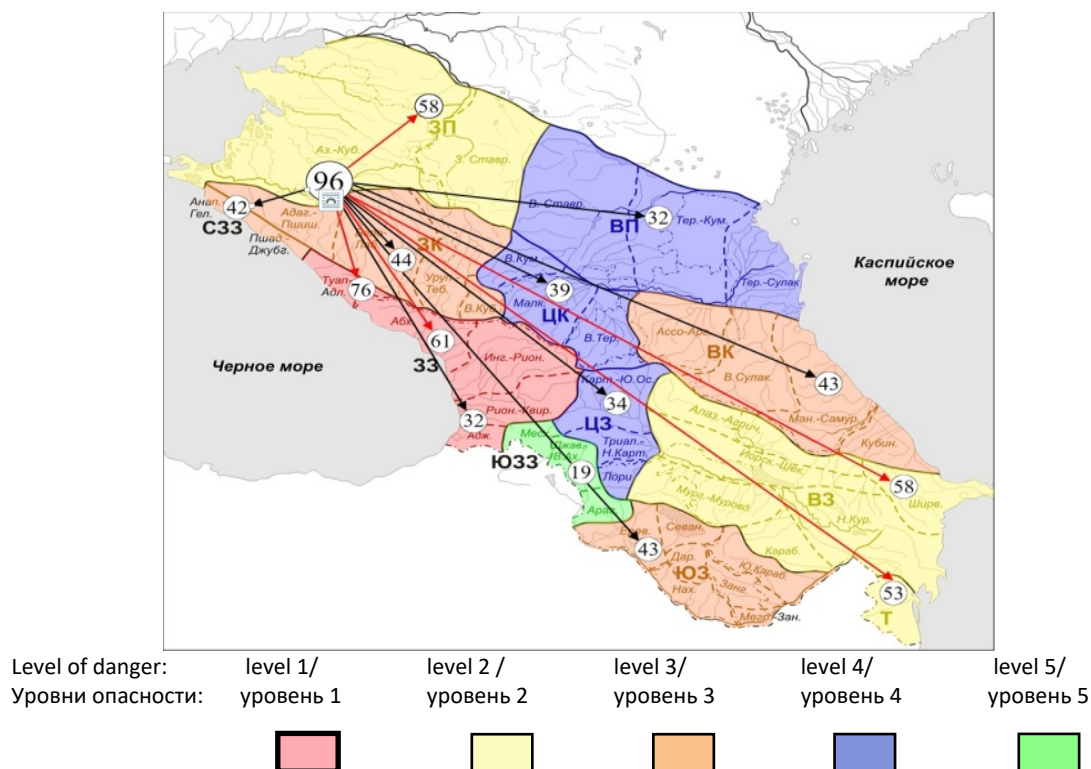


Figure 4. Floristic regions of the Caucasus according to the level of invasive cereal danger

Рисунок 4. Флористические районы Кавказа по уровню инвазионной злаковой опасности



Figure 5. Geographic distribution of *Andropogon virginicus*, Adler, 17.04.2010

Рисунок 5. Географическое распространение *Andropogon virginicus* Адлер, 17.04.2010

Invasions from America take second place: from North America (*Zizania palustris* L., *Hordeum jubatum* L., *Ceratochloa carinata* (Hook. et Arn.) Tutin (*Bromus carinatus* Hook. et Arn.), *Muhlenbergia schreberi* J. F. Gmel., *Panicum barbipulvinatum* Nash ex Rydb., *Panicum capillare* L., *Panicum dichotomiflorum* Michx., *Paspalum distichum* (L.), *P. setaceum* Michx., *Digitaria ischaemum* (Schreb.) Muhl., *Cenchrus longispinus* (Hack.) Fernald, *Andropogon virginicus*) and from South America: (*Ceratochloa cathartica* (Vahl) Herter (*Bromus catharticus* Vahl), *Cortaderia selloana* (Schult. et Schult. F.) Asch. et Graebn., *Eleusine tristachya* (Lam.) Lam., *Paspalum dilatatum* Poir., *Zea mays* L.,

Ceratochloa cathartica (Vahl) Herter, *Cortaderia selloana* (Schult. et Schult. f.) Asch. et Graebn. The Mediterranean is also home to certain invasive species (*Sorghum halepense* L. Pers. – North Africa, Mediterranean (*Hordeum geniculatum* H. K. Koch, *Avena barbata* Pott ex Link, *Avena byzantina* K. Koch, *Avena sterilis* L., *Anthoxanthum amarum* Brot., *Lolium multiflorum* Lam., *Vulpia bromoides*, *V. ciliata* Dumort., *Briza maxima* L., *Phalaris canariensis* L., *Sorghum cernuum* (Ard.) Host) and Southwest Asia (*Secale cereale* L.). The largest number of invasive cereal species on the Black Sea coast is associated with America, the East and Southeast Asian regions (50) and the Mediterranean (20).

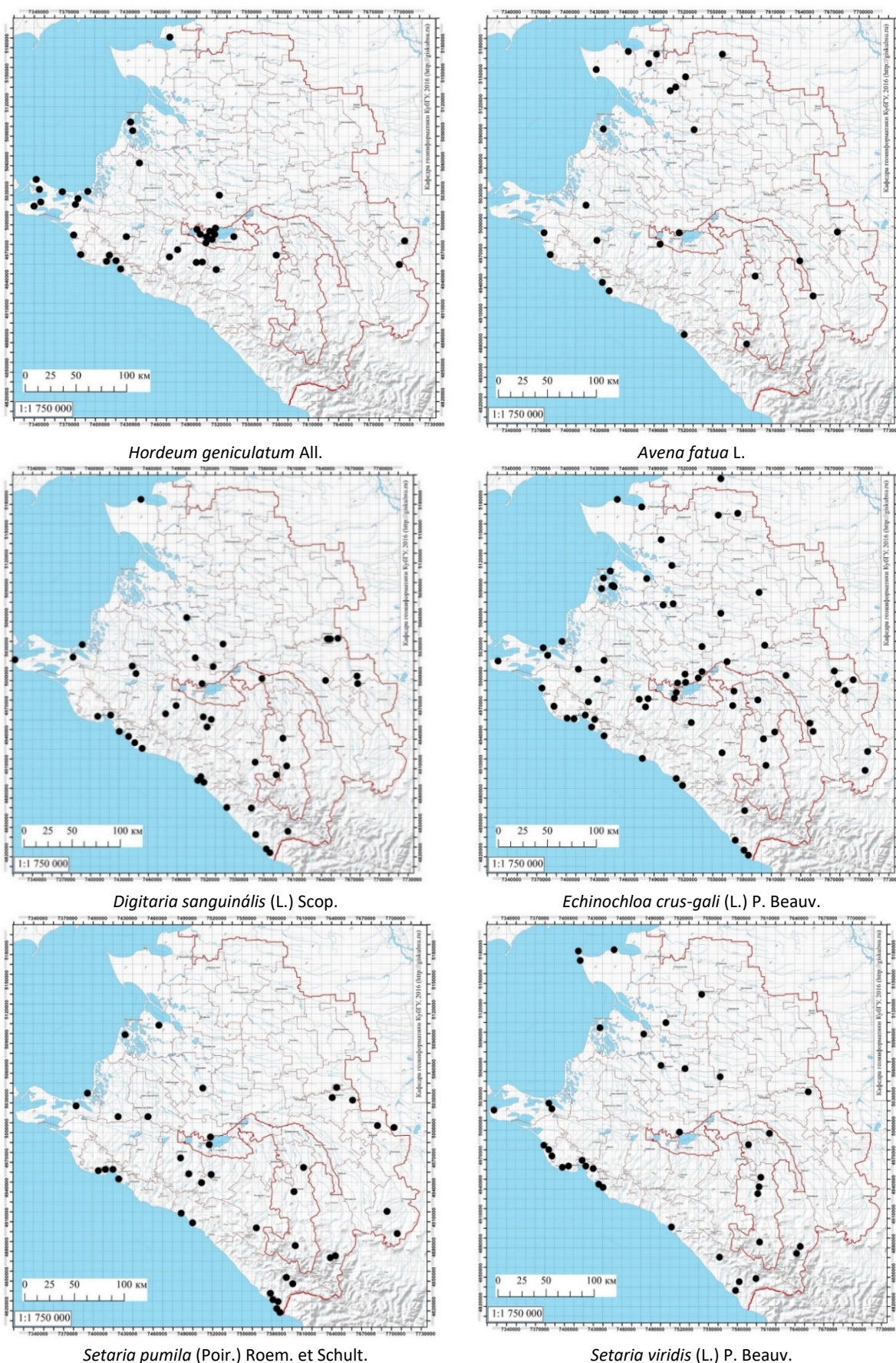


Figure 6. Geographic distribution of annual invasive species

Рисунок 6. Географическое распространение однолетних инвазивных видов

To understand the strategy of alien species, ecological characterization is of great importance. The ecological

analysis of 96 invasive cereals of the Caucasus showed that more than 70% belong to the therophytes life form (Fig. 7).

Water and light are essential factors in the spread of invasive species. In hydromorphic terms the invasive cereal flora is mesophilic (Fig. 8), and photophilous in heliomorphic terms (Fig. 9). In other words, the main places that alien species develop are fairly humid and open biotopes.

Invasive species of family Poaceae mainly belong to the "soft invasive species" of the ruderal and segetal flora. Many of them were deliberately moved outside their natural range. The introduction was carried out for a specific economic purpose such as: decorative (*Coix lacryma-jobi* L., *Briza maxima*), fodder (*Ceratochloa cathartica*, *Hordeum distichon*, *Avena sativa*) and food. Some of them became wild and naturalised into plant communities and, having overcome ecological, geographic

and coenotic barriers, passed into the category of invasive plants. There are more than 40 naturalised invasive species, including *Zizania latifolia*, *Zizania palustris*, *Eleusine indica*, *Sporobolus fertilis*, *Panicum capillare* and *Cenchrus longispinus*. Western Transcaucasia is a centre for the deliberate introduction of aesthetically important ornamental plants. The process of creating arboretums and household collections began from the moment of the colonisation of the Black Sea coast in the 18th century. Currently, there are many decorative wild species in Western Transcaucasia (*Sasa palmata*, *Sasa veitchii*, *Pseudosasa japonica*, *Pleiblastus fortunei*, *Phyllostachys aurea*, *P. bambusoides*, *P. viridiglaucescens* and *Cortaderia selloana*).

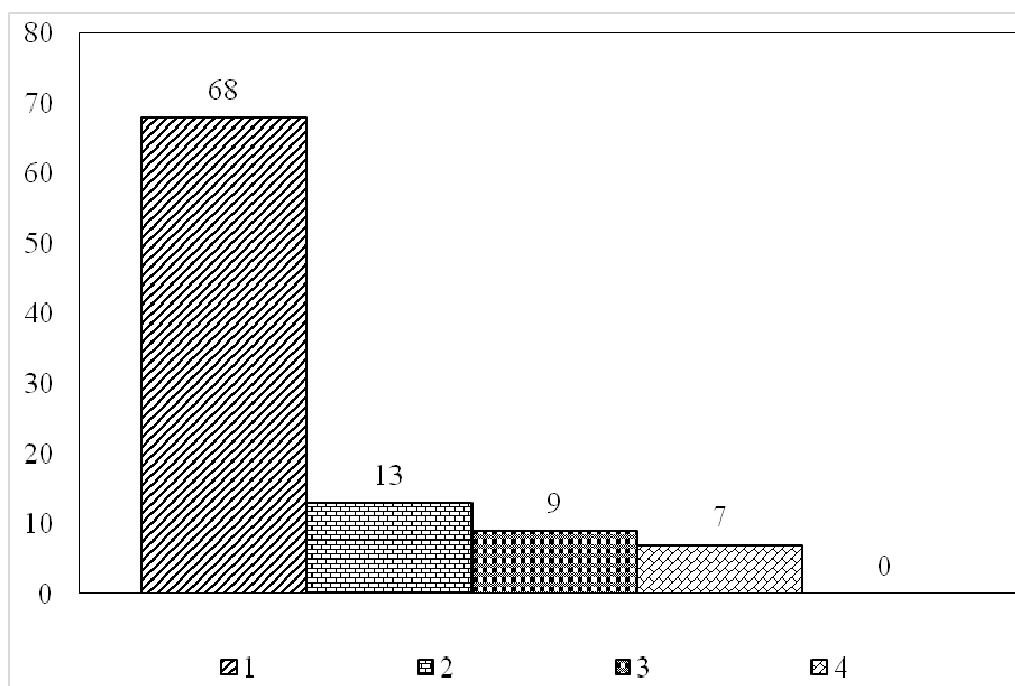


Figure 7. Distribution of invasive cereals by life forms (according to Raunkier C. [24])

Symbols: 1 – Therophytes, 2 – Hemicryptophytes, 3 – Geophytes, 4 – Cryptophytes

Рисунок 7. Распределение инвазивных злаков по жизненным формам (по К. Раункиеру [24])

Условные обозначения: 1 – Терофиты, 2 – Гемикриптофиты, 3 – Геофиты, 4 – Крпифиты

We have identified several types of anthropogenic and natural habitats to which the invasive cereal flora is confined: 1. Segetal: a) gardens, parks, plantations of subtropical crops, b) crops, fields, vineyards, vegetable gardens, c) rice crops; 2. Ruderal: a) roadsides, pastures, vacant lots, b) settlements.

The following natural biotopes have been identified: 1. Riverside and coastal sands and pebbles; 2. Wet meadows, wetlands and waterlogged places; 3. Post-forest open stony and fine-earth slopes, sparse shrubs, forest edges; 4. Coastal sand and shell spits; 5. shibliak, dry steppes; 6. Saline biotopes (salt marshes); 7. Forest communities.

The maximum amount of invasive cereal flora is associated with ruderal and segetal communities. 27 species grow in gardens, parks, on plantations of subtropical crops: *Arthraxon langsdorffii*, *A. hispidus*, *Andropogon virginicus*, *Sorghum halepense*, *Microstegium imberbe*, *M. japonicum*, *Miscanthus purpurascens*, *Pennisetum alopecuroides*, *Setaria pumila*, *S. pachystachys*, *S. faberi*, *Digitaria violascens*, *D. horizontalis*, *Paspalum*

thunbergii, *P. setaceum*, *P. distichum*, *Echinochloa crus-galli*, *Anthoxanthum amarum*, *Lolium multiflorum*, *Vulpia bromoides*, *Phalaris minor*, *Eleusine indica*, *Muhlenbergia schreberi*, *Sporobolus fertilis*, *Oplismenus undulatifolius*, *Panicum dichotomiflorum*, *P. sumatrense*.

23 species have been registered in agricultural landscapes (crops, fields, vineyards and vegetable gardens) (*Sorghum technicum*, *S. dochna*, *Setaria pachystachys*, *S. germanica*, *S. faberi*, *Digitaria ischaemum*, *D. asiatica*, *Paspalum thunbergii*, *P. distichum*, *Eriochloa villosa*, *Echinochloa crus-galli*, *Hordeum vulgare*, *Ceratochloa cathartica*, *Avena barbata*, *A. cultiformis*, *A. fatua*, *A. orientalis*, *A. sativa*, *Lolium multiflorum*, *Phalaris canariensis*, *P. minor*, *Panicum capillare*, *P. ruderales*). Species growing on paddy fields (7 species) were identified separately: *Eriochloa villosa*, *Echinochloa minor*, *E. oryzoides*, *E. caudata*, *E. oryzicola*, *Oryza sativa*, *Panicum sumatrense*. They appeared in the 1930s in the first wave of rice cultivation. Growing in agrocoenoses and forming segetal communities, they do not significantly affect the productivity of agrocoenoses. Most often, in disturbed

biotopes, they form one-season monodominant communities. Two groups were identified in ruderal communities, associated with ecotopes of roadsides, pastures, wastelands and within settlements. First recorded was the growth of 55 species (*Arthraxon langethorffii*, *A. centasiaticus*, *Andropogon virginicus*, *Sorghum technicum*, *S. halepense*, *Microstegium imberbe*, *M. japonicum*, *Miscanthus sinensis*, *Cenchrus longispinus*, *Pennisetum alopecuroides*, *Setaria verticillata*, *Setaria pumila*, *S. italica*, *S. faberi*, *Digitaria violascens*, *D. ischaemum*, *D. horizontalis*, *D. ciliaris*, *Paspalum thunbergii*, *P. setaceum*, *P. distichum*, *P. dilatatum*, *Trachinia distachia*, *Triticum aestivum*, *T. durum*, *Secale cereale*, *Hordeum distichon*, *H. jubatum*, *H. glaucum*, *H. vulgare*, *Ceratochloa carinata*, *C. cathartica*, *Avenabarabata*, *A. fatua*, *A. intermedia*, *A. orientalis*, *A. sativa*, *A. sterilis*,

Polypogon fugax, *P. monspeliensis*, *Vulpia bromoides*, *V. ciliata*, *Briza maxima*, *Phalaris canariensis*, *Cortaderia selloana*, *Eleusine indica*, *E. tristachya*, *Muhlenbergia schreberi*, *Sporobolus fertilis*, *Panicum capillare*, *P. miliaceum* and *P. ruderales*).

On the territory of settlements are noted: *Sorghum halepense*, *Pennisetum alopecuroides*, *Setaria pachystachys*, *S. italica*, *S. germanica*, *S. faberi*, *Digitaria ischaemum*, *D. asiatica*, *Eriochloa villosa*, *Echinochloa spiralis*, *E. crus-galli*, *Triticum aestivum*, *T. durum*, *Secale cereale*, *Hordeum jubatum*, *H. glaucum*, *H. murinum*, *Ceratochloa cathartica*, *Avena barbata*, *A. cultiformis*, *A. georgica*, *A. intermedia*, *A. sterilis*, *Vulpia bromoides*, *V. ciliata*, *Phalaris canariensis*, *Eleusine indica*, *Muhlenbergia schreberi*, *Sporobolus fertilis*, *Panicum dichotomiflorum*, *P. miliaceum*, *Panicum ruderales* – 32 species (Fig. 10).

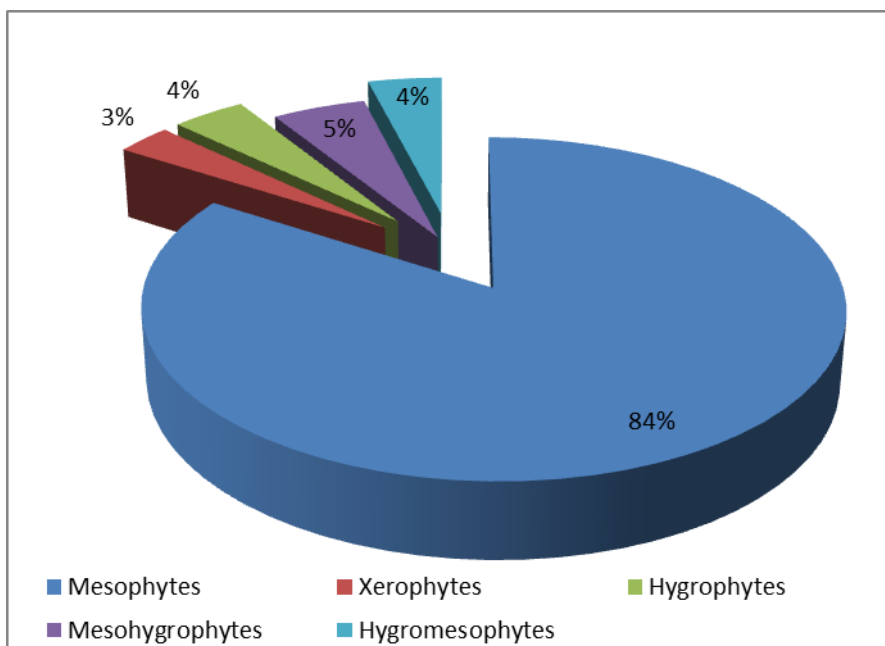


Figure 8. Distribution of invasive cereal species in relation to water

Рисунок 8. Распределение инвазивных видов злаков по отношению к воде

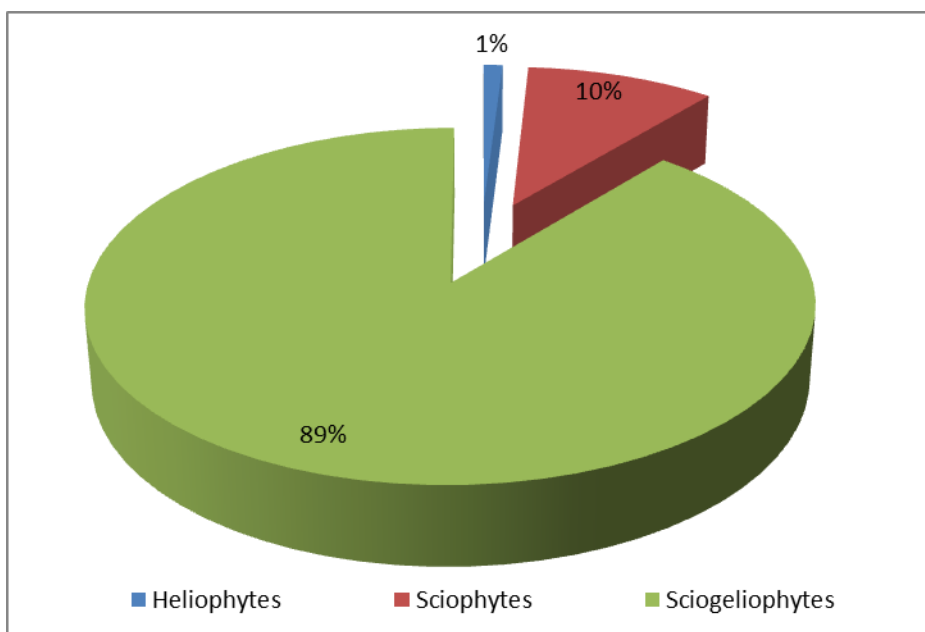


Figure 9. Distribution of invasive cereal species in relation to light

Рисунок 9. Распределение инвазивных видов злаков по отношению к свету



Pennisetum alopecuroides (L.) Spreng.



Eleusine indica (L.) Gaertn.

Figure 10. Species growing in settlements

Рисунок 10. Виды, произрастающие в населенных пунктах

There are species that are characterized by the “universality” of the development of their living space. Thus, *Echinochloa crus-galli* has a wide range of syntaxonomic and ecological confinement: weedy places, yew-boxwood groves, wet places, river valleys, vegetable gardens, roadsides, settlements, crops, arboretums, tea plantations, gardens, steppes, riverbanks, littoral, coastal

sands and pebbled areas from lowlands to the upper mountain belt, which is facilitated by the widespread use of agents that contribute to the spread: anemochory, barochory, exo-endozoochory. In the area of the Verbyanaya Spit, an interesting, tiled type of growth of the species was noted after the complete destruction of vegetation and cementation of the territory (Fig. 11).

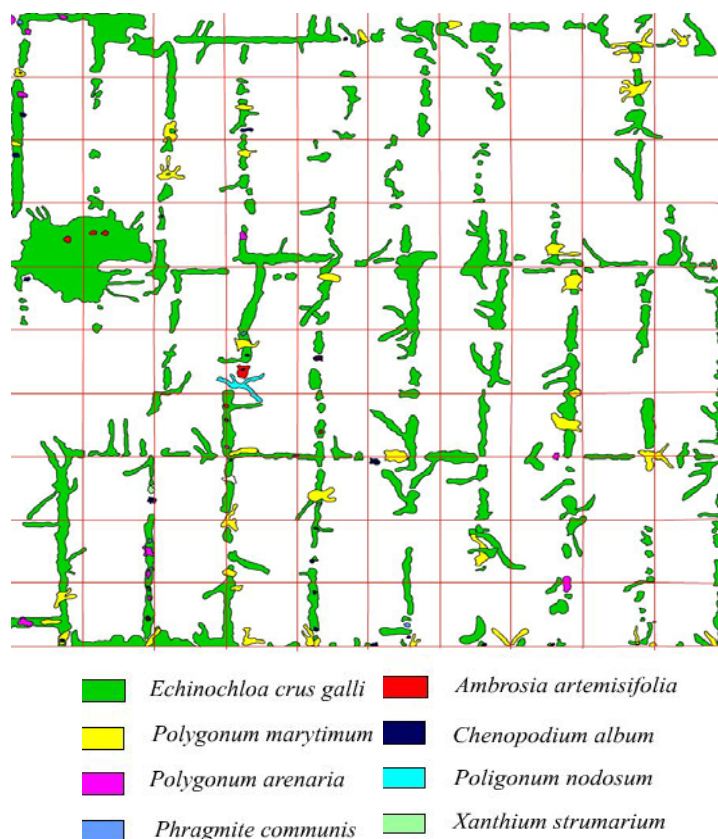


Figure 11. Projective cover of the community dominated by *Echinochloa crus-galli* on the ground of a drilling rig (2008) [10]

Рисунок 11. Проективное покрытие сообщества с доминированием *Echinochloa crus-galli* на полигоне буровой вышки (2008 г.) [10]

Littoral species, with mostly powerful root systems, could not grow in the conditions of a substrate covered with

cement blocks. In the community dominated by *Echinochloa crus-galli*, 10 species were recorded, of which

there were no species from natural littoral communities. As part of the community, it was recorded once with an abundance of sol *Eryngium maritimum*. After 2 years, *Corispermum nitidum* Kit. ex Schult. and *Cenchrus longispinus* began to play the role of dominants. Sandbur is an invasive annual species of the family *Poaceae*. It is spread with the help of prickly multiple fruit, containing 1-3 spikelets with fruits – caryopsis. Compound fruits easily adhere to wool and skin of animals, clothing, footwear and skin of people, wheels of cars and are carried over long distances from the mother plant. The type of the Azov coast was introduced during the construction of a road with transport and quickly spread and began to dominate tiled communities.

Alien cereals expand their ranges by introducing them into natural communities. *Setaria pumila*, *Digitaria ischaemum*, *Hordeum geniculatum*, *Avena sterilis*, *Vulpia ciliata*, *Eleusine tristachya* grow on the sandy-shell seaside spurs of the Azov coast. *Zizania latifolia* and *Zizania palustris* were recorded in wet meadows, swampy biotopes, and *Hordeum geniculatum*, *H. glaucum*, *H. vulgare*, *Polypogon monspeliensis* on salt marshes. The following are distributed along the riverside and coastal sands and gravels of river valleys: *Arthraxon langsdorffii*, *A. hispidus*, *Microstegium japonicum*, *Miscanthus sinensis*, *Cenchrus longispinus*, *Setaria verticillata*, *S. pumila*, *S. germanica*, *Digitaria ischaemum*, *D. ciliaris*, *D. asiatica*, *Paspalum distichum*, *Echinochloa tzevelevii*, *E. crus-galli*, *Phyllostachys bambusoides*, *Hordeum geniculatum*, *Avena barbata*, *Polypogon monspeliensis*, *Lolium multiflorum*, *Vulpia ciliata*, *Eleusine indica*, *E. tristachya*, *Oplismenus undulatifolius*, *Panicum ruderales*.

Invasions of cereals are noted in shrub communities, on forest edges, clearings, on open stony and fine-earth slopes and sometimes dominate, forming dense groups, but their role in the transformation of natural cenoses is not so significant. It all depends on the degree of disturbance of the vegetation cover. In the disturbed communities of the coastal zone of the Sochi coast there are the already common invasive feral species *Cortaderia seloana*, *Sasa palmata*, *Pseudosasa japonica*, *Pleioblastus distichus*, *P. fortunei*, *Phyllostachys aurea*, *P. reticulata*, *Echinochloa crus-galli* grows in the reserved Tiso-Samshitovaya Roshcha.

Typically favourable places for new penetration are linear objects of natural and anthropogenic character. Most importantly they are favourable for methods of distribution of fruits by anechory, zoochory, ornitochory and hydrochory. *Hordeum distichon*, *Hordeum jubatum*, *Panicum capillare*, *Eleusine indica*, *Sporobolus fertilis*, *Polypogon fugax*, *Phalaris canariensis*, *Triticum aestivum* and others move along the roads and railroad embankments, *Arthraxon hispidus*, *Oplismenus undulatifolius*, *Digitaria ischaemum*, *Setaria verticillata* along river valleys.

Invasive species behave differently in the environment of developed regions. We have established the status of an alien cereal by its role in phytocenoses [20].

Status 1 includes those actively naturalized in natural cenoses, changing the character, conditions, physiognomy, or nature of ecosystems and disrupting successional relationships (biocenosis transformers [20], agriophytes): *Oplismenus undulatifolius*, *Phyllostachys aurea*, *P. bambusoides*, *P. viridiglaucescens* (4.1%).

Status 2 includes species that are currently actively spreading and naturalizing in disturbed biotopes, partially changing natural, semi-natural cenoses, but not leading to a complete change in their composition, i.e., moderately aggressive species (phytocenoses transformers [20]). Their transition to Status 1 is possible under favourable conditions. These are plants that have penetrated to natural or semi-natural cenoses and continue to actively spread (epectophytes). Of the cereal flora, 34.4% of species have this status: *Sasa palmata*, *Pseudosasa japonica*, *Zizania latifolia*, *Z. palustris*, *Brachypodium distachyon* (*Trachinia distachia*), *Hordeum distichon*, *H. jubatum*, *H. geniculatum*, *H. murinum* L. subsp. *glaucum* (Steud.) Tzvelev. (*H. glaucum*), *H. murinum*, *H. vulgare*, *Avena fatua*, *A. sativa*, *Anthoxanthum amarum*, *Polypogon monspeliensis*, *Lolium multiflorum*, *Vulpia ciliata*, *Phalaris minor*, *Cortaderia seloana*, *Eleusine indica*, *Panicum miliaceum*, *Echinochloa crus-galli* (*Echinochloa caudata*), *E. crus-galli*, *Setaria pumila*, *S. verticillata*, *Paspalum dilatatum*, *P. distichum*, *P. thunbergii*, *Digitaria ischaemum*, *Cenchrus longispinus*, *Miscanthus sinensis* Andersson (*M. purpurascens*), *M. sinensis*, *Sorghum halepense* and *Andropogon virginicus*.

Status 3 species are those that partially change only disturbed phytocenoses (ruderal, segetal, etc.), entering singly into natural and semi-natural cenoses, but do not have a negative effect (ruderal transformers [20]). The species of this group, in the course of further naturalisation, can penetrate into semi-natural and natural communities and change their aggressiveness status to a higher level. This is typical for 61.5% of species: *Sasa veitchii*, *Pleioblastus distichus*, *Phyllostachys fortunei*, *Oryzasativa*, *Triticum aestivum*, *T. durum*, *Secale cereale*, *Bromus carinatus* Hook. et Arn. (*Ceratochloa carinata*), *Bromus catharticus* Vahl (*C. cathartica*), *Bromus hordeaceus* var. *glabratus* Lindgr. ex Lindm. (*Bromus glabratus*), *Avena barbata*, *A. byzantina*, *A. cultiformis*, *A. georgica*, *A. intermedia*, *A. orientalis*, *A. sterilis*, *Polypogon fugax*, *Vulpia bromoides*, *Briza maxima*, *Phalaris arundinacea* L. (*Phalaroides japonica*), *P. canariensis*, *Danthonia decumbens* (L.) DC. (*Sieglingia decumbens*), *Eleusine tristachya*, *Muhlenbergia schreberi*, *Sporobolus fertilis*, *Panicum capillare*, *P. dichotomiflorum*, *P. ruderales*, *P. sumatrense*, *Echinochloa oryzicola*, *E. oryzoides*, *E. spiralis*, *E. tzevelevii*, *Eriochloa villosa*, *Paspalum setaceum*, *Digitaria asiatica*, *D. ciliaris*, *D. horizontalis*, *D. violascens*, *Setaria faberi*, *S. germanica*, *S. italica*, *S. pachystachys*, *Pennisetum alopecuroides*, *P. americanum*, *P. glaucum*, *Microstegium japonicum*, *M. imberbe*, *Sorghum bicolor*, *S. cernuu*, *S. dochna*, *S. drummondii*, *S. technicum*, *Arthraxon centasiaticus*, *A. hispidus*, *A. langsdorffii*, *Zea may* and *Coix lacryma-jobi*.

The main threat to natural vegetation cover is represented by the species of the first two statuses (41.7%). As one can see, the largest number of invasive species considered here belong to Status 3-59 species (61.4%), which partially enter natural communities, but can increase their aggressiveness status in the future. At present, they make a minimal contribution to the destruction of natural ecosystems and are common in segetal and ruderal communities. But, if we take into account the speed at which the natural biogeocenotical cover of certain regions of the Caucasus is transformed, then the strengthening of the positions of aggressive alien species is inevitable. Four species belong to the category of transformers. The most aggressive invasive cereal for the

southeastern part of the Black Sea coast is *Oplismenus undulatifolius*, which dominates in the herbaceous layer of broad-leaved Colchian forests and disrupts natural successional processes. *Oplismenus undulatifolius* successfully forms generative individuals, forms monodominant communities in natural Colchis Forest communities and has a significant distribution area. The

successful invasion of the species is facilitated by a combination of seed and vegetative propagation (polycarpic above-ground rhizomatous grass), the efficiency of seed propagation (by anemochory, hydrochory and zoochory). The coenoareal is clearly confined to the communities of Colchis (Fig. 12).

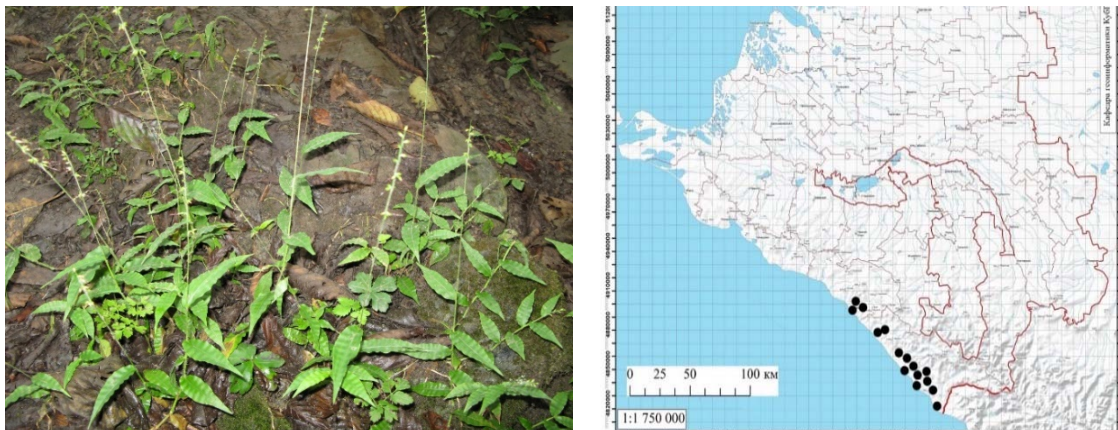


Figure 12. Geographical distribution of *Oplismenus undulatifolius*

Рисунок 12. Географическое распространение *Oplismenus undulatifolius*

CONCLUSION

On the territory of the Western Caucasus and Western Ciscaucasia, 96 species of invasive cereal flora are recorded, which are widespread throughout all floristic districts of the Caucasus. The analysis showed that most of the species are native to ancient centres of agriculture (such a Southeast Asia). Ecological analysis showed that more than 70% belong to the therophytes life form. Water and light are essential factors in the spread of invasive species. The regions of the highest first level of danger include the Black Sea coast (WT), in which natural and climatic conditions contribute to the invasive process. Species of the second danger level are typical for Western Ciscaucasia (WC), Eastern Transcaucasia (ET) and Talysh. The status of alien species of cereals was established by their role in phytocenoses. The status of species was established according to their level of aggressiveness: biogeotransformers (4.1%), phytocenosis transformers (34.4%) and ruderal transformers (62.5%). The main threat to the natural vegetation cover is represented by species of the first two statuses (41.7%).

REFERENCES

1. Cronk Q.C.B., Fuller J.I. Plant Invaders: The Threat to Natural Ecosystems. Springer, 1995, 241 p.
2. Reichard S. White P. horticulture as a pathway of Invasive Plant Introductions in the United States. BioScience. 2001, vol. 51, no. 2, pp. 103-113.
3. Khoroon L.V. The main problems of the invasive plant ecology in the foreign literature. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o zemle [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences]. 2014, no. 3, pp. 64-77. (In Russian)
4. Morozova O.V. Baza dannykh po adventivnym vidam rastenii (AliS) i perspektivy sozdaniya edinogo banka informatsii [Database on adventive plant species (AliS) and the prospects for creating a unified information bank]. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Problemy izucheniya

- adventivnoi i sinantropnoi flory v regionakh SNG», Moskva, 2002 [Materials of the International Scientific Conference "Problems of Studying Adventive and Synanthropic Flora in the CIS Regions", Moscow, 2002]. Moscow, 2002, pp. 72-73. (In Russian)
5. Karpun Yu.N. [Adventive dendroflora of the suburban forests of Sochi]. In: Sokhranenie bioraznobraziya rastenii v prigorode i pri introduktsii [Conservation of plant biodiversity in the suburbs and during the introduction]. Sukhum, 2006, pp. 235-238. (In Russian)
6. Zernov A.S. Illyustirovannaya flora Yuga Rossiiskogo Prichernomor'ya [Illustrated flora of the South of the Russian Black Sea region]. Moscow, KMK Publ., 2013, 588 p. (In Russian)
7. Soltani G.A. Problemy biologicheskikh invazii pri sokhranении redkikh i ischezayushchikh vidov rastenii [Problems of biological invasions while preserving rare and endangered plant species]. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Okhrana prirodnoi sredy i ekologo-biologicheskoe obrazovanie», Elabuga, 25-26 noyabrya 2015 goda [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Environmental Protection and Ecological and Biological Education", Elabuga, November 25-26, 2015]. Elabuga, 2015, pp. 262-266. (In Russian)
8. Timukhin I.N., Tuniev B.S. Modern distribution of invasive species of vascular plants in the territory of the Sochi National Park. In: Izuchenie flory Kavkaza [Study of the flora of the Caucasus]. Pyatigorsk, 2010, pp. 106-107. (In Russian)
9. Akatov V.V., Akatova T.V., Shadzhe A.E. Species richness of tree and shrub layers of riverine forests of the Western Caucasus dominated by foreign species. Ekologiya [Ecology]. 2012, no. 4, pp. 276-283. (In Russian)
10. Lytvinskaya S.A., Savchenko M. Yu. On the question of the invasiveness of the flora of the Western Caucasus. Botanicheskii vestnik Severnogo Kavkaza [Botanical Bulletin of the North Caucasus]. 2016, no. 1, pp. 23-35. (In Russian)
11. Pin'kovskii M.D., Soltani G.A. Osobennosti okhrany geneticheskikh resursov kavkazskoi flory na sovremennom etape [Features of the protection of genetic resources of the

- Caucasian flora at the present stage]. In: *Dekoratивное sadovodstvo Rossii* [Ornamental gardening in Russia]. 2009, vol. 42, iss. 2, pp. 46-54. (In Russian)
12. Timukhin I.N., Akatova T.V. Invasiynye vidy rastenii Kavkazskogo zapovednika [Invasive plant species of the Caucasian reserve]. In: *Bioraznoobrazie i monitoring prirodnykh ekosistem v Kavkazskom gosudarstvennom prirodnom biosfernom zapovednike* [Biodiversity and monitoring of natural ecosystems in the Caucasian State Natural Biosphere Reserve]. 2002, iss. 16, pp. 78-84. (In Russian)
 13. Shkhagapsoev S.Kh., Chadaeva V.A., Shkhagapsoeva K.A. *Materialy dlya Chernoi knigi flory Kabardino-Balkarskoi Respubliki* [Materials for the Black Book of flora of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nal'chik, Kotlyarovskh Publ., 2018, 140 p. (In Russian)
 14. Abdieva R.T. List of invasive flora of Azerbaijan. Baku, 2018, 44 p.
 15. Geideman T.S., Isaev Ya.M., Kadyrov G.M., Karyagin I.I., Prilipko L.I., Rzaade R.Ya. *Flora Azerbaidzhana. Polypodiaceae – Gramineae* [Flora of Azerbaijan. Polypodiaceae – Gramineae]. Baku, ANASSR Publ., 1950, vol. 1, 370 p. (In Russian)
 16. Vinogradova Yu.K., Maiorov S.R., Khorun L.V. *Chernaya kniga flory Srednei Evropa* [The Black Book of Flora of Central Europe]. Moscow, GEOS Publ., 2010, 512 p. (In Russian)
 17. Tuniyev B., Timukhin I. Species composition and comparative-historical aspects of expansion of alien species of vascular plants on Sochi Black Sea coast (Russia). *Nature Conservation Research*. 2017, no. 2(4), pp. 2-25.
 18. Kolakovskii A.A. *Rastitel'nyi mir Kolkhidy* [The flora of Colchis]. Moscow, MSU Publ., 1961, 459 p. (In Russian)
 19. Tsvelev N.N., Probatova N.S. *Zlaki Rossii* [Cereals of Russia]. Moscow, KMK Publ., 2019, 646 p. (In Russian)
 20. Baranova O.G., Bralgina E.N. Invasive plants in the flora of the Udmurt Republic. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o zemle* [Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth sciences]. 2015, vol. 25, iss. 2, pp. 31-35. (In Russian)
 21. WCVP. World Checklist of Vascular Plants, version 2.0. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available at: <http://wcvp.science.kew.org/> (accessed 28.02.2021)
 22. Menitskii Yu.L. Project "Abstract of the flora of the Caucasus". *Flora Districts Map. Botanicheskii zhurnal* [Botanical journal]. 1991, vol. 76, no. 11, pp. 1513-1521. (In Russian)
 23. Tsvelev N.N. *Ordo Poales. Fam. Poaceae Barnhart. Konspekt flory Kavkaza* [Ordo Poales. Fam. Poaceae Barnhart. Abstract of the flora of the Caucasus]. SPb, St. Petersburg University Publ., 2006, vol. 2, pp. 248-378. (In Russian)
 24. Raunkiaer C. *The Life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford. Clarendon press., 1934, 62 p.
- БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**
1. Cronk Q.C.B., Fuller J.I. *Plant Invaders: The Threat to Natural Ecosystems*. Springer, 1995. 241 p.
 2. Reichard S. White P. horticulture as a pathway of Invasive Plant Introductions in the United States // *BioScience*. 2001. Vol. 51, N 2. P. 103-113.
 3. Хорун Л.В. Проблемы инвазионной экологии растений в зарубежной научной литературе // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле*. 2014. N3. С. 64-77.
 4. Морозова О.В. База данных по адвентивным видам растений (Alis) и перспективы создания единого банка информации // *Материалы Международной научной конференции «Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ»* / под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова. М.: Изд-во Гл. бот. сада МГУ; Тула: Гриф и Ко., 2002. С. 72-73.
 5. Карпун Ю.Н. Адвентивная дендрофлора пригородных лесов Сочи // *Сохранение биоразнообразия растений в пригороде и при интродукции*. Сухум, 2006. С. 235-238.
 6. Зернов А.С. *Иллюстрированная флора Юга Российского Причерноморья*. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2013. 588 с.
 7. Солтани Г.А. Проблемы биологических инвазий при сохранении редких и исчезающих видов растений // *Материалы Международной научно-практической конференции «Охрана природной среды и эколого-биологическое образование»*, г. Елабуга, 25-26 ноября 2015 года / под ред. В.В. Леонтьева. Елабуга: Издатель Леонтьев В.В., 2015. С. 262-266.
 8. Тимухин И.Н., Туниев Б.С. Современное распространение инвазивных видов сосудистых растений на территории Сочинского национального парка // *Изучение флоры Кавказа*. Пятигорск, 2010. С. 106-107.
 9. Акатов В.В., Акатова Т.В., Шадже А.Е. Видовое богатство древесного и кустарникового ярусов прирусловых лесов Западного Кавказа с доминированием инвазивных видов // *Экология*. 2012. N4. С. 276-283
 10. Литвинская С.А., Савченко М. Ю. К вопросу об инвазивности флоры Западного Кавказа // *Ботанический вестник Северного Кавказа*. Махачкала, 2016. N1. С. 23-35.
 11. Пиньковский М.Д., Солтани Г.А. Особенности охраны генетических ресурсов кавказской флоры на современном этапе // *Декоративное садоводство России: Сб. науч. тр.* Вып. 42. Т. 2. ГНУ ВНИИЦиСК, Сочи, 2009. С. 46-54.
 12. Тимухин И.Н., Акатова Т.В. Инвазивные виды растений Кавказского заповедника // *Биоразнообразие и мониторинг природных экосистем в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике: Сб. трудов КГПБЗ*. Вып. 16. Новочеркасск: ЗАО Изд. «Дорос», 2002. С.78-84.
 13. Шахапсоев С.Х., Чадаева В.А., Шахапсоева К.А. *Материалы для Черной книги флоры Кабардино-Балкарской Республики*. Нальчик: Изд-во Котляровых, 2018. 140 с.
 14. Abdieva R.T. List of invasive flora of Azerbaijan. Baku, 2018. 44 p.
 15. Гейдеман Т.С., Исаев Я.М., Кадыров Г.М., Карягин И.И., Прилипко Л.И., Рзааде Р.Я. *Флора Азербайджана* / под ред. И.И. Карягина. Т. 1. *Polypodiaceae – Gramineae*. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1950. 370 с.
 16. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. *Черная книга флоры Средней Европы*. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
 17. Tuniyev B., Timukhin I. Species composition and comparative-historical aspects of expansion of alien species of vascular plants on Sochi Black Sea coast (Russia) // *Nature Conservation Research*, 2017. N2(4). P. 2-25.
 18. Колаковский А.А. *Растительный мир Колхиды*. М.: Изд-во МГУ, 1961. 459 с.
 19. Цвелев Н.Н., Пробатова Н.С. *Злаки России*. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2019. 646 с.
 20. Баранова О.Г., Бралгина Е.Н. Инвазионные растения во флоре Удмуртской Республики // *Вест. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о земле*. 2015. Т. 25, вып. 2. С. 31-35.
 21. WCVP. World Checklist of Vascular Plants, version 2.0. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. URL: <http://wcvp.science.kew.org/> (дата обращения: 28.02.2021)
 22. Меницкий Ю.Л. Проект «Конспект флоры Кавказа». Карта районов флоры // *Бот. журн*. 1991. Т. 76. N11. С. 1513-1521.

23. Цвелев Н.Н. Ordo Poales. Fam. Poaceae Barnhart // Конспект флоры Кавказа / Отв. ред. А. Л. Тахтаджян. СПб: Изд-во СПб. ун-та, 2006. Т. 2. С. 248-378.

24. Raunkiaer C. The Life forms of plants and statistical plant geography. Oxford. Clarendon press. 1934, 62 p.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Rena T. Abdyeve provided written content on the invasive cereal flora of Azerbaijan. Svetlana A. Lytvinskaya provided: information on 96 invasive species of the family Poaceae; distribution of the cereal fraction of invasive species of the Western Caucasus and Western Ciscaucasia in the floristic regions of the Caucasus; quantitative indicators of invasive cereal flora in the floristic regions of the Caucasus; assessment of floristic regions of the Caucasus according to the level of invasive cereal danger; geographic distribution of annual invasive species; analysis on site of the initial range of invasive cereals; ecological analysis of 96 invasive cereals of the Caucasus; confinement of invasive cereal flora to the place of growth and the status of an alien cereal by its role in phytocenoses. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Рена Т. Абдыева предоставила материал по инвазивной злаковой флоре Азербайджана. Светлана А. Литвинская предоставила материал по следующим вопросам: сведения по 96 инвазионным видам сем. Poaceae; распределение злаковой фракции инвазивных видов Западного Кавказа и Западного Предкавказья по флористическим районам Кавказа; уровень инвазионной злаковой опасности флористических районов Кавказа; географическое распространение однолетних инвазивных видов»; анализ по месту первоначального ареала инвазионных злаков; экологический анализ 96 инвазивных злаков Кавказа; приуроченность инвазивной злаковой флоры к месту произрастания и статус чужеродного злака по его роли в фитоценозах. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Svetlana A. Lytvinskaya / Светлана А. Литвинская <https://orcid.org/0000-0003-3805-1359>

Rena T. Abdyeve / Рена Т. Абдыева <https://orcid.org/0000-0002-1006-0475>

Обзорная статья / Review article
УДК 578.85/578.346:57.063.7/8
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-71-85

Вирусные болезни бобовых культур на юге российского Дальнего Востока

Надежда Н. Какарека¹, Юрий Г. Волков¹, Валентина Ф. Толкач¹, Татьяна В. Табакаева¹,
Юрий А. Белов¹, Алексей А. Муратов², Михаил Ю. Щелканов¹

¹ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Контактное лицо

Михаил Юрьевич Щелканов, д.б.н., доцент;
заведующий лабораторией вирусологии ФНЦ
биоразнообразия наземной биоты Восточной
Азии ДВО РАН; 690087 Россия, Владивосток, ул.
Столетия Владивостоку, д. 159/1.
Тел. +79245297109
Email adorob@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Формат цитирования

Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Толкач В.Ф.,
Табакаева Т.В., Белов Ю.А., Муратов А.А.,
Щелканов М.Ю. Вирусные болезни бобовых
культур на юге российского Дальнего Востока //
Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, N 4. С.
71-85. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-71-85

Получена 7 июля 2021 г.

Прошла рецензирование 4 августа 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель работы заключается в анализе эпифитотической ситуации на юге российского Дальнего Востока в связи с вирусными болезнями бобовых (Fabaceae Lindl., 1836).

Обсуждение содержит описание 18 вирусов, заражающих бобовые в данном регионе: мозаики люцерны (Alfalfa mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, *Alfamovirus*); мозаики горошка однопарного (*Vicia unijuga* mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, *Bromovirus*); огуречной мозаики (Cucumber mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, *Cucumovirus*); кольцевой пятнистости горошка однопарного (*Vicia unijuga* ringspot virus) (Martellivirales: Closteroviridae, *Unidentified*); жёлтой мозаики гибридного клевера (*Trifolium hybridum* yellow mosaic virus), обыкновенной мозаики фасоли (Bean common mosaic virus), жёлтой мозаики фасоли (Bean yellow mosaic virus), крапчатости ползучего клевера (*Trifolium repens* mottle virus), мозаики горного клевера (Mountain clover mosaic virus), мозаики лугового клевера (Red clover mosaic virus), хлоротичной деформации сои (Soybean chlorotic deformation virus), хлоротичной крапчатости сои (Soybean chlorotic mottle virus), мозаики сои (Soybean mosaic virus), слабой мозаики сои (Soybean weak mosaic virus) (Potatavirales: Potyviridae, *Potyvirus*); кольцевой пятнистости табака (Tobacco ringspot virus) (Picornavirales: Secoviridae, *Nepovirus*); деформирующей мозаики гороха (Pea enation mosaic virus) (Tolivirales: Luteoviridae, *Enamovirus*); мозаики белого клевера (White clover mosaic virus) (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*); некротической мозаики горошка ложносочевичного (*Vicia pseudorobus* necrotic mosaic virus) (Tymovirales: Betaflexiviridae, *Carlavirus*). Дано описание установленных природных резервуаров и основных переносчиков указанных вирусов. **Заключение** включает в себя перечень мероприятий, рекомендуемых для профилактики вирусных заболеваний бобовых и тезис о необходимости продолжения планового мониторинга фитовирусологической ситуации на территории российского Дальнего Востока.

Ключевые слова

Бобовые, Fabaceae, фитовирусы, *Alfamovirus*, *Bromovirus*, *Cucumovirus*, *Unidentified*, *Potyvirus*, *Nepovirus*, *Enamovirus*, *Potexvirus*, *Carlavirus*.

Viral diseases of legumes in the south of the Russian Far East

Nadezhda N. Kakareka¹, Yury G. Volkov¹, Valentina F. Tolkach¹, Tatyana V. Tabakaeva¹,
Yury A. Belov¹, Alexey A. Muratov² and Mikhail Yu. Shchelkanov¹

¹Federal Scientific Center of East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

²Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Principal contact

Mikhail Yu. Shchelkanov, PhD., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor & Head, Laboratory of Virology, Federal Scientific Centre of East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences; 159/1 Centuries to Vladivostok St, Vladivostok, Russia 690087.
Tel. +79245297109
Email adorob@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

How to cite this article

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

Received 7 July 2021

Revised 4 August 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. The aim of the current work is to analyse the epiphytotic situation in the south of the Russian Far East in connection with viral diseases of legumes (*Fabaceae* Lindl., 1836).

Discussion contains a description of 18 viruses that infect legumes in this region: Alfalfa mosaic (Martellivirales: Bromoviridae, *Alfamovirus*); *Vicia unijuga* mosaic (Martellivirales: Bromoviridae, *Bromovirus*); Cucumber mosaic (Martellivirales: Bromoviridae, *Cucumovirus*); *Vicia unijuga* ringspot virus (Martellivirales: Closteroviridae, Unidentified); *Trifolium hybridum* yellow mosaic virus, Bean common mosaic virus, Bean yellow mosaic virus, *Trifolium repens* mottle virus, Mountain clover mosaic virus, Red clover mosaic virus, Soybean chlorotic deformation virus, Soybean chlorotic mottle virus, Soybean mosaic virus, Soybean weak mosaic virus (Patatavirales: Genus, *Potyvirus*); Tobacco ringspot virus (Picornavirales: Secoviridae, *Nepovirus*); Pea enation mosaic virus (Tolivirales: Luteoviridae, *Enamovirus*); White clover mosaic virus (Tymovirales: Alphaflexiviridae, *Potexvirus*); *Vicia pseudorobus* necrotic mosaic virus (Tymovirales: Betaflexiviridae, *Carlavirus*). The description of the established natural reservoirs and the main vectors of these viruses is given.

Conclusion. A list of measures are recommended for the prevention of viral diseases of legumes and a thesis is provided on the need to continue the planned monitoring of the phytovirological situation in the Russian Far East.

Key Words

Legumes, Fabaceae, phytoviruses, *Alfamovirus*, *Bromovirus*, *Cucumovirus*, *Unidentified*, *Potyvirus*, *Nepovirus*, *Enamovirus*, *Potexvirus*, *Carlavirus*.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве стран мира возделыванию бобовых (Fabaceae Lindl., 1836) уделяется повышенное внимание. Ценность этих сельскохозяйственных культур определяется, прежде всего, высоким содержанием в семенах белков, богатых незаменимыми аминокислотами для человека и животных. Чаще всего в растениеводстве используются соя культурная (*Glycine max* Merr., 1917), горох посевной (*Pisum sativum* L., 1753), чечевица пищевая (*Lens culinaris* Medik., 1787), фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L., 1753), фасоль золотистая (маш) (*Vigna radiata* Wilczek), пажитник сенной (*Trigonella foenum-graecum* L., 1753), чина посевная (*Lathyrus sativus* L., 1753) и др. Кроме того, ряд культур используют как многолетние кормовые травы – клевер (*Trifolium* L., 1753), люцерна (*Medicago* L., 1753), донник (*Melilotus* Mill.), козлятник (*Galega* Tournef. ex L., 1753). Многие бобовые являются отличными медоносами. Общемировые посевные площади бобовых составляют более 120 млн га [1].

Основной культурой в структуре сельскохозяйственного производства на Дальнем Востоке всегда являлась соя. Именно этот регион был основным поставщиком соевых бобов в России со времён Советского Союза, несмотря на относительно низкую урожайность порядка 14 ц/га в Приморье [2; 3]. Возможно, это связано с традиционными методами селекции и семеноводства, в то время как на мировом рынке преобладает зерно трансгенных сортов сои [4; 5]. Выращивание бобовых – один из ключевых векторов развития растениеводства на юге российского Дальнего Востока (на территории Амурской области, Приморского и Хабаровского краёв, Еврейской автономной области) [6]. Одна из причин низкой урожайности бобовых на Дальнем Востоке – вредители и распространение фитопатологий различного генеза, включая фитовирусные заболевания.

Выявление возбудителей и источников распространения инфекционных болезней сои на юге российского Дальнего Востока проводится с конца 1960-х гг. [7-9]. Исследовались коллекционные питомники, как место возможного проникновения вирусов из других регионов страны и мира. Были обследованы питомники, опытные и производственные посевы сои Всероссийского научно-исследовательского института сои (ВНИИС), Приморского и Дальневосточного научно-исследовательских институтов сельского хозяйства (ПримНИИСХ и ДальНИИСХ) и опорные пункты Госсортсети (ГСУ): «Рождественское» (Амурская область), «Струговское» (Хабаровский край) и «Черниговское» (Приморский край).

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время, на Дальнем Востоке России в популяциях культивируемых бобовых выявлено более 40 заболеваний предположительно вирусной природы. Из них в качестве самостоятельных видов рассматриваются 18 фитовирусов, которые принадлежат 8 родам, 6 семействам, 5 отрядам (табл. 1) [8; 10; 11]. Распространённость вирусных болезней на сое по всем категориям хозяйств составила в

производственных посевах до 35%, а в коллекционных – 70-90% [12; 13].

SMV (рис. 1) считается наиболее вредоносным во всех странах в силу широкой распространённости, высокой интенсивности поражения растений, способности снижать урожайность в 2-3 раза и влиять на качество семян, уменьшая содержание белка и масла, соответственно, на 5-20% и 2,0-2,5% [14]. Кроме того, SMV отличается большим штаммовым разнообразием, что повышает экологическую пластичность этого вируса и затрудняет диагностику [15-17]. В Российской Коллекции вирусов Восточной Азии [18-20], функционирующей на базе лаборатории вирусологии ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, проделана большая работа по изучению биологических свойств штаммов SMV, изолированных в период 1969-2020 гг.: выделены три группы штаммов этого вируса, различающихся степенью выраженности симптоматики.

Группа А включает в себя слабопатогенные штаммы, широко распространённые в Амурской обл., Хабаровском крае и северных районах Приморского края. При заражении штаммами группы А симптомы заболевания почти отсутствуют (рис. 2А). Среднепатогенные штаммы (группа В) вызывают деформацию листовой пластинки, замедления роста центральной жилки, в результате чего лист приобретает характерный пузырчато-морщинистый вид; нередко происходило чередование пятен желтовато- и светло-зелёной окраски (рис. 2В). Штаммы группы В распространены по всему Дальнему Востоку России, ими же поражены большинство сортов сои, возделываемых как в нашей стране, так и за рубежом. Высоковирулентные штаммы (группа С) вызывают обширную некротизацию (рис. 2С) вплоть до гибели растения и выявлены на отдельных растениях в южной части (в Приханкайской низменности и южнее) Приморского края [12; 21].

Была исследована чувствительность сортов сои (Венера, Ходсон, Мечта, Приморская-529, Приморская-412), районированных в Приморском крае в третьей четверти прошлого века, к трём прототипным китайским штаммам SMV из Китая: SMV/China/Soybean/H5621, SMV/China/Soybean/K3140, SMV/China/Soybean/J1889. Все сорта оказались восприимчивыми (наиболее выраженная реакция – на var. Приморская-529, наименее – на var. Венера). Различие штаммов проявлялось только на var. Приморская-412, на котором штамм S_{III} вызывал резкую мозаику с сильной деформацией в то время, как остальные – лишь умеренную симптоматику [9; 10; 21]. Таким образом, китайские штаммы представляют опасность для естественных и агрофитоценозов российского Дальнего Востока.

Три прототипных дальневосточных штамма – SMV/Russia/Amur_region/Soybean-A15135/FA12G/1994, SMV/Russia/Amur_region/Soybean-A15136/FB34W/1994 и SMV/Russia/Khabarovsk_region/Soybean/Kh-12/1995 – с чётко различающейся фитопатогенностью на сое были испытаны на сортах-дифференциаторах (табл. 2) по общепринятой схеме [22-24].

Таблица 1. Вирусы* сои, циркулирующие в естественных и агрофитоценозах на юге российского Дальнего Востока
Table 1. Soybean viruses* circulating in natural and agrophytocenoses in the south of the Russian Far East

Отряд Order	Семейство Family	Род Genus	Вид / Species
Martellivirales	Bromoviridae	<i>Alfavirus</i>	вирус мозаики люцерны / Alfalfa mosaic virus
		<i>Bromovirus</i>	вирус мозаики горошка однопарного / <i>Vicia unijuga</i> mosaic virus
		<i>Cucumovirus</i>	вирус огуречной мозаики ¹ / Cucumber mosaic virus
	Closteroviridae	<i>Unidentified</i>	вирус кольцевой пятнистости горошка однопарного / <i>Vicia unijuga</i> ringspot virus
Patatavirales	Potyviridae	<i>Potyvirus</i>	вирус обыкновенной мозаики фасоли / Bean common mosaic virus
			вирус жёлтой мозаики фасоли / Bean yellow mosaic virus
			вирус мозаики клевера горного / Mountain clover mosaic virus
			вирус мозаики клевера лугового / Red clover mosaic virus
			вирус хлоротичной деформации сои / Soybean chlorotic deformation virus
			вирус хлоротичной крапчатости сои / Soybean chlorotic mottle virus
			вирус мозаики сои / Soybean mosaic virus
			вирус слабой мозаики сои / Soybean weak mosaic virus
			вирус жёлтой мозаики клевера гибридного / <i>Trifolium hybridum</i> yellow mosaic virus
			вирус крапчатости клевера ползучего / <i>Trifolium repens</i> mottle virus
Picornavirales	Secoviridae	<i>Nepovirus</i>	вирус кольцевой пятнистости табака / Tobacco ringspot virus
Tollivirales	Luteoviridae	<i>Enamovirus</i>	вирус деформирующей мозаики гороха / Pea enation mosaic virus
Tymovirales	Alphaflexiviridae	<i>Potexvirus</i>	вирус мозаики белого клевера / White clover mosaic virus
	Betaflexiviridae	<i>Carlavirus</i>	вирус некротической мозаики горошка ложносочечникового <i>Vicia pseudorobus</i> necrotic mosaic virus
			ВНМГЛ / VpNMV

Примечание: *Таксоны упорядочены в соответствии с их латинским написанием, виды внутри таксона – в соответствии с их международной аббревиатурой, используемой в настоящей работе

Note: *The taxa are ordered according to their Latin spelling, whereas the species within the taxon – according to their international abbreviation used in the current article

¹ Бобовые штаммы вируса огуречной мозаики (CMV – Cucumber mosaic virus) (Martellivirales: Bromoviridae, *Cucumovirus*) первоначально рассматривались как самостоятельный вирус, получивший название вирус задержки роста сои (SSV – Soybean stunt virus). Имеющий историческое значение SSV не следует путать с вирусом острой задержки роста сои (SSSV – Soybean severe stunt virus) (Picornavirales: Secoviridae, *Nepovirus*), который не обнаружен на Дальнем Востоке.

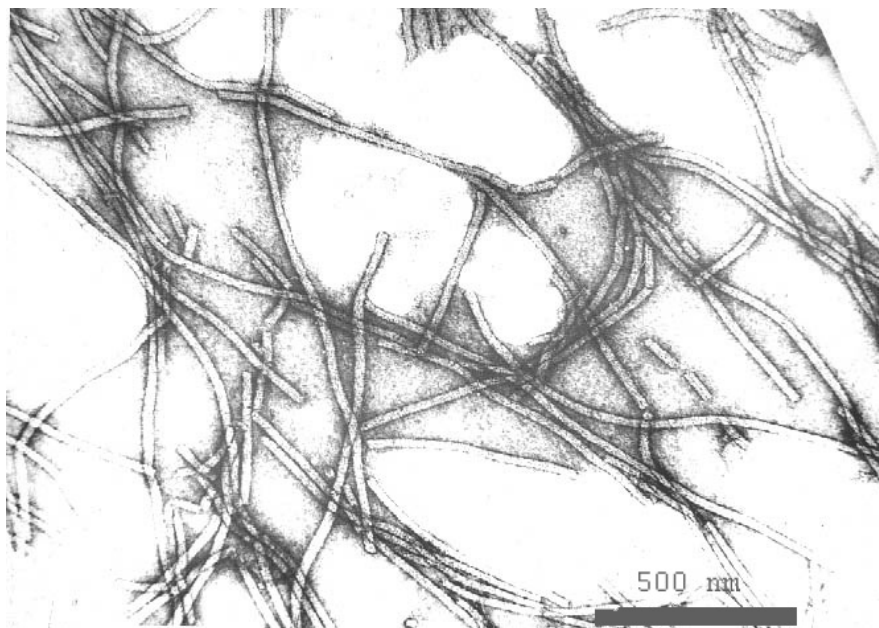


Рисунок 1. Электронно-микроскопическая фотография вирионов SMV

Figure 1. Electron microscopic photo of SMV virions

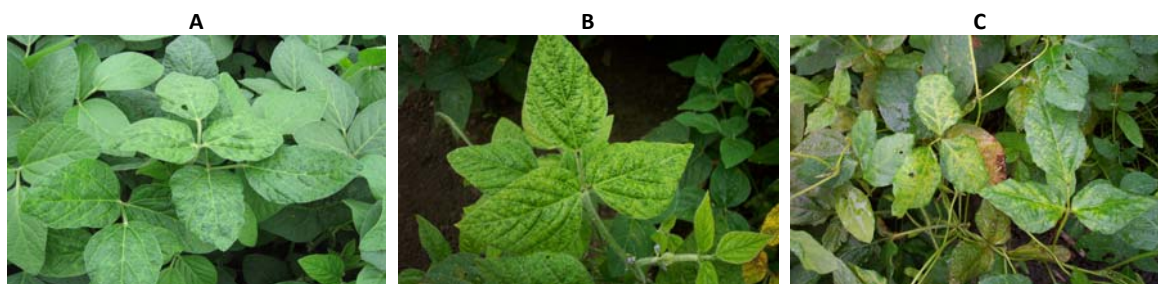


Рисунок 2. Симптомы заболевания сои, этиологически связанного с SMV-инфекцией:

А – слаботоксигенный штамм; В – среднетоксигенный штамм; С – высокотоксигенный штамм

Figure 2. Symptoms of soybean disease etiologically associated with SMV infection:

А – low pathogenic strain; В – medium pathogenic strain; С – high pathogenic strain

Таблица 2. Реакция^{#,##} сортов-дифференциаторов сои на заражение прототипными дальневосточными штаммами SMVTable 2. Reaction^{#,##} of soybean differentiator varieties to infection by prototypical Far Eastern SMV strains

Сорта-дифференциаторы сои Soybean varieties-differentiators	SMV/Russia/Amur region/Soybean-A15136/FB34W/1994	SMV/Russia/Amur region/Soybean-A15135/FA12G/1994	SMV/Russia/Khabarovsk region/Soybean/Kh-12/1995
Norin 4	M ^{Sys}	A	M ^{Sys} , VC ^{Sys}
Takachinagaha	NR ^{Loc} , D ^{Sys}	R ^{Sys} , M ^{Sys} , S ^{Sys}	M ^{Sys}
Harasoy	NV ^{Sys} , NA ^{Sys}	A	M ^{Sys} , G ^{Sys}
Ou 13	A	VB ^{Sys}	A
OB [*]	N ^{Loc}	N ^{Loc}	A
Nemaschirasu [*]	A	N ^{Loc}	N ^{Loc}
Dewamesumo ^{**}	A	A	A

Примечание: [#]Симптомы заболевания: А – отсутствие симптомов; D – деформация листовой пластинки; G – морщинистость; M – мозаика; N – некроз; NR – некротические кольца; NA – некроз верхушки; NV – некроз жилок; R – скручивание листовой пластинки; S – пятнистость; VB – окаймление жилок; VC – посветление жилок.

^{##}Выраженность симптомов: Loc – локальный симптом; Sys – системное проявление

^{*}Дифференциатор среднетоксигенных штаммов

^{**}Дифференциатор высокотоксигенных штаммов

Note: [#]Symptoms: A – asymptomatic infection; D – deformation of the leaf plate; G – wrinkled; M – mosaic; N – necrosis; NR – necrotic rings; NA – necrosis of the apex; NV – necrosis of veins; R – rolling of the leaf plate; S – spotting; VB – vein bordering; VC – vein clarification

^{##}Level of symptom expression: Loc – local symptom; Sys – systemic manifestation

^{*}Differentiator of medium pathogenic strains

^{**}Differentiator of highly pathogenic strains

Обследование посевов показало, что, несмотря на значительные колебания степени восприимчивости к вирусной инфекции, практически все районированные сорта сои в наибольшей степени были поражены SMV (50-75% участков, по данным ИФА). Лишь у отдельных сортов иногда доминировал CMV. Интенсивность заражения посевов в конце периода вегетации составляет 50-98% – это свидетельствует о наличии массового и мобильного переносчика этого вируса (см. далее).

Ранее считалось, что SMV не имеет других хозяев кроме культурной формы сои и передается через семена. Однако последние данные говорят о большом разнообразии изолятов SMV, выявленных от других родов бобовых и небобовых растений [25-28]. Нами были выявлены SMV-инфицированные растения дикорастущей сои (*Glycine ussuriensis* Regel et Maack) в Приморском крае, что может говорить о возможности образования природных очагов этого возбудителя [29]. Доля вирусиферных семян в посевном материале

составляет 5-25% [30]. Таким образом, наиболее вероятным первичным источником этого возбудителя на полях являются растения, выросшие из вирусиферных семян, в том числе – и дикорастущей сои. В дальнейшем инфекция распространяется механическим путём или с помощью насекомых (в первую очередь, – тлей).

BYMV (рис. 3А) вызывает на бобовых крапчатость: мелкие жёлтые пятна, диффузно рассеянные по всему листу (рис. 3В). BYMV был обнаружен в Приморском и Хабаровском краях на посевах сои, расположенных в непосредственной близости от посевов клевера. Этот вирус может поражать в отдельные годы до 50% растений и снижать урожайность семян (бобов) на величину до 40 %. Больные растения сои имеют среднюю высоту, составляющую 90% от высоты здоровых кустов. Нами показано, что постоянным источником инфекции для посевов сои являются различные виды дикорастущего клевера [11; 12].

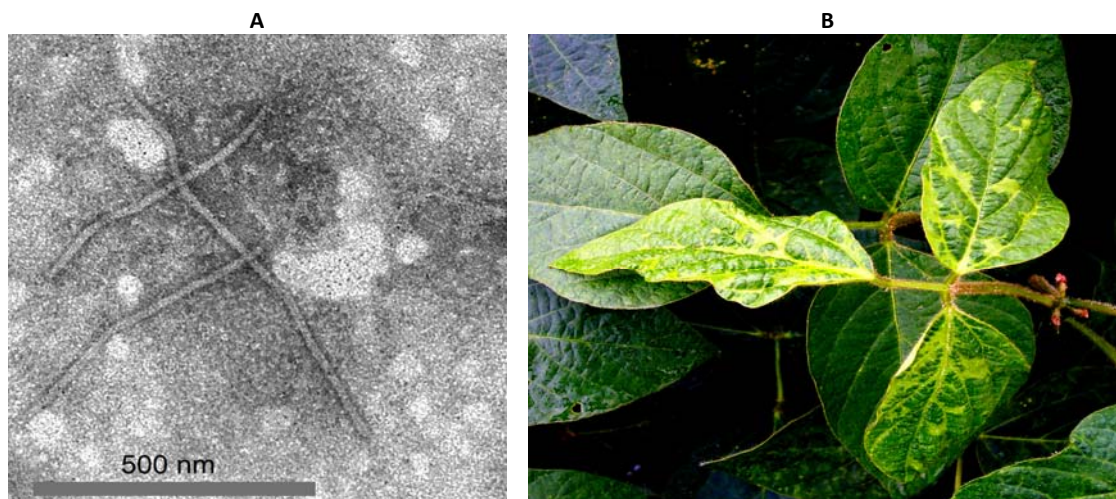


Рисунок 3. А – электронно-микроскопическая фотография вирионов BYMV; В – симптомы заболевания сои, этиологически связанного с BYMV-инфекцией

Figure 3. А – electron microscopical photo of BYMV virions; В – symptoms of soybean disease etiological associated with BYMV infection

CMV (рис. 4А) последовательно увеличивает своё присутствие в посевах бобовых (рис. 4В) на юге российского Дальнего Востока в текущем столетии.

Первоначально этот вирус был описан Y. Koshimizu и N. Iizuka (1963) как вирус задержки роста сои (SSV – Soybean stunt virus)³ [31]. На Дальнем Востоке России вирус был идентифицирован ещё в 1967 году и отмечена его существенная вредоносность [8]. Позднее было показано, что SSV является вариантом CMV, адаптированным к бобовым – CMV-L [32; 33].

Наиболее сильно растения сои поражаются CMV-L в коллекционных и селекционных питомниках. Из проверенных 82 сортов на Дальневосточной станции ВИР и 62 сортов во Всероссийском институте сои (г. Благовещенск) отрицательная реакция на CMV-L наблюдалась у растений 22 (26,8%) и 14 (22,6%) сортов, соответственно. Районированные сорта поражены CMV-L в основном незначительно – до 10%; отдельные же

сорта, полученные из-за рубежа, поражаются этим вирусом почти на 100%. Вероятно, это связано с тем, что CMV-L был интродуцирован на Дальний Восток из-за рубежа, и сорта местной селекции оказались более устойчивыми к этому патогену. Но наиболее вероятно другое объяснение: местные штаммы CMV-L оказались более агрессивными по отношению к интродуцированным сортам, так как семенами этот вирус передаётся в очень незначительных количествах [34].

Исследования показали наличие в популяциях бобовых несколько штаммов CMV-L, различающихся по патогенности. В Северной Корее на сое нами был выявлен сильнопатогенный штамм из группы бобовых штаммов, отличающийся по иммунохимическим характеристикам от ранее изученных (ранее не публиковавшиеся данные). Показано, что пути циркуляции CMV включают в себя очаги среди дикорастущих растений, а также посевы овощных культур и картофеля [32; 34].

³ Имеющий историческое значение SSV не следует путать с вирусом острой суровой задержки роста сои (SSSV – Soybean severe stunt virus) (Picornavirales: Secoviridae, *Nepovirus*), который не обнаружен на Дальнем Востоке.

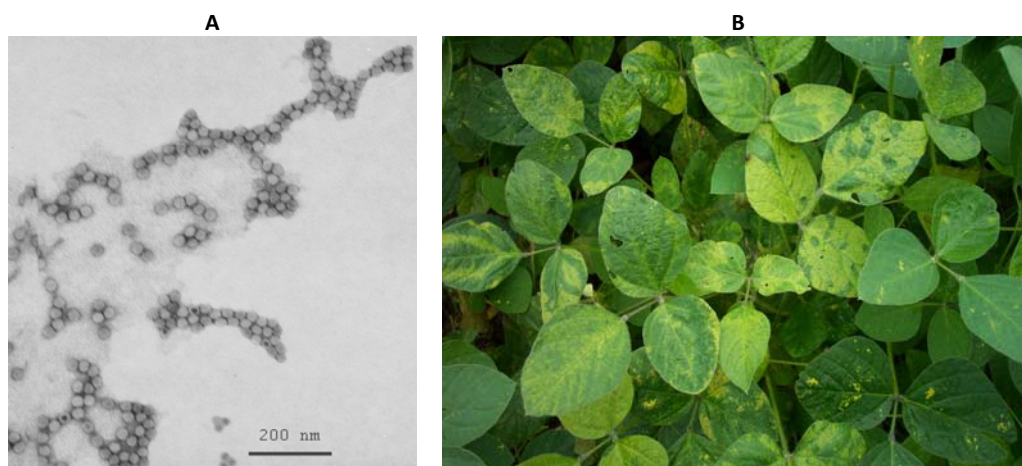


Рисунок 4. А – электронно-микроскопическая фотография вирионов CMV; В – симптомы заболевания сои, этиологически связанного с CMV-инфекцией

Figure 4. А – electron microscopic photo of CMV virions; В – symptoms of soybean disease etiologically associated with CMV infection

BCMV встречается в посевах сои, особенно производственных, значительно реже вирусов, описанных выше. Однако BCMV отличается особой вредоносностью для бобовых и в значительной степени распространяется семенами и тлями. Механическая передача затруднена. BCMV вызывает у бобовых укорочение междоузлий и черешков, карликовость, деформацию листьев, опадение бобов (рис. 5) [7-9].

Показано резервирование BCMV на клевере полевым [8].

AMV – подобно CMV-L – патоген с очень широким кругом растений-хозяев и большим числом тлей-переносчиков. Может поражать растения из различных семейств.

Этот вирус был впервые обнаружен на сое Т.А. Поливановой (1980). У бобовых ВМЛ вызывает яркую

жёлтую пятнистость, часто проявляется жёлтое окаймление жилок (рис. 6).

Нами показано, что AMV часто выявляется на соседних с посевами сои дикорастущих и культивируемых видах: клевере, горошке, доннике, осоте, картофеле. Все эти растения являются источником инфекции для сои. Вместе с тем, AMV серьёзного экономического значения на Дальнем Востоке пока не имеет.

TRSV (рис. 7А) вызывает у бобовых некроз верхушечной почки и пролиферацию цветочных кистей (рис. 7В). Встречается редко и не наносит большого ущерба дальневосточным хозяйствам. В то же время из-за его способности в высокой степени передаваться семенами представляет опасность при завозе их из регионов с высоким уровнем распространения этого вируса [7; 8].



Рисунок 5. BCMV на растениях сои
Figure 5. BCMV in soybean plants

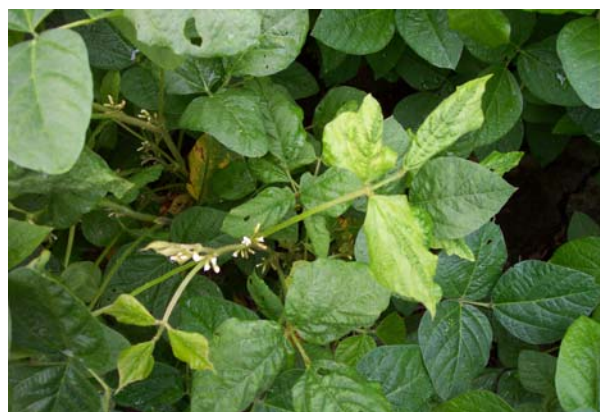


Рисунок 6. AMV на растениях сои
Figure 6. AMV in soybean plants

SWMV был впервые идентифицирован Н.Н. Какарека с соавт. [35] на растениях сои в коллекции Института сои (г. Благовещенск). Исходное обозначение вируса – изолят А15074КТР. SWMV вызывает симптомы слабой мозаики на сое. Был передан путем механической инокуляции на ряд индикаторов; оригинальность его в том, что механическая инокуляция сои была безуспешна (табл. 3). Передачи семенами поражённых бобов овощных не зафиксировано, но тлями *Myzus*

persicae Sulzer, 1776 патоген передается эффективно. Точка термической инактивации (ТТИ) – 75°C, период сохранения инфекционности (ПСИ) – 7 сут. (т.е. вирус достаточно стабилен во внешней среде). Вирионы нитевидной формы длиной 800 нм присутствуют в большом количестве и сильно агрегируют латерально. Выход вируса составляет 0,3-2,0 мг на 100 г листьев. Спектр поглощения (min 245 нм, max 260 нм) характерен для нуклеопротеидов фитовирусов.

Электрофоретически отмечена гетерогенность капсидного белка, выявлялось 3-4 зоны с молекулярными массами от 24-32 кДа, что характерно

для рода *Potyvirus*. Отмечено наличие общих эпитопов исследуемого изолята с типичными представителями этого рода – SMV и BYMV [35].



Рисунок 7. А – электронно-микроскопическая фотография вирионов TRSV; В – симптомы заболевания сои, этиологически связанного с TRSV-инфекцией

Figure 7. А – electron microscopic photo of TRSV virions; В – symptoms of soybean disease etiological associated with TRSV infection

Таблица 3. Исследование круга растений-хозяев[#] вирусов, выявленных на сое в коллекции Института сои (г. Благовещенск)

Table 3. Study of the range of host plants[#] viruses detected on soybean in the collection of the Soybean Institute (Blagoveshchensk)

Индикаторное растение Indicator plant	SWMV	SCMV	SCDV
<i>Cassia angustifolia</i>	A	A	A
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	Dot, N	A	NR, N, D
<i>Chenopodium murale</i>	A	N, C, S	A
<i>Chenopodium quinoa</i>	N	N, C, S	A
<i>Cucumis sativus</i>	N	A	A
<i>Faba bona</i>	M, C, Mot	A	N
<i>Glycine hispida</i>	A	M, N, S	C, D
<i>Lotus tetragonolobus</i>	A	A	A
<i>Phaseolus lunatus</i>	A	A	A
<i>Phaseolus vulgaris</i>	N, NR, M	N, C, NV	N, C, NV
<i>Pisum sativum</i>	A	N	D, VC
<i>Trifolium repens</i>	A	A	A
<i>Trifolium fragiferum</i>	A	A	A
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	A	C, S, N	A
<i>Trifolium gladiata</i>	A	A	A
<i>Vigna sinensis</i>	D	Dot, N	A

Примечание: [#]Симптомы заболевания: А – бессимптомная инфекция; С – хлороз; D – деформация листовой пластинки; Dot – точечные некротические пятна; N – некроз; M – мозаика; Mot – крапчатость; S – пятнистость; NV – некроз жилок; NR – некротические кольца; VC – посветление жилок

Note: [#]Symptoms: A – asymptomatic infection; C – chlorosis; D – deformation of the leaf plate; Dot – necrotic dots; N – necrosis; NR – necrotic rings; VC – vein clarification

SCMV (первоначальное обозначение – изолят A10213KVP) характеризуется выраженными симптомами хлоротичной крапчатости. Было показано, что хорошим индикатором является фасоль 2-х сортов – Perlicka и Michelite. Индикаторными растениями являются, в основном, бобовые (табл. 3). SCMV передается семенами с эффективностью около 9%. Тли *M. persicae*, по-видимому, не переносят этот вирус. SCMV лабилен: ТТИ 65°C, ПСИ 1 сут. В электронно-микроскопических препаратах обнаружены длинные гибкие нитевидные частицы длиной около 800 нм. Выход вируса составил 3,2 мг на 100 г листьев. Спектр

поглощения очищенных образцов min 240 нм, max 255 нм; $E_{260}/E_{280} \approx 1,2$ [35].

SCDV (первоначальное обозначение – изолят A15091KVP) вызывает у бобовых симптомы общего хлороза и деформации листьев (табл. 3). Эффективность семенной передачи составляет 14%. Передача SCDV тлём *M. persicae* отсутствует, что нехарактерно для потивиров, обычно легко передающихся этим видом насекомых. Вирус лабилен: ТТИ менее 55°C, ПСИ 1 сут. Вирионы – нитевидной формы, гибкие, длиной около 850 нм. Выход вируса составил свыше 8 мг на 100 г растительной массы. Очищенный препарат имел

типичный для нуклеопротеида спектр поглощения: min 240 нм, max 260 нм; $E_{260}/E_{280} \approx 1,2$ [35].

VuRSV был впервые обнаружен Н.Н. Какарека с соавт. [36] на горошке однопарном (*Vicia unijuga* Braun A.) с симптомами кольцевой пятнистости и линейного узора. После получения первичного изолята и его накопления в концентрированных образцах были обнаружены нитевидными частицами размерами длиной 1000-1200 нм и 10-12 нм в диаметре. ТТИ 55°C. При комнатной температуре вирус сохраняет инфекционность в соке бобов менее суток в исходном титре 10^6 . VuRSV распространяется тлями и семенами. Помимо бобовых, этот вирус может поражать паслёновые и маревые. Выход вируса составляет 20-30 мг на 100 г листьев. Соотношение поглощения E_{260}/E_{280} соответствовало 1,4-1,5. Молекулярная масса капсидного белка вируса составила 34 кДа. Вирус обладает высокой иммуногенностью (титр в ИФА 1:25600). Антигенного родства с потивирусами не наблюдалось. Предварительно вирус кольцевой пятнистости горошка однопарного идентифицировали как представителя семейства *Closteroviridae* [36].

VuMV, который также встречается на *V. unijuga*, приводя к развитию симптомов жёлтой пятнистости и некротизации, был впервые описан Ю.Г. Волковым [37]. Этот вирус встречается на территории Приморского края и Амурской области.

PEMV был выявлен в 1980-е годы на горохе со специфическими симптомами – посветлением жилок и выростами на их обратной стороне. Семена больных бобов и гороха мелкие и имеют более интенсивную жёлтую окраску, чем семена здоровых растений. Острая форма заболевания сопровождается резкой деформацией и уродливостью растений [38; 39].

VpNMV обнаружен в Спасском и Чугуевском районах Приморского края, а также в районе п. Волочаевка Еврейской автономной области на растениях горошка ложносочевичного *Vicia pseudorobus* Fisch. et Mey C.A. с некротической мозаикой и некротизацией жилок. В концентрированных препаратах из сока больных растений выявлены нитевидные частицы длиной порядка 650 нм и диаметром 10-12 нм. Вирионы содержали один вид капсидного белка с молекулярной массой 34 кДа и одну молекулу РНК. Круг хозяев включал в себя растения, принадлежащие семействам *Chenopodiaceae* и *Fabaceae*. Маревые заражались исключительно локально. Эффективно передавался механически и тлями *M. persicae* [40].

На дикорастущих дальневосточных видах клевера (*Trifolium* L., 1753) был выявлен ряд фитовирусов. На клевере луговом (*T. pratense* L., 1753) наиболее часто выявляется BYMV, вызывающий яркую жёлтую мозаику. Очаги обычно ограничены несколькими растениями и приурочены к опушкам лесных массивов (Приморский и Хабаровский края) и лесополосам (Амурская область). Этот вирус был выявлен также на клевере люпиновом (*T. lupinaster* L., 1753) с симптомами жёлтой мозаики в Амурской области. На нескольких видах клевера выявлен ряд потивирусов: на гибридном (*T. hybridum* L., 1753) с симптомами жёлтой мозаики – **ThYMV**, на горном (*T. montanum* L., 1753) – **MCMV**, на луговом (*T. pratense* L., 1753) – **RCMV**, которые отличаются от BCMV и BYMV по своим антигенным свойствам и ряду других характеристик. **TrMoV** изолирован из клевера ползучего

(*T. repens* L., 1753) с симптомами крапчатости. **TrMoV** представляет собой нитевидный вирус примерно 800×12 нм. Он показал отдалённое серологическое родство с антисыворотками к различным потивирусам – BCMV, BYMV и Y-вирусу картофеля. Особняком среди «клеверных» фитовирусов Дальнего Востока стоит потексвирус **WCMV**, имеющий совершенно иные антигенные свойства [41-43].

Эпифитотология вирусов бобовых растений Дальнего Востока существенно осложняется тем, что эти вирусы поражают не только представителей семейства *Fabaceae*.

Наибольшее количество возбудителей заболеваний бобовых представлено потивирусами, т.е. энтомофильными патогенами. Исследование энтомофауны посевов бобовых культур показало большое разнообразие фитофагов, способных передавать вирусы. Например, энтомофауна соевого поля включает в себя более 100 видов насекомых фитофагов [44]. С высокой степенью распространения фитофагов и связан высокий уровень зараженности бобовых вирусными болезнями. Особенно важным является факт преобладания тлей (Homoptera, Aphidinea) в энтомофауне полей сои и других бобовых (более 70%). В этом смысле, в первую очередь, необходимо отметить виды тлей, трофически связанные с *Fabaceae* – это соевая (*Aphis glycines* Mats.), акациевая (*A. craccivora* Koch), люцерновая (*A. medicaginis* Koch), бобовая (*A. fabae* Scop.), зелёная виковая (*Megoura viciae* Buckt.), гороховая (*Acyrtosiphon pisum* Koch) тля - а также неспецифические для бобовых культур картофельная (*Aulacortum solani* Kalt.) и бахчевая (*A. gossypii* Glov.) [37; 45].

Отдельно следует выделить уже упоминавшуюся персиковую тлю (*M. persicae*). Она является наиболее массовым видом среди мигрантов (крылатых особей) в первой половине лета – свыше 26% от всех отлавливаемых в сосуды Мёрике тлей. Ее особи не колонизируют сою, но крылатые имаго довольно часто фиксируются в афидофауне соевых полей и на отдельных посадках фасоли, гороха, душистого горошка и люпина. Выяснилось, что, совершая пробные уколы, крылатые мигранты *M. persicae* могут в высоком проценте передать SMV [46].

Во второй половине лета наблюдается массовая колонизация сои особями соевой тли *A. glycines* Mats. Показано, что летние мигранты *A. glycines* перемещаются из южных провинций Китая сначала в его северо-восточные районы вслед за всходами сои, а затем, во второй половине июля, чаще всего в 20-х числах месяца, с господствующими в это время ветрами, попадают и в пограничные территории российского Дальнего Востока. Всего за неделю (за одно поколение), плотность популяции соевой тли увеличивается в 5-7 раз, что говорит о высокой степени миграции этого вида [45].

В конце июля – начале августа общая численность всех видов тлей, питающихся на сое, достигает максимума. Можно предположить, что существует возможность переноса крылатыми особями *A. glycines* возбудителей вирусозов с китайской территории (в частности, – из провинций Хэйлунцзян и Гирин). Именно в этот период резко возрастает зараженность сои (с 5-7% до 50% и выше) энтомофильными вирусами. В дальнейшем количество больных растений растёт незначительно, что связано,

скорее всего, с возрастной устойчивостью. Примечательно, что, несмотря на высокую численность *A. solani* на листьях сои, крылатых особей этого вида немного и как переносчик картофельная тля неэффективен. Преобладают же в отловах крылатые самки персиковой, соевой, бахчевой, капустной тлей – 80-84%. Причём на долю мигрантов *A. glycines* приходится 27%, а на долю *M. persicae* – 26% от всех отлавливаемых в сосуды Мёрике афидид. Эти цифры свидетельствуют о том, что особи *A. solani* не столь опасны в распространении возбудителей вирусной инфекции, как особи (особенно крылатые) другого специфического для сои вида – *A. glycines* или мигранты не свойственного ей вида – персиковой тли [45; 46].

По данным экспериментальных исследований, степень инфицирования растений, инокулированных SMV с помощью тлей, составила: по особям *A. glycines* – 83-100%, *A. solani* – до 62% и *A. gossypii* – от 17 до 33%. В научной литературе встречается информация о том, что *A. glycines* может переносить широкий спектр фитовирусов [47; 48]. Вместе с тем, способность передаваться тлями различается у разных штаммов SMV [49; 50].

Как отмечалось выше, основным источником SMV (а также ряда других фитовирусов) являются заражённые семена сои, поэтому, распределение по полю мозаичных растений, выросших из вирусифорных семян, носит случайный характер. Первоначальное заражение здоровых растений сои от источника инфекции происходит в момент перелёта тлей (преимущественно *A. solani*) на сою и поиска ими с помощью пробных укулов наиболее благоприятных кормовых растений. Вторая волна заражения (а по сути – перезаражения) сои SMV происходит в момент массового лёта на поля летних мигрантов *A. glycines* – в конце июля. И, наконец, новая волна перезаражения происходит в момент массового окрыления колонизирующих сою афидид и разлёта их на другие растения – как правило, в первой декаде августа. Однако это перезаражение уже не столь опасно, так как начинает проявляться возрастная устойчивость (маловосприимчивость) возделываемых растений к вирусной инфекции. Кроме того, при поздних сроках заражения инфекция практически не проникает в семена [46; 48].

Большинство тлей, колонизирующих бобовые, способны передавать и неспецифические для бобовых культур вирусы, которые, тем не менее, наносят им существенный вред. В первую очередь, речь идёт о CMV и AMV, в значительной степени поражающих практически все культивируемые бобовые растения, а также представителей других семейств, в частности, Solanaceae. Многие вирусы, как сказано выше, могут резервироваться в дикорастущих растениях. Предполагается, что источником BYMV являются горошек однопарный, донник белый, клевер красный и клевер гибридный. AMV в зимний период сохраняется в посевах клевера и в некоторых сорных растениях разных видов. Согласно литературным данным, этот вирус поражает 305 видов из 47 семейств [51].

Таким образом, меры борьбы с вирусными болезнями бобовых должны быть сориентированы в первую очередь на предупреждение распространения их возбудителей переносчиками. Необходимо соблюдать пространственную изоляцию посевов сои от посевов клевера и люцерны, вести активную борьбу с

сорняками, а для предотвращения массового лёта тлей применять афидиды. В оптимальном варианте пространственная изоляция должна быть такой, чтобы за время её преодоления тля успела «потерять» восприимчивые ей непersistентные вирусы.

Jang M.-H. и Lui V. [52] провели исследование динамики распространения вирусов и показали, что максимальное проявление вирозов на растениях наблюдается спустя 15-20 дней после пика численности тлей-переносчиков. В большинстве случаев перезаражение растений от первичного очага происходит в пределах 5-15 м. Интенсивность перезаражения здоровых растений сои носит плавный ступенчатый характер. В круге с радиусом 2 м от первичного очага вирусной инфекции отмечается 20-30% заболевших растений; в круге с радиусом 5 м – до 70% и в круге с радиусом 10 м – 85-90% вирозных растений (нарастающим итогом к концу вегетации). Очень редко встречаются вторично заражённые растения за пределами 12-метровой зоны. Максимальное расстояние, на котором было зафиксировано вторичное заражение сои с помощью тлей, составило 25-45 м от первичного очага инфекции [52]. Позднее показано, что в полевых условиях ВМС распространяется переносчиками преимущественно до 100 м по направлению господствующих ветров [53]. Косвенно это свидетельствует о том, что переносчик сохраняет вирусифорность лишь в пределах того времени, какое необходимо для преодоления 45-100-метровой зоны. Эти данные дают представление о том, какого размера должна быть пространственная изоляция между элитно-семеноводческими посевами сои и посевами ее производственного назначения (как более поражёнными различными вирозами). Аналогичные мероприятия должны предусматриваться и для соевых полей по отношению к дикорастущим бобовым растениям (как резервуарам вирусов) с целью предотвращения заноса из них в агроценозы вирусной инфекции с помощью различных насекомых.

Известно, что ряд вирусов из семейства Luteoviridae способны к длительному сохранению в организме тлей-переносчиков (которые, следовательно, являются и хозяевами этих вирусов) [54]. На Дальнем Востоке России выявлен единственный представитель этого семейства (PEMV) однако его эпифитотология не изучалась. Хотя инфекция передаётся персистентно, но сами вирусы, по-видимому, в переносчике не реплицируются (этот вопрос требует специального изучения).

Следует отметить, что, поскольку Дальневосточный регион является основным поставщиком соевых бобов для Российской Федерации, проведённых исследований совершенно недостаточно – особенно учитывая высокую заражённость этой культуры фитовирусами в соседних странах [22; 55].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге многолетнего мониторинга вирусных болезней дикорастущих и культивируемых бобовых на Дальнем Востоке выявлена значительная заражённость производственных и коллекционных посевов, составляющая от 30 до 90%, что снижает урожайность и качество продукции растениеводства. Среди районированных сортов сои нет устойчивых к вирусным заболеваниям. Возбудители вирусных заболеваний бобовых резервируются в природных фитоценозах,

откуда могут быть привнесены с помощью насекомых в агроценозы. Наиболее распространенным и вредоносным является SMV, представленный штаммами с широким спектром патогенности – от слабо- до высокопатогенных; уровень патогенности штаммов SMV возрастает при продвижении в южном направлении.

Для организации мер борьбы и профилактики вирусных болезней бобовых культур требуются комплексные подходы к защите, поскольку разовые мероприятия, используемые отдельно, редко бывают достаточными для адекватного снижения вызванных вирусом потерь урожая бобовых культур: использование устойчивых к фитовирусам сортов, посев безвирусных семян, отбор сортов с пониженной пищевой привлекательностью для насекомых-переносчиков и вследствие этого с низкой скоростью передачи патогенов, использование разнообразных фитосанитарных или агротехнических методов, которые минимизируют источник вируса или уменьшают его распространение, применение селективных пестицидов экологически ответственным способом.

Учитывая выраженное негативное значение вирусных заболеваний для посевов бобовых, необходимо продолжать плановый мониторинг фитовирусологической ситуации на территории российского Дальнего Востока.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-18-016-00194 «Молекулярно-генетическая идентификация штаммов фитовирусов, хранящихся в Российской коллекции вирусов Восточной Азии на базе ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН». В работе применялся электронный микроскоп Libra 120 Центра коллективного пользования Национального научного центра морской биологии имени А.В. Жирмунского ДВО РАН.

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out with the support of the RFBR grant-18-016-00194 "Molecular Genetic Identification of Phytovirus Strains stored in the Russian Collection of East Asian Viruses on the basis of the Federal Research Centre for Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences". The Libra 120 electron microscope of the Centre for Collective Use of the A.V. Zhirmunsky National Scientific Centre for Marine Biology of the FEB RAS was used in the work.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корсаков Н.И., Мякушко Ю.П. Соя. Ленинград: ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1975. 160 с.
2. Трифонова М.Ф., Попова Н.П. Соя северного экотипа: урожайность, белковая и масличная продуктивность в условиях нечерноземной зоны при различных плотностях ценоза // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. N21. С. 16-19.
3. Куликов Н.Ф. Моделирование и управление урожайностью сои в Приморье // Аграрная Россия. 2011. N2. С. 32-33.
4. Зубков В.В. Зачем нам трансгенная соя? // Агро-Информ. 2009. N6. С. 37.
5. Кершанская О.И., Абдулжанова М.А., Есенбаева Г.Л., Нелидова Д.С., Зернова О.В., Лозовая В.В., Видхольм Д.М. Повышение природной устойчивости сои к

- болезням путем генетической инженерии фенилпропаноидного цикла: молекулярная детекция трансгенных растений // Биотехнология. Теория и практика. 2015. N1. С. 35-47.
6. Ким Л.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А. Перспективы инновационного развития отрасли растениеводства в южных территориях Дальнего Востока // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. N1. С. 24-32.
 7. Рейфман В.Г., Поливанова Т.А. Вирусные болезни сои на Дальнем Востоке СССР. Владивосток: БПИ ДВФ АН СССР, 1969. С. 83-104.
 8. Поливанова Т.А. Возбудители вирусных болезней сои. Возбудители болезней сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Москва: Наука, 1980. С. 51-70.
 9. Поливанова Т.А., Крылов А.В. Вирусы, идентифицированные на зернобобовых культурах в Приморье. Взаимоотношения вирусов с клетками растения-хозяина. Владивосток, 1985. С. 87-93.
 10. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Плешакова Т.И. Вирусы и вирусные болезни сои (разнообразие и штаммовый состав). Пути повышения продуктивности полевых культур на Дальнем Востоке // Материалы конференции «Биология и технологии полевых культур», Часть 1, Благовещенск, 2004, С. 44-52.
 11. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н. Идентификация и характеристика вирусов и их штаммов, поражающих сою на Дальнем Востоке // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2005. N 3. С. 40-46.
 12. Дьяконов К.П., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г. Вирусные болезни зернобобовых культур на Дальнем Востоке России // Сельскохозяйственная биология. 2006. N3. С. 29-36.
 13. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Козловская З.Н. Выявление антигенноактивных штаммов фитовирусов для разработки эффективных иммунодиагностик // Микробиологический журнал. 2013. Т. 75. N1. С. 69-78.
 14. Cho S., Kim J., Li M., Seo E., Lim S., Hong S.M., Moon J.S., Hammond J., Lim H.S. Occurrence of Three Major Soybean Viruses, Soybean mosaic virus, Soybean yellow mottle mosaic virus and Soybean yellow common mosaic virus Revealed by a Nationwide Survey of Subsistence Farming Soybean Fields // Research in Plant Disease. 2013. V. 19. N4. P. 319-325. DOI: 10.5423/RPD.2013.19.4.319
 15. Wang X., Gai J., Zuo Z. Classification and distribution of strain groups of soybean mosaic virus in middle and lower Huang-Huai and Changjiang valleys // Soybean Sci. 2003. V. 22. P. 102-107.
 16. Zhou G.C., Shao Z.Q., Ma F.F., Wu P., Wu X.-Y., Xie Z.-Y., Yu D.-Y., Cheng H., Liu Z.-H., Jiang Z.-F., Chen Q.-S., Wang B., Chen J.-Q. The evolution of soybean mosaic virus: an updated analysis by obtaining 18 new genomic sequences of Chinese strains/isolates // Virus Res. 2015. V. 208. P. 189-198. DOI: 10.1016/j.virusres.2015.06.011
 17. Song Y.P., Li C., Zhao L., Karthikeyan A., Li N., Li K., Zhi H.J. Disease spread of a popular soybean mosaic virus strain (SC7) in southern China and effects on two susceptible soybean cultivars // Philipp. Agric. Sci. 2016. V. 99. P. 355-364.
 18. Щелканов М.Ю., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Сапоцкий М.В., Толкач В.Ф., Плешакова Т.И., Гапека А.В., Галкина И.В. Организация Российской государственной коллекции вирусов Восточной Азии на базе ДВО РАН // Материалы международных научных чтений «Приморские Зори 2017», Владивосток, 20-22 апреля, 2017. С. 466-470.

19. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Щелканов М.Ю. Вирусные болезни растений Дальневосточного региона и создание Государственной коллекции вирусов и штаммов Восточной Азии на базе ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН // Материалы международной научной конференции «Экологическая безопасность защиты растений», Прилуки, Беларусь, 24-26 июля, 2017. С. 79-84.
20. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Shchelkanov M.Yu. Russian collection of viruses from East Asia as an element of biological safety ensuring // Proceedings of the 1-st International Conference "North-East Asia Biodiversity", Vladivostok, 17-21 September, 2018. P. 114.
21. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Толкач В.Ф. Физико-химические свойства и биологические особенности штаммов вируса мозаики сои на Дальнем Востоке // Сельскохозяйственная биология. 2004. N5. С. 106-112.
22. Takahashi K., Tanaka T., Iida W., Tsuda Y. Studies on virus diseases and causal viruses of soybean in Japan // Bulletin of the Tohoku National Agricultural Experiment Station. 1980. V. 62. P. 1-130.
23. Cho E.-K., Goodman R.M. Strains of soybean mosaic virus: classification based on virulence in resistant soybean cultivars // Phytopathology. 1979. V. 69. P. 467-470.
24. Li K., Yang Q.H., Zhi H.J., Gai J.Y. Identification and distribution of Soybean mosaic virus strains in Southern China // Plant Dis. 2010. V. 94. P. 351-357.
25. Almeida A.M.R., Sakai J., Souto E.R., Kitajima E.W., Fukuji T.S., Hanada K. Mosaic in *Senna occidentalis* in southern Brazil induced by a new strain of Soybean mosaic virus // Fitopatol. Bras. 2002. V. 27. P. 151-156.
26. Bensch D., Pappu S.S., Niblett C.L., Varon de Agudelo V., Morales F., Hodson E., Alvarez E., Acosta O., Lee R.F. A strain of soybean mosaic virus infecting *Passiflora* spp. in Colombia // Plant Dis. 1996. V. 80. P. 258-262.
27. Chen J., Zhang H.-Y., Lin L., Adams M.J., Antoniw J.F., Zhao M.-F., Shang Y.-F., Chen J.-P. A virus related to Soybean mosaic virus from *Pinellia ternata* in China and its comparison with local soybean SMV isolates // Arch. Virol. 2004. V. 149. P. 349-363.
28. Yoon Y., Lim S., Jang Y.W., Kim B.-S., Bao D.H., Maharjan R., Yi H., Bae S., Lee Y., Lee B., Moon J.S., Park C.-Y., Lee S.-H. First report of Soybean mosaic virus and Soybean yellow mottle mosaic virus in *Vigna angularis* // Plant Dis. 2017. V. 102. N3. P. 29-30. DOI: 10.1094/PDIS-08-17-1284-PDN
29. Volkov Y.G., Kakareka N.N., Sapotskiy M.V., Tolkach V.F. Environmental problems of the virus infections in trans-boundary areas of Far Eastern of Russia // Proceeding of the III International Conference "Resources, Environment and Regional Sustainable Development in North-East Asia", Vladivostok, 10-14 October, 2016. P. 295-296.
30. Трубицын А.Г. Исследования фитопатогенных вирусов люминесцентными методами. Становление и развитие фитовирусологии на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 109-135.
31. Koshimizu Y., Iizuka N. Studies on soybean virus diseases in Japan // Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn. 1963. N27. P. 1-103.
32. Hanada K., Tochihiro H. Some properties of an isolate of the soybean stunt strain of cucumber mosaic virus // Phytopathology. 1982. V. 72. P. 761-764.
33. Hong J.S., Masuta C., Nakano M., Abe J., Uyeda I. Adaptation of Cucumber mosaic virus soybean strains (SSVs) to cultivated and wild soybeans // Theor. Appl. Genet. 2003. V. 107. N1. P. 49-53.
34. Козловская З.Н., Какарека Н.Н., Волков Ю.Г. Сравнительная антигенная характеристика изолятов вируса огуречной мозаики, выявленных в странах Дальневосточного региона // Доклады РАСХН. 2002. N6. С. 22-24.
35. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Плешакова Т.И., Синявская А.А. Новые патогены, поражающие сою на Дальнем Востоке // Доклады РАСХН. 2004. N5. С. 15-18.
36. Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Волков Ю.Г. Новый вирусный изолят, выявленный на горошке однопарном *Vicia unijuga* A.Br. в Амурской области // Микробиологический журнал. 2010. Т. 72. N3. С. 52-56.
37. Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Плешакова Т.И. Новый штамм вируса мозаики горошка однопарного, выявленный в Амурской области // Доклады Россельхозакадемии. 2009. N1. С. 28-31.
38. Поливанова Т.А., Крылов А.В. Вирусы, идентифицированные на бобовых культурах. Взаимоотношения вирусов с клетками растения-хозяина. Владивосток, 1985. С. 87-93.
39. Крылов А.В. Вирусы растений Дальнего Востока. Москва: Наука, 1992. 112 с.
40. Толкач В.Ф., Коротаева С.Г., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Гнутова Р.В. Некоторые характеристики карлавируса, вызывающего некротическую мозаику вики ложночиновной *Vicia pseudorobus* Fisch et Mey в Хабаровском крае. Фитовирусы Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1993. С. 96-103.
41. Волков Ю.Г. Костин В.Д., Дьяконов К.П. Вирусное заболевание клевера горного в Приморском крае. Защита растений на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 7-11.
42. Волков Ю.Г., Толкач В.Ф. Изучение круга растений-хозяев и некоторых физических свойств трех вирусных изолятов, выделенных из клеверов // Микробиологический журнал. 1996. N6. С. 27-34.
43. Костин В.Д. Вирозы дикорастущих растений Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2005. 123 с.
44. Машенко Н.В. Вредители сои и меры борьбы с ними. Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1995. С. 211-215.
45. Дьяконов К.П. К таксономии тли, вредящей сое в Приморском крае. Энтомофауна советского Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 148-153.
46. Лебедева Е.Г., Дьяконов К.П., Немилостива Н.И. Насекомые – переносчики вирусов растений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1982. 195 с.
47. Hill J.H., Alleman R., Hogg D., Grau C.R. First report of transmission of soybean mosaic virus and alfalfa mosaic virus by *Aphis glycines* in the New World // Plant Disease. 2001. V. 85. N5. P. 561. DOI: 10.1094/PDIS.2001.85.5.561C
48. Clark A.J., Perry K.L. Transmissibility of field isolates of soybean viruses by *Aphis glycines* // Plant Disease. 2002. V. 86. N11. P. 1219-1222. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.11.1219
49. Liu J.-Z., Fang Y., Pang H. The Current Status of the Soybean-Soybean Mosaic Virus (SMV) Pathosystem // Frontiers in Microbiology. 2016. V. 6. P. 1906. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01906
50. Liu Q., Hobbs H.A., Domier L.L. Genome-wide association study of the seed transmission rate of soybean mosaic virus and associated traits using two diverse population panels // Theoretical and Applied Genetics.

2019. V. 132. P. 3413-3424. DOI: 10.1007/s00122-019-03434-w

51. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M.J. Alfalfa mosaic virus Alfamovirus. Plant Viruses Description and Lists from the VIDE Database. 1997. URL: <https://dpvweb.net/> (дата обращения: 23.04.2021)

52. Jang M.-H., Lui V. The role of infected soybean seeds and vectors in the epidemiology of SMV // *Acta Phytophylactica Sinica*. 1986. V. 16. N3. P. 151-158. (In Chinese)

53. Jang M.-H., Lui V. Epidemiological and integrated control of soybean mosaic virus // *Acta Phytophylactica Sinica*. 1988. V. 15. N4. P. 223-228. (In Chinese)

54. Qazi J., Ilyas M., Mansoor S., Bridson R.W. Legume yellow mosaic viruses: Genetically isolated begomoviruses // *Molecular Plant Pathology*. 2007. V. 8. N4. P. 343-348. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00402.x

55. Rapid detection of fifteen known soybean viruses by dot-immunobinding assay // *J. Virol. Methods*. 2017. V. 249. P. 126-129. DOI: 10.1016/j.jviromet.2017.09.003

56. Hill J.H., Whitham S.A. Chapter Seven - Control of Virus Diseases in Soybeans // *Advances in Virus Research*. 2014. V. 90. P. 355-390. DOI: 10.1016/B978-0-12-801246-8.00007-X

REFERENCES

- Korsakov N.I., Myakushko Yu.P. *Soya [Soybean]*. Leningrad, N.I. Vavilov Institute of crop production Publ., 1975, 160 p. (In Russian)
- Trifonova M.F., Popova N.P. Soybean of the northern ecotype: yield, protein and oilseed productivity in the conditions of the non-chernozem zone at different densities of census. *Izvestiya Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya* [Proceedings of the International Academy of Agrarian Education]. 2015, no. 21, pp. 16-19. (In Russian)
- Kulikov N.F. Modeling and management of soybean yield in Primorye. *Agrarnaya Rossiya [Agrarian Russia]*. 2011, no. 2, pp. 32-33. (In Russian)
- Zubkov V.V. Why do we need transgenic soy? *Agro-inform [Agro-inform]*. 2009, no. 6, pp. 37. (In Russian)
- Kershanskaya O.I., Abdulzhanova M.A., Esenbaeva G.L., Nelidova D.S., Zernova O.V., Lozovaya V.V., Vidholm D.M. Improving the natural resistance of soybeans to diseases by genetic engineering of the phenylpropanoid cycle: molecular detection of transgenic plants. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika [Biotechnology. Theory and practice]*. 2015, no. 1, pp. 35-47. (In Russian)
- Kim L.V., Vdovenko A.V., Nazarova A.A. Prospects for innovative development of the crop industry in the southern territories of the Far East. *Dal'nevostochnyi agrarnyi Vestnik [Agrarian Bulletin of the Far Eastern]*. 2016, no. 1, pp. 24-32. (In Russian)
- Reifman V.G., Polivanova T.A. *Virusnye bolezni soi na Dal'nem Vostoke SSSR [Soybean virus diseases in the Far East of the USSR]*. Vladivostok, Biosoil Institute Publ., 1969, pp. 83-104. (In Russian)
- Polivanova T.A. The causative agents of viral diseases of soybean. *Vozbuditeli boleznei sel'skokhozyaistvennykh rastenii Dal'nego Vostoka [Pathogens of agricultural plants of the Far East]*. Moscow, Nauka Publ., 1980, pp. 51-70. (In Russian)
- Polivanova T.A., Krylov A.V. Viruses identified on leguminous crops in Primorye. In: *Vzaimootnosheniya virusov s kletkami rasteniya-khozyaina [The relationship of*

the virus with cells of the host plant]. Vladivostok, 1985, pp. 87-93. (In Russian)

10. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Pleshakova T.I. Viruses i virusnye bolezni soi (raznoobrazie i shtammovyi sostav). Puti povysheniya produktivnosti polevykh kul'tur na Dal'nem Vostoke [Soybean viruses and viral diseases (variety and strain composition). Ways to increase the productivity of field crops in the Far East]. *Materialy konferentsii «Biologiya i tekhnologii polevykh kul'tur», Chast' 1, Blagoveshchensk, 2004* [Proceedings of the conference "Biology and Technologies of field crops", Part 1, Blagoveshchensk, 2004]. Blagoveshchensk, 2004, pp. 44-52. (In Russian)

11. Volkov Yu.G., Kakareka N.N. Identification and characterization of viruses and their strains affecting soy in the Far East. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki [Siberian Bulletin of Agricultural Science]*. 2005, no. 3, pp. 40-46. (In Russian)

12. D'yakonov K.P., Kakareka N.N., Volkov Yu.G. Viral diseases of leguminous crops in the Russian Far East. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2006, no. 3, pp. 29-36. (In Russian)

13. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Kozlovskaya Z.N. Identification of antigen-active strains of phytoviruses for the development of effective immunodiagnostics. *Mikrobiologicheskii zhurnal [Microbiological Journal]*. 2013, vol. 75, no. 1, pp. 69-78. (In Russian)

14. Cho S., Kim J., Li M., Seo E., Lim S., Hong S.M., Moon J.S., Hammond J., Lim H.S. Occurrence of Three Major Soybean Viruses, Soybean mosaic virus, Soybean yellow mottle mosaic virus and Soybean yellow common mosaic virus Revealed by a Nationwide Survey of Subsistence Farming Soybean Fields. *Research in Plant Disease*, 2013, vol. 19, no. 4, pp. 319-325. DOI: 10.5423/RPD.2013.19.4.319

15. Wang X., Gai J., Zuo Z. Classification and distribution of strain groups of soybean mosaic virus in middle and lower Huang-Huai and Changjiang valleys. *Soybean Sci.* 2003, vol. 22, pp. 102-107.

16. Zhou G.C., Shao Z.Q., Ma F.F., Wu P., Wu X.-Y., Xie Z.-Y., Yu D.-Y., Cheng H., Liu Z.-H., Jiang Z.-F., Chen Q.-S., Wang B., Chen J.-Q. The evolution of soybean mosaic virus: an updated analysis by obtaining 18 new genomic sequences of Chinese strains/isolates. *Virus Res.*, 2015, vol. 208, pp. 189-198. DOI: 10.1016/j.virusres.2015.06.011

17. Song Y.P., Li C., Zhao L., Karthikeyan A., Li N., Li K., Zhi H.J. Disease spread of a popular soybean mosaic virus strain (SC7) in southern China and effects on two susceptible soybean cultivars. *Philipp. Agric. Sci.* 2016, vol. 99, pp. 355-364.

18. Shchelkanov M.Yu., Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Kozlovskaya Z.N., Sapotsky M.V., Tolkach V.F., Pleshakova T.I., Gapeka A.V., Galkina I.V. Organizatsiya Rossiiskoi gosudarstvennoi kollektsii virusov Vostochnoi Azii na baze DVO RAN [Organization of the Russian State Collection of East Asian Viruses on the basis of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. *Materialy mezhdunarodnykh nauchnykh chtenii «Primorskie Zori 2017», Vladivostok, 20-22 aprelya, 2017* [Proceedings of the international scientific readings "Primorye Dawns 2017", Vladivostok, 20-22 April, 2017]. Vladivostok, 2017, pp. 466-470. (In Russian)

19. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Shchelkanov M.Yu. Virusnye bolezni rastenii Dal'nevostochnogo regiona i sozdanie Gosudarstvennoi kollektsii virusov i shtammov Vostochnoi Azii na baze FNTs Bioraznoobraziya DVO RAN

- [Virus diseases of plants in the far East and the establishment of the State collection of viruses and strains of East Asia on the basis of the Federal scientific center of Biodiversity, Feb RAS]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Ekologicheskaya bezopasnost' zashchity rastenii», Priluki, Belarus', 24-26 iyulya, 2017* [Proceedings of the International scientific conference "Ecological safety of Plant protection", Priluki, Belarus, 24-26 July, 2017]. Priluki, Belarus, 2017, pp. 79-84. (In Russian)
20. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Tolkach V.F., Shchelkanov M.Yu. Russian collection of viruses from East Asia as an element of biological safety ensuring. Proceedings of the 1st International Conference "North-East Asia Biodiversity", Vladivostok, 17-21 September, 2018, 114 p. (In Russian)
21. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Tolkach V.F. Physico-chemical properties and biological features of soybean mosaic virus strains in the Far East. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology]. 2004, no. 5, pp. 106-112. (In Russian)
22. Takahashi, K., Tanaka T., Iida W., Tsuda Y. Studies on virus diseases and causal viruses of soybean in Japan. *Bulletin of the Tohoku National Agricultural Experiment Station*. 1980, vol. 62, pp. 1-130.
23. Cho E.-K., Goodman R.M. Strains of soybean mosaic virus: classification based on virulence in resistant soybean cultivars. *Phytopathology*, 1979, vol. 69, pp. 467-470.
24. Li K., Yang Q.H., Zhi H.J., Gai J.Y. Identification and distribution of Soybean mosaic virus strains in Southern China. *Plant Dis*. 2010, vol. 94, pp. 351-357.
25. Almeida A.M.R., Sakai J., Souto E.R., Kitajima E.W., Fukuji T.S., Hanada K. Mosaic in *Senna occidentalis* in southern Brazil induced by a new strain of Soybean mosaic virus. *Fitopatol. Bras*. 2002, vol. 27, pp. 151-156.
26. Benscher D., Pappu S.S., Niblett C.L., Varon de Agudelo V., Morales F., Hodson E., Alvarez E., Acosta O., Lee R.F. A strain of soybean mosaic virus infecting *Passiflora* spp. in Colombia. *Plant Dis*. 1996, vol. 80, pp. 258-262.
27. Chen J., Zhang H.-Y., Lin L., Adams M.J., Antoniw J.F., Zhao M.-F., Shang Y.-F., Chen J.-P. A virus related to Soybean mosaic virus from *Pinellia ternata* in China and its comparison with local soybean SMV isolates. *Arch. Virol*. 2004, vol. 149, pp. 349-363.
28. Yoon Y., Lim S., Jang Y.W., Kim B.-S., Bao D.H., Maharjan R., Yi H., Bae S., Lee Y., Lee B., Moon J.S., Park C.-Y., Lee S.-H. First report of Soybean mosaic virus and Soybean yellow mottle mosaic virus in *Vigna angularis*. *Plant Dis.*, 2017, vol. 102, no. 3, pp. 29-30. DOI: 10.1094/PDIS-08-17-1284-PDN
29. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Sapotskiy M.V., Tolkach V.F. Environmental problems of the virus infections in trans-boundary areas of Far Eastern of Russia. Proceeding of the III International Conference "Resources, Environment and Regional Sustainable Development in North-East Asia", Vladivostok, 10-14 October, 2016, pp. 295-296.
30. Trubitsyn A.G. *Issledovaniya fitopatogennykh virusov lyuminestsentnymi metodami. Stanovlenie i razvitiye fitovirusologii na Dal'nem Vostoke Rossii* [Studies of phytopathogenic viruses by luminescent methods. The formation and development of phytovirology in the Far East of Russia]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2002, pp. 109-135. (In Russian)
31. Koshimizu Y., Iizuka N. Studies on soybean virus diseases in Japan. *Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. Stn*. 1963, no. 27, pp. 1-103.
32. Hanada K., Tochiara H. Some properties of an isolate of the soybean stunt strain of cucumber mosaic virus. *Phytopathology*. 1982, vol. 72, pp. 761-764.
33. Hong J.S., Masuta C., Nakano M., Abe J., Uyeda I. Adaptation of Cucumber mosaic virus soybean strains (SSVs) to cultivated and wild soybeans. *Theor. Appl. Genet*. 2003, vol. 107, no. 1, pp. 49-53.
34. Kozlovskaya Z.N., Kakareka N.N., Volkov Yu.G. Comparative antigenic characteristics of cucumber mosaic virus isolates detected in the countries of the Far Eastern region. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2002, no. 6, pp. 22-24. (In Russian)
35. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Pleshakova T.I., Sinyavskaya A.A. New pathogens affecting soy in the Far East. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2004, no. 5, pp. 15-18. (In Russian)
36. Kakareka N.N., Kozlovskaya Z.N., Volkov Yu.G. New viral isolate detected on single-leaf pea *Vicia unijuga* A.Br. in the Amur region. *Mikrobiologicheskii zhurnal* [Microbiological Journal]. 2010, vol. 72, no. 3, pp. 52-56. (In Russian)
37. Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Kozlovskaya Z.N., Pleshakova T.I. A new strain of the single-leaf pea mosaic virus detected in the Amur region. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk* [Proceedings of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2009, no. 1, pp. 28-31. (In Russian)
38. Polivanova T.A., Krylov A.V. *Virusy, identifikirovannye na bobovykh kul'turakh. Vzaimootnosheniya virusov s kletkami rasteniya-khozyaina* [The viruses identified in legumes. The relationship of the virus with cells of the host plant]. Vladivostok, 1985, pp. 87-93. (In Russian)
39. Krylov A.V. *Virusy rastenii Dal'nego Vostoka* [Plant viruses of the Far East]. Moscow, Nauka Publ., 1995, 112 p. (In Russian)
40. Tolkach V.F., Korotaeva S.G., Volkov Yu.G., Kakareka N.N., Gnutova R.V. *Nekotorye kharakteristiki karlavirusa, vyzyvayushchego nekroticheskuyu mozaiku viki lozhnochinovoi Vicia pseudorobus Fisch et Mey v Khabarovskom krae. Fitovirusy Dal'nego Vostoka* [Some characteristics of the carlavirus causing the necrotic mosaic of the Vika pseudorobus *Vicia pseudorobus* Fisch et Mey in the Khabarovsk territory. Phytoviruses of the Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 1993, pp. 96-103. (In Russian)
41. Volkov Yu.G., Kostin V.D., D'yakonov K.P. *Virusnoe zaboilevanie klevera gornogo v Primorskom krae. Zashchita rastenii na Dal'nem Vostoke* [Viral disease of mountain clover in the Primorsky Territory. Plant protection in the Far East]. Vladivostok, Far Eastern Branch of USSR Academy of Sciences Publ., 1989, pp. 7-11. (In Russian)
42. Volkov Yu.G., Tolkach V.F. Study of the range of host plants and some physical properties of three virus isolates isolated from clovers. *Mikrobiologicheskii zhurnal* [Microbiological Journal]. 1996, no. 6, pp. 27-34. (In Russian)
43. Kostin V.D. *Virozy dikorastushchikh rastenii Dal'nego Vostoka Rossii* [Viral diseases of wild plants in the Russian Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2005, 123 p. (In Russian)
44. Mashchenko N.V. *Vrediteli soi i mery bor'by s nimi. Nasekomye – vrediteli sel'skogo khozyaistva Dal'nego Vostoka* [Pests of soybean and measures to combat them. Insects-pests of agriculture in the Far East]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 1995, pp. 211-215. (In Russian)

45. D'yakonov K.P. *K taksonomii tli, vredyashchei soe v Primorskom krae. Entomofauna sovetskogo Dal'nego Vostoka* [To the taxonomy of aphids that harm soybeans in the Primorsky Territory. Entomofauna of the Soviet Far East]. Vladivostok, 1973, pp. 148-153. (In Russian)
46. Lebedeva E.G., D'yakonov K.P., Nemilostiva N.I. *Nasekomye - perenoschiki virusov rastenii na Dal'nem Vostoke* [Insects-carriers of plant viruses in the Far East]. Vladivostok, Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1982, 195 p. (In Russian)
47. Hill J.H., Alleman R., Hogg D., Grau C. R. First report of transmission of soybean mosaic virus and alfalfa mosaic virus by Aphis glycines in the New World. *Plant Disease*, 2001, vol. 85, no. 5, pp. 561. DOI: 10.1094/PDIS.2001.85.5.561C
48. Clark A.J., Perry K.L. Transmissibility of field isolates of soybean viruses by Aphis glycines. *Plant Disease*, 2002, vol. 86, no. 11, pp. 1219-1222. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.11.1219
49. Liu J.-Z., Fang Y., Pang H. The Current Status of the Soybean-Soybean Mosaic Virus (SMV) Pathosystem. *Frontiers in Microbiology*, 2016, vol. 6, pp. 1906. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01906
50. Liu Q., Hobbs H.A., Domier L.L. Genome-wide association study of the seed transmission rate of soybean mosaic virus and associated traits using two diverse population panels. *Theoretical and Applied Genetics*, 2019, vol. 132, pp. 3413-3424. DOI: 10.1007/s00122-019-03434-w
51. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M.J. Alfalfa mosaic virus Alfamovirus. Plant Viruses Description and Lists from the VIDE Database, 1997. Available at: <https://dpvweb.net/> (accessed 23.04.2021)
52. Jang M.-H., Lui V. The role of infected soybean seeds and vectors in the epidemiology of SMV. *Acta Phytophylactica Sinica*. 1986, vol. 16, no. 3, pp. 151-158 (In Chinese)
53. Jang M.-H., Lui V. Epidemiological and integrated control of soybean mosaic virus. *Acta Phytophylactica Sinica*. 1988, vol. 15, no. 4, pp. 223-228 (In Chinese)
54. Qazi J., Ilyas M., Mansoor S., Bridson R.W. Legume yellow mosaic viruses: Genetically isolated begomoviruses. *Molecular Plant Pathology*, 2007, vol. 8, no. 4, pp. 343-348. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2007.00402.x
55. Rapid detection of fifteen known soybean viruses by dot-immunobinding assay. *J. Virol. Methods*, 2017, vol. 249, pp. 126-129. DOI: 10.1016/j.jviromet.2017.09.003
56. Hill J.H., Whitham S.A. Chapter Seven - Control of Virus Diseases in Soybeans. *Advances in Virus Research*, 2014, vol. 90, pp. 355-390. DOI: 10.1016/B978-0-12-801246-8.00007-X

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Надежда Н. Какарека проанализировала серологические данные по идентификации вирусов бобовых. Юрий Г. Волков проанализировал данные по природным резервуарам вирусов бобовых. Валентина Ф. Толкач проанализировала данные по распространению вирусов бобовых в питомниках и производственных посевах. Татьяна В. Табакаева проанализировала роли насекомых-переносчиков вирусов бобовых. Юрий А. Белов проанализировал роли насекомых-переносчиков вирусов бобовых. Алексей А. Муратов проанализировал распространение вирусов бобовых в Приамурье. Михаил Ю. Щелканов руководил процессом написания статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nadezhda N. Kakareka undertook the analysis of serological data on the identification of legume viruses. Yury G. Volkov undertook the analysis of data on natural reservoirs of legume viruses. Valentina F. Tolkach undertook the analysis of data on the spread of legume viruses in nurseries and industrial crops. Tatyana V. Tabakaeva undertook the analysis of the role of insect vectors of legume viruses. Yuriy A. Belov undertook the analysis of the role of insect vectors of legume viruses. Alexey A. Muratov undertook the analysis of the spread of legume viruses in the Amur region. Mikhail Yu. Shchelkanov generally managed the article writing process. 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

Надежда Н. Какарека / Nadezhda N. Kakareka <https://orcid.org/0000-0002-2567-0452>
 Валентина Ф. Толкач / Valentina F. Tolkach <https://orcid.org/0000-0002-1893-9580>
 Юрий Г. Волков / Yury G. Volkov <https://orcid.org/0000-0002-4631-1678>
 Татьяна В. Табакаева / Tatyana V. Tabakaeva <https://orcid.org/0000-0002-9517-7495>
 Юрий А. Белов / Yuriy A. Belov <https://orcid.org/0000-0001-8313-5610>
 Алексей А. Муратов / Alexey A. Muratov <https://orcid.org/0000-0001-9245-8921>
 Михаил Ю. Щелканов / Mikhail Yu. Shchelkanov <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Обзорная статья / Review article

УДК 579.64: 579.222: 631.95: 632.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103

Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсиногенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор)

Татьяна М. Сидорова, Анжела М. Асатулова, Валерия В. Аллахвердян

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений», Краснодар, Россия

Контактное лицо

Татьяна М. Сидорова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФНЦ биологической защиты растений; 350039 Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39. Тел. +79280387012

Email 0166505@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0003-4281-5278>**Формат цитирования**

Сидорова Т.М., Асатулова А.М., Аллахвердян В.В. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсиногенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 86-103. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103

Получена 5 апреля 2021 г.

Прошла рецензирование 31 мая 2021 г.

Принята 21 июня 2021 г.

Резюме

Цель. Обобщить и проанализировать сведения о результатах исследований по изучению антагонистических свойств бактерий рода *Bacillus* в отношении фитопатогенных грибов рода *Fusarium*.

Материалы и методы. Изучены и критически проанализированы современные сведения исследований российских и зарубежных ученых о роли бактерий рода *Bacillus* для подавления фузариозных болезней растений и загрязнения растительной продукции микотоксинами.

Результаты. Обобщены сведения о перспективах применения бактерий-антагонистов фитопатогенных грибов рода *Bacillus* для защиты растений от болезней, вызванных токсиногенными грибами рода *Fusarium*. Показана роль продуцируемых бактериями липопептидов в ингибировании роста грибов, которая проявляется как за счет разрушения клеточной стенки гриба, так и путем повышения иммунного статуса растения. Содержится информация о структуре и механизме действия основных антигрибных циклических липопептидов. Раскрыты особенности проявления антагонистических свойств бактерий *Bacillus*, которые заключаются в способности метаболитов бактерий осуществлять деструкцию микотоксинов, что может способствовать снижению их токсичности. Обосновывается перспективность поиска штаммов бактерий рода *Bacillus*, пригодных для создания эффективных биофунгицидов против фузариозных грибов.

Заключение. Знание механизмов действия бактерий рода *Bacillus* – антагонистов грибов *Fusarium* будет способствовать тщательному подбору перспективных для разработки эффективных биопрепаратов штаммов для замены химических фунгицидов на биофунгициды в контроле *F. graminearum* и его микотоксинов, что позволит получить продукцию, необремененную ни химическими средствами защиты, ни опасными для потребителей микотоксинами.

Ключевые слова

Антагонизм, грибы рода *Fusarium*, бактерии рода *Bacillus*, липопептиды, микотоксины, дезоксиниваленол.

Specific features of antagonism of *Bacillus* bacteria against toxinogenic *Fusarium* fungi in protecting plants against disease and contamination with mycotoxins (review)

Tatyana M. Sidorova, Anzhela M. Asaturova and Valeria V. Allakhverdyan

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Tatyana M. Sidorova, PhD in Biology, Senior Researcher, Federal Research Centre of Biological Plant Protection; p/o 39 Krasnodar, Krasnodar Krai, Russia 350039.

Tel. +79280387012

Email 0166505@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4281-5278>

How to cite this article

Sidorova T.M., Asaturova A.M., Allakhverdyan V.V. Specific features of antagonism of *Bacillus* bacteria against toxinogenic *Fusarium* fungi in protecting plants against disease and contamination with mycotoxins (review). *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 86-103. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-86-103

Received 5 April 2021

Revised 31 May 2021

Accepted 21 June 2021

Abstract

Aim. Summarize and analyze information on the results of studies on the antagonistic properties of *Bacillus* bacteria against phytopathogenic fungi of the genus *Fusarium*.

Materials and Methods. Current information of research by Russian and foreign scientists on the role of bacteria of the genus *Bacillus* to suppress *Fusarium* diseases of plants and contamination of plant products with mycotoxins was studied and critically analysed.

Results. Information on the prospects for the use of bacteria-antagonists of phytopathogenic fungi of the genus *Bacillus* for plant protection against diseases caused by toxinogenic fungi of the genus *Fusarium* has been generalized. The role of lipopeptides produced by bacteria in inhibiting the growth of fungi, which manifests itself both through the destruction of the cell wall of the fungus and by increasing the immune status of the plant, has been shown. The study contains information on the structure and mechanism of action of the main anti-fungal cyclic lipopeptides. The features of the manifestation of the antagonistic properties of *Bacillus* bacteria, which consist in the ability of bacterial metabolites to destroy mycotoxins which can help to reduce their toxicity, have been disclosed. The prospect of searching for bacterial strains of the genus *Bacillus* suitable for creating effective biofungicides against *Fusarium* fungi is substantiated.

Conclusion. Knowledge of the mechanisms of action of bacteria of the genus *Bacillus* as antagonists of *Fusarium* fungi will contribute to the careful selection of strains that are promising for the development of effective biological products for replacing chemical fungicides with biofungicides in the control of *F. graminearum* and its mycotoxins, which will make it possible to obtain products that are not burdened with either chemical means of protection or mycotoxins which are dangerous for consumers.

Key Words

Antagonism, *Fusarium* fungi, *Bacillus* bacteria, lipopeptides, mycotoxins, deoxynivalenol.

ВВЕДЕНИЕ

Фузариоз – одно из наиболее вредоносных широко распространенных в мире заболеваний сельскохозяйственных культур, вызываемое грибами *Fusarium* Link, приводит не только к снижению урожая, но и к ухудшению его качества в результате накопления в зерне опасных для здоровья человека и животных продуктов жизнедеятельности грибов – микотоксинов. Заражение посевов токсигенными грибами и накопление в растительной продукции микотоксинов создают серьезную мировую угрозу для продовольственной безопасности. Согласно данным Организации по продовольствию и сельскому хозяйству при ООН, более 25% всего производимого зерна поражено микотоксинами. Экономические потери, вызванные заражением кормов микотоксинами, ежегодно оцениваются миллионами долларов [1].

С начала 1990-х годов фузариоз колоса, вызываемый в основном *Fusarium graminearum*, стал одним из наиболее серьезных заболеваний, с которыми сталкиваются производители пшеницы в Канаде, США и по всему миру. Гриб *F. graminearum* Schwabe (телеоморфа – *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch) – один из важнейших возбудителей фузариоза колоса пшеницы, с которым связаны периодические эпифитотии заболевания. Заражение колоса суспензией конидий гриба *F. graminearum* в период цветения приводит к массовому заражению зерен в колосе и снижению урожая по сравнению с незараженными колосьями на 60–80%. Инокуляция колоса через неделю после цветения приводит к снижению урожая на 50–60%, при высоком общем заражении зерна на 90–95% [2]. При инфицировании колосов в период цветения происходит не только поражение зерна и связанная с ним потеря урожая, но и контаминация зерна опасными для здоровья фузариотоксинами. Возрастающая проблема болезни, вероятно, связана с более широким внедрением консервативной обработки почвы, расширением производства кукурузы, использованием восприимчивых сортов пшеницы в севообороте и изменчивостью климата. Популярными в последнее время технологическими приемами возделывания зерновых культур не предусматривают заделывание растительных остатков в почву. Это способствует сохранению инфекционного начала и может влиять на зараженность зерна и загрязнение его микотоксинами [3; 4]. Грибы при благоприятных условиях способны продолжать развитие и продуцировать токсины в зерне на любом этапе производства – в поле, во время уборки, в валках, в процессе хранения (при влажности более 12%) [4; 5]. Аскоспоры патогена, которые выбрасываются из перитециев, образующихся из растительных остатков после уборки урожая пораженных фитопатогеном культур, считаются главным источником инфекции. Твердая пшеница (*Triticum turgidum* sp. *durum*) крайне восприимчива к фузариозу колоса, так как селекция на устойчивость затруднена, поскольку источники устойчивости к заболеванию редко встречаются в первичном генофонде тетраплоидной пшеницы [6; 7].

При изучении стратегий биологической борьбы с токсигенными грибами многие исследователи ограничиваются фунгицидным или фунгистатическим действием бактерий-антагонистов, при этом их влияние на выработку микотоксинов и возможность их биodeградации часто игнорируется. Отсутствие

коммерчески доступных биологических средств для защиты растений против микотоксигенных фузариев, может быть, связано с многочисленными факторами (нестабильная эффективность биоконтроля в полевых условиях, отсутствие необходимых условий хранения и транспортировки биологических средств, сложность регистрации) и, что более важно, недостатком знаний о механизмах биоконтроля, особенно по поводу биodeградации микотоксинов. Понимание механизмов осуществления биологического контроля необходимо для оптимального использования существующих биологических средств, а также для выбора новых агентов.

После полного секвенирования генома *F. graminearum* за последние два десятилетия достигнут огромный прогресс в понимании основ биосинтеза микотоксина дезоксиниваленола (ДОН) и его регуляции. Дальнейшие исследования этих биосинтетических и регуляторных систем позволят получить полезные знания для разработки новых стратегий управления для предотвращения инфицирования фузариозными грибами и накопления микотоксинов в зерновых [1].

Бактерии рода *Bacillus* обладают большим сельскохозяйственным потенциалом, производя липопептиды, которые обладают высокой активностью против фитопатогенов. Антифунгальная активность проявляется в основном в трех семействах циклических липопептидов: сурфактин, итурин и фенгигин. Эти молекулы имеют амфифильную природу, нарушая биологические мембранные структуры. Их антимикробные свойства включают активность против бактерий, грибов, оомицетов и вирусов. Недавние исследования также подчеркивают способность этих соединений стимулировать защитные механизмы растений и образование биопленок, что является ключевым фактором успешной колонизации организмов, осуществляющих биоконтроль фитопатогенов [8]. При тщательном изучении бактерии рода *Bacillus* могут заменить в контроле *F. graminearum* большинство широко применяемых в настоящее время средств борьбы, в том числе, таких как химические фунгициды, применение которых негативно влияет на окружающую среду.

ОБСУЖДЕНИЕ

Биологическая эффективность бактерий рода Bacillus против грибов рода Fusarium

Сельскохозяйственное производство подвержено «эффекту ножниц», с одной стороны, из-за очень быстро меняющихся климатических условий, которые способствуют развитию патогенных микроорганизмов, а с другой стороны, из-за политической решимости сократить использование фитохимических продуктов. Для снижения воздействия гриба *F. graminearum* используются различные стратегии, включая обработку фунгицидами, посев менее восприимчивых сортов, но ни один из них не является достаточным для эффективной борьбы с заболеванием [9]. Из-за длительного чрезмерного использования химических средств в сельском хозяйстве возник ряд серьезных проблем, включая повышенную устойчивость патогенов к химическим пестицидам, остатки, загрязняющие окружающую среду, могут представлять опасность для здоровья. Неблагоприятное воздействие средств защиты растений на окружающую среду, а также на здоровье

человека и животных побудило Европейский Союз содействовать поиску альтернативных и экологически безопасных решений, таких как комплексная защита от вредителей и использование агентов биологической борьбы. Спрос на продукцию органического сельского хозяйства растет как в развитых, так и в развивающихся странах, что подчеркивает необходимость разработки эффективной, экологически безопасной альтернативы химическим удобрениям и пестицидам.

Более трех десятилетий штаммы бактерий рода *Bacillus* интенсивно исследуются в качестве агентов биологического контроля. Массовый скрининг различных штаммов *Bacillus* против широкого спектра патогенов сельскохозяйственных культур все еще необходим для выявления новых видов-антагонистов. Бациллы – это большая и разнообразная группа непатогенных и патогенных бактерий. Большинство видов *Bacillus*, а также продукты на их основе считаются безопасными для использования по назначению в окружающей среде. Эти бактерии предпочтительны для коммерциализации из-за присущей им способности образовывать эндоспоры, проявлять устойчивость к экстремальным условиям и быстро расти на различных средах. Благодаря образованию спор, бактерии рода *Bacillus* способны перезимовать и защитить растения от инфекции в течение нескольких вегетационных сезонов. Антагонистические эффекты штаммов бактерий рода *Bacillus* были продемонстрированы антибиозом *in vitro* и уменьшением тяжести заболевания *in situ* [10].

Предотвращение либо уменьшение распространения фитопатогенных грибов с использованием непатогенных микроорганизмов может происходить с помощью различных механизмов. Эти механизмы очень разнообразны, прямые или косвенные, и могут использоваться вместе или по отдельности в зависимости от агента биологического контроля. Основные прямые механизмы могут быть связаны с конкуренцией, антибиозом, паразитизмом или биотрансформацией токсинов [10; 11]. Микроорганизмы могут вступать в пищевую конкуренцию, когда им нужно одно и то же необходимое питательное вещество, или в пространственную конкуренцию, когда они занимают одно и то же ограниченное пространство. Антагонистические бактерии могут поражать патогенные грибы рода *Fusarium* посредством различных способов действия: прямого (микопаразитизм или гиперпаразитизм), смешанного (секреция антибиотиков, выработка литических ферментов) и непрямого (индукция защитных реакций хозяина). Антибиоз включает производство вторичных метаболитов, таких как антибиотики, ферменты, разрушающие клеточную стенку, и других молекул, которые могут подавлять рост или убивать патогены. Колонизация растения полезными микроорганизмами может запускать местные или системные защитные реакции, повышая устойчивость к фитопатогенам. Бактерии рода *Bacillus* регулируют внутриклеточный метаболизм фитогормонов и повышают стрессоустойчивость растений. С помощью воздействия на чувствительные к стрессу гены, белки, фитогормоны и другие метаболиты стимулируют иммунитет растений к стрессам [12]. Действительно, лучшее понимание механизмов, которые позволяют осуществлять биологический контроль патогенов, особенно продаваемых агентов, которые прошли все стадии разработки и регистрации, позволит идентифицировать особенно эффективные механизмы.

Эта информация, может быть, использована для оптимизации использования существующих биологических средств, а также для выбора новых.

Штаммы рода *Bacillus* проявляют свою способность к биологическому контролю преимущественно за счет ингибирующей активности в отношении роста патогенов растений, а также индукции системной устойчивости у растений и конкуренции за экологические ниши с патогенами растений [8]. Вещества, разрушающие клеточную стенку, такие как хитозаназа, протеаза, целлюлаза, глюканаза, липопептиды и цианистый водород из *Bacillus* spp. наносят вред патогенным бактериям, грибам, нематодам, вирусам и вредителям, способны контролировать их популяции на растениях и сельскохозяйственных угодьях. Использование средств биоконтроля должно быть тщательно протестировано, необходимо убедиться, что они имеют разумный срок хранения, совместимость с другими методами защиты и доступность. Бактерии рода *Bacillus* преодолевают многие из этих препятствий, чтобы стать эффективным коммерческим продуктом для снижения вредоносности фитопатогенов. Это очевидно из имеющихся зарегистрированных патентов, таких как патенты на штаммы *Bacillus* против возбудителей фузариоза в зерновых [13].

Биологический контроль *F. graminearum* показывает многообещающие результаты из-за отсутствия отрицательного воздействия на окружающую среду и способности снижать развитие резистентности к фунгицидам в популяциях патогенов. Борьба с заболеванием и накоплением ДОН с помощью биоконтроля является безопасной альтернативой другим методам [14-16].

На основе полезных штаммов *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. velezensis*, *B. cereus*, *B. thuringiensis* разрабатываются антигрибные биопрепараты по всему миру [17]. Из 227 штаммов бактерий, выделенных из ризосферы кукурузы, риса, пшеницы, картофеля, подсолнечника и сои, выращиваемых в различных агроэкологических регионах Пакистана, 48 проявили противогрибную активность более 60% против *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. falcatum*, *Aspergillus niger* и *A. flavus* [18]. Подтвержден потенциал штамма бактерий *B. subtilis* RMB5 как биоудобрения и биопестицида. Штаммы *B. amyloliquefaciens* FZB42, *Bacillus* sp. NH217 и *B. subtilis* NH-100 проявляют существенную активность против различных фитопатогенов таких как *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. solani*, и связанных с ними заболеваний. Эти штаммы проявляют также гемолитическую активность, демонстрируя их высокий потенциал к образованию поверхностно-активных веществ. Так, например, использование биофунгицида Серенада[®] ASO на основе штамма *B. subtilis* QST 713 может полностью заменить существующие стратегии борьбы с *F. graminearum* на пшенице и других культурах [19].

Эндофитные бактерии колонизируют нишу, аналогичную нише патогенов растений, отдавая предпочтение им как возможным кандидатам на биоконтроль. По этой причине отбор местных штаммов бактерий из зерна пшеницы и с различных частей растений является преимуществом, поскольку штаммы уже адаптированы к месту, где они будут применяться.

Микроорганизмы хорошо приспосабливаются к поверхности колосьев пшеницы, снижают симптомы фузариоза колоса и ДОН в зерне. Изоляты эндофитных бактерий *B. megaterium* BM1 и *B. subtilis* BS43, BSM0, BSM2 ингибируют рост и образование спор у *F. graminearum*. Антагонистическая бактерия *B. velezensis* RC 218 может значительно снизить степень тяжести болезни и накопление ДОН в полевых условиях [13].

Бактерии *B. amyloliquefaciens*, изолированные из лесной почвы, подавляют рост *F. culmorum* и *F. graminearum* *in vitro*. Штамм *B. amyloliquefaciens* S76-3, выделенный из пораженных колосьев пшеницы в поле, проявляет существенную антагонистическую активность в отношении *F. graminearum* [18-20]. Эндофитные бактерии, выделенные из пшеницы, кукурузы и риса, способны подавлять рост нескольких фитопатогенных грибов, включая *F. graminearum* [18]. Проведен скрининг и идентификация штаммов бактерий, которые эффективно снижают развитие гнили стеблей кукурузы. Бактериальный штамм *B. velezensis* BM21 выделен из почвы ризосферы кукурузы, эффективно снижает болезни и обладает высоким потенциалом в качестве агента биоконтроля. Штамм проявляет антифунгальную активность против *F. graminearum* за счет подавления роста мицелия на 79,2%, всхожести конидий на 84,0% и продукции конидий на 78,1%. Водные экстракты штамма BM21 (1,0 мл / растение) подавляют *F. graminearum* на 72,4–77,4% [19]. Ризосфера кукурузы остается резервуаром для микроорганизмов с уникальными полезными свойствами. Отобрано семь изолятов *Bacillus* (MORWS1.1, MARBS2.7, VERBS5.5, MOREBS6.3, MOLBS8.5, MOLBS8.6 и NWUMFkBS10.5) с супрессивным действием против двух грибных патогенов кукурузы *F. graminearum* и *F. culmorum* [20; 21]. *B. velezensis* YB-130 может быть потенциальным средством биоконтроля для борьбы с фузариозом колоса пшеницы и выработкой ДОН, вызываемой *F. graminearum*. *B. subtilis* RC 218 первоначально выделен из пыльников пшеницы в качестве потенциального антагониста *F. graminearum*. Протестировано, что он обладает антагонистической активностью против патогена растения в тестах *in vitro* и в теплице. С помощью полевых исследований и секвенирования генома получена характеристика *B. subtilis* RC 218. В результате полевых испытаний установлено, что *B. subtilis* RC 218 может снизить развитие заболевания и накопление связанного с ним микотоксина в полевых условиях [21]. Из ризосферы пшеницы выделены бактерии *B. velezensis* BZR336g и *B. velezensis* 517 [22; 23]. Методами тонкослойной хроматографии и биоавтографии обнаружена способность этих штаммов подавлять рост гриба *F. oxysporum* и продуцировать метаболиты сурфактин, итурина, фенгицин [24]. При подборе штаммов бактерий, перспективных для создания биофунгицидов, необходимо также учитывать, что их антигрибная активность при защите растений против болезней не всегда совпадает с антагонистическим действием на рост грибов *in vitro*.

Антагонистические бактерии, которые используются для предотвращения фузариоза колоса пшеницы, предлагаются в качестве альтернативы или добавки к синтетическим фунгицидам для борьбы с болезнью без негативных последствий химической защиты растений. Из 500 бактериальных штаммов, выделенных из почвы, *B. amyloliquefaciens* JCK-12 демонстрирует сильную противогрибную активность и

считается потенциальным источником для стратегий борьбы с фузариозом колоса. *B. amyloliquefaciens* JCK-12 продуцирует несколько циклических липопептидов, включая итурин А, фенгицин и сурфактин. Итурин А подавляет прорастание спор *F. graminearum*. Фенгицин или сурфактин сами по себе не проявляют никакой ингибирующей активности против прорастания спор при концентрациях менее 30 мкг/мл, но смесь итурина А, фенгидина и сурфактина показала замечательный синергетический ингибирующий эффект на прорастание спор *F. graminearum*. Кроме того, совместное применение *B. amyloliquefaciens* JCK-12 и химических фунгицидов приводит к синергическому эффекту *in vitro*. Синергетический антифунгальный эффект сочетания *B. amyloliquefaciens* JCK-12 и химических фунгицидов может быть результатом повреждения клеточной мембраны у фитопатогенных грибов, вызванных смесями ЛП, и последующей повышенной чувствительностью *F. graminearum* к фунгицидам. Кроме того, *B. amyloliquefaciens* JCK-12 проявляет способность гриба снижать выработку трихотеценовых микотоксинов [25].

Антигрибные метаболиты бактерий рода *Bacillus*

Активность биоконтроля микробного штамма, вероятно, опосредована его вторичными метаболитами, и чем больше метаболитов вырабатывает штамм, тем выше эффективность биопрепарата [26]. Представители рода *Bacillus* считаются «микробными фабриками» по производству широкого спектра биологически активных молекул, потенциально подавляющих патогенные грибы и бактерии. *Bacillus* spp., продуцирующие нерибосомно синтезированные липопептиды и пептиды, проявляют сильную антимикробную активность. Штаммы *Bacillus* продуцируют разные группы липопептидов (ЛП), и их роль в подавлении/контроле патогенов растений может различаться [27]. ЛП из *Bacillus* состоят из липидного хвоста, связанного с коротким линейным или циклическим олигопептидом, и обладают очень сложными механизмами биосинтеза, катализируемого нерибосомными пептидными синтетазами, большими ферментными комплексами с модульной структурой, где каждый модуль отвечает за включение определенной аминокислоты. Молекулы известных ЛП содержат от 4 до 16 аминокислотных остатков в L- или D-конфигурации. Поскольку пути биосинтеза ЛП очень гибкие, их диапазон чрезвычайно неоднороден. Интересно, что у большинства штаммов *Bacillus* очень разные количества липопептидов накапливаются в зоне ингибирования в зависимости от природы встречающегося патогена. Это обнаружено для штамма *B. subtilis* 98S как представителя продуцентов трех семейств липопептидов. Так, при инкубации бактерии в присутствии *Pythium* и *Fusarium* наблюдалась гораздо более высокая продукция итуринов и фенгицинов по сравнению с *Botrytis* [28; 29]. Наличие аналитического метода, позволяющего количественно определить ЛП, важно для мониторинга параметров ферментации, влияющих на его производство, и, таким образом, является полезным инструментом для разработки исследовательских и промышленных процессов [24]. Не менее важным является изучение механизма действия *Bacillus* против *F. graminearum*, который следует анализировать более точно с помощью новых инструментов полногеномных исследований и точных платформ метаболомики. Геномный анализ *Bacillus* показывает, что эти бактерии

обладают генами, кодирующими метаболиты, связанные с биологическим контролем [30]. Генетическая информация, доступная посредством геномного секвенирования, позволяет лучше понять особенности биоконтроля *Bacillus*, механизмы действия *Bacillus* против *F. graminearum*. Охарактеризован геном штамма *B. velezensis* LM2303, известного своим сильным биоконтролирующим потенциалом против *F. graminearum*. Тринадцать кластеров биосинтетических генов, связанных с активностью биоконтроля, идентифицированы с использованием интегрированного подхода анализа генома и химического анализа, включая три противогрибных метаболита фенгизин В, итурин А и сурфактин А [31]. Штамм *B. velezensis* LM2303, обладающий антимикробной активностью в отношении *F. graminearum*, также содержит множество генов, кодирующих антимикробные соединения. Эти результаты демонстрируют ценность геномного анализа как для характеристики штаммов, так и для понимания механизма биоконтроля [31]. Последовательность генома штамма *Bacillus velezensis* YB-130 секвенирована, и идентифицированы гены вторичных метаболитов. В двойном культивировании он проявляет сильную активность против *F. graminearum* PH-1 и восьми других грибных патогенов растений, а также снижает продукцию ДОН PH-1 *F. graminearum*, что коррелирует со снижением уровней экспрессии трех компонентов синтеза ДОН: родственные гены, *tri5*, *tri3* и *tri8*. Эти результаты показывают, что *B. velezensis* YB-130 может быть потенциальным средством для борьбы с болезнью пшеницы, вызываемой *F. graminearum*, и выработкой ДОН.

Циклические ЛП, хорошо известные своим антагонистическим действием против широкого круга патогенов растений, являются наиболее тщательно изученными соединениями антибиотиков *Bacillus* spp. [32]. Среди метаболитов бактерий *B. subtilis* циклические липопептиды, включая сурфактин, итурин и фенгизин, влияющие на клетки-мишени фитопатогена на мембранном уровне, являются определяющими при выборе штаммов бактерий в качестве агентов биоконтроля [28; 29; 32]. Каждое семейство имеет одни и те же структурные особенности, основанные на природе и организации пептидного фрагмента или жирнокислотного хвоста. Среди трех семейств ЛП, продуцируемых *B. subtilis*, к настоящему времени описано по меньшей мере восемь фенгизинов, 13 сурфактинов и 14 вариантов итуринов [16; 32].

B. subtilis обладает сильной активностью, так как он может продуцировать фунгицидные или фунгистатические пептиды, синтезируемые не рибосомно с помощью мультиферментного процесса. Циклические ЛП этих семейств были идентифицированы как известные соединения штаммов *B. subtilis*, подавляющие рост *F. graminearum* [33; 34].

Антигрибные ЛП состоят из аминокислот, аминокислот или гидроксильных кислот с разной длиной углеводородных цепей. Семейство сурфактинов представляет собой гептапептиды, идентифицированные у *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* и *B. coagulans*. Семейство итуринов состоит из гептапептидов, продуцируемых *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. circans*, *B. pumilus* и *B. vallismortis*. Итурины оказывают ингибирующее действие на широкий спектр грибов, но менее активны против бактерий. Семейство фенгизинов, представляющих собой

декапептиды, продуцируется бактериями *B. subtilis* и *B. amyloliquefaciens* также защищают растения от грибных патогенов [28; 35]. Синергетическое взаимодействие между циклическими ЛП отмечается по значительному увеличению противогрибковой активности смеси очищенных фракций по сравнению с таковыми отдельных фракций. Клеточное содержимое гриба *F. graminearum* может стать неактивным после обработки антагонистическими липопептидами бактерий *B. subtilis* S76-3 и эта инактивация необратима. Кроме того, совместная обработка итурином А и пилиплатином А вызывает серьезные изменения общей ультраструктуры цитоплазмы, гиф, клеточных стенок и мембран конидий. Основные родственные структуры циклических липопептидов, которые наиболее изучены для ряда сурфактинов – сурфактин, линченизин, пумилацидин WH1 и фунгин; из итуринов наиболее известны различные изомеры итурина – бацилломицины, микозубтилины, тогда как фенгизиновый ряд представлен следующими основными соединениями: фенгизин, пилиплатин и аграстатин 1 [21]. Благодаря особенностям строения эти соединения амфифильны и устойчивы к гидролизу пептидазами и протеазами, а также нечувствительны к окислению, действию относительно высоких температур. Другие ЛП, синтезированные не рибосомами, включают курстакины, бацитрацины, полимиксины, грамицидины и тирокидины. Курстакины представляют собой циклические или линейные гептапептиды, которые специфичны для *B. cereus* и *B. thuringiensis*, и обладают способностью дестабилизировать биологические мембраны как бактерий, так и грибов [36].

Сурфактины – это природные ЛП, которые, обладают противогрибковой активностью. Семейство сурфактинов (сурфактин, линченизин, пумилацидин, галоацилин, бамилоцин) представляет собой гептапептиды, идентифицированные у *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* и *B. coagulans* [12]. Они включают β -гидрокси-гептапептические депсипептиды с возможными вариациями аминокислот аланина, валина, лейцина или изолейцина в положениях 2, 4 и 7 в циклическом депсипептидном фрагменте и вариациями от C₁₃ до C₁₆ в цепях β -гидроксильных кислот. Сурфактин является амфифильным, с полярной аминокислотной головкой и углеводородной цепью. Эта молекулярная структура делает сурфактин сильным биосурфактантом, что лежит в основе его антигрибных свойств. Предполагается, что его антибиотические свойства обусловлены способностью продуцировать селективные катионные каналы в фосфолипидной бислое мембраны. Leu⁷-сурфактин, продуцируемый *B. mojavensis*, эффективен против *F. verticillioides*. Подобная ингибирующая активность сурфактина была обнаружена против *F. graminearum*, *F. oxysporum* и *F. moniliforme* [37]. Эффективность воздействия полезных бактерий на фитопатоген в значительной степени повышается благодаря образованию биопленок, способствующих усиленной корневой колонизации и высокой выживаемости в условиях стресса. Циклические ЛП и особенно сурфактины, продуцируемые *Bacillus* spp., запускают образование биопленок и колонизацию корней и имеют решающее значение для биоконтроля активности и системной устойчивости растений [37]. Преодоление резистентности некоторых фитопатогенов по отношению к антимикробным бактериям и

синтезируемым ими метаболитам подкрепляется зачастую синергитическими взаимодействиями. ЛП семейства сурфактинов не только ингибируют мицелиальные грибы, но и в значительной степени проявляют свойство синергизма к другим антигрибным ЛП.

Фенгицины (фенгизин, пипастатин, мальтацин) представляют собой декапептиды, продукция которых обнаружена у *B. subtilis* и *B. amyloliquefaciens*. Фенгизин действует против грибов рода *Fusarium* двумя способами. Во-первых, он вызывает системную устойчивость у растений, во-вторых, фенгизин напрямую атакует грибы, связываясь с их клеточной мембраной, вызывая утечку и лизис. Воздействие фенгизина на биологические мембраны зависит от концентрации, но в конечном итоге высокие концентрации полностью разрушают мембраны [38; 39]. Фенгизины являются элиситорами защиты растений и, как было установлено, эффективны против многих грибов, в том числе против *F. verticillioides*, *F. solani*, *F. solani* f. sp. *Radicicola*, *F. oxysporum*, *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae*, *F. verticillioides* и *F. graminearum* [40]. У гриба *F. graminearum* фенгизин вызывает структурные деформации гиф и подавляет пролиферацию ростков и продукцию микотоксинов, проницаемость гиф. При этом может блокироваться рост *F. graminearum* за счет нарушения структуры клеточной мембраны и целостности клеток [33; 41; 42].

Антимикробная активность ЛП, продуцируемых *Bacillus*, основана на их химической структуре. Это также относится и к фенгизину, который представляет собой циклический липодекапептид, содержащий β -гидроксижирную кислоту с боковой цепью, состоящей из 16-19 атомов углерода [42]. Фенгизин особенно активен против мицелиальных грибов и подавляет функции ферментов фосфолипазы A2 и ароматазы. Он имеет различные изоформы, которые различаются длиной и разветвлением фрагмента β -гидроксижирной кислоты, а также аминокислотным составом пептидного кольца. Например, в положении 6 D-аланин (как в фенгизине A) может быть заменен на D-валин (как в фенгизине B). Фенгизин A представляет 1 D-Ala, 1 L-Ile, 1 L-Pro, 1 D-алло-Thr, 3 L-Glx, 1 D-Tyr, 1 L-Tyr, 1 D-Orn, тогда как у фенгизина B, D-Ala заменяется на D-Val [42]. Гомологи фенгизина представляют собой серию липопептидов с вариациями как по длине, так и по разветвлению β -гидроксижирной кислоты. Всего 13 гомологов фенгизина были получены путем осаждения 70%-ным раствором сульфата аммония, экстракции метанолом, ионообменной хроматографии, гель-фильтрационной хроматографии и полупрепаративной высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Все гомологи проявляли противогрибковую активность в отношении индикаторного штамма *Botryosphaeria dothidea*. Это открытие считается значительным, поскольку это первое сообщение о продукции такого большого количества гомологов и изомеров фенгизина *B. subtilis* [33; 35; 43; 44].

Итурины и близкородственные ЛП составляют семейство противогрибных соединений, известных как итуриновые ЛП, которые продуцируются бактериями *B. subtilis*. Соединения, которые составляют семейство, включают: итурин, бацилломицин D, бацилломицин F, бацилломицин L, микосубтилин и мохавенсин. Итурины эффективны против ряда патогенных грибов растений,

включая *F. oxysporum* и *F. graminearum*. Эти ЛП продуцируются многими штаммами, которые были коммерциализированы как агенты биологической борьбы против грибных патогенов растений и как стимуляторы роста растений. Соединения представляют собой циклические гептапептиды с алкильной боковой цепью переменной длины, которая придает свойства поверхностной активности, что приводит к сродству с мембранами грибов. При превышении определенной концентрации в клеточную мембрану гриба проникает достаточно молекул, чтобы создать ионопроводящие поры в клеточной стенке, что приводит к потере содержимого клетки и ее гибели [45-84]. Итурины различаются по структуре, их различия заключаются в типе аминокислотных остатков, а также в длине и разветвлении цепи жирной кислоты. Гетерогенность по длине и разветвлению цепи жирных кислот четко демонстрируется итурином A, который имеет до 8 изомеров с 10-14 атомами углерода и различается конфигурациями цепи жирной кислоты. Микосубтилин, член семейства итуринов, продуцируемый *B. subtilis*, воздействует на эргостерин, присутствующий в мембранах чувствительных грибов. У *F. graminearum* итурин вызывает морфологические искажения конидий и гиф, и серьезное повреждение плазматической мембраны, что приводит к утечке содержимого клеток [27; 47].

Другие ЛП, синтезированные не рибосомами, включают курстакины, бацитрацины, полимиксины, грамицидины и тирокидины. Курстакины представляют собой циклические или линейные гептапептиды, которые специфичны для *B. cereus* и *B. thuringiensis*, и обладают способностью дестабилизировать биологические мембраны как бактерий, так и грибов [36].

Литические ферменты

Антигрибная активность *Bacillus* spp. также связана с производством гидролитических ферментов, таких как хитиназы, хитозаназы, глюканазы, целлюлазы, липазы и протеазы, которые эффективно гидролизуют основные компоненты клеточных стенок [48; 49]. Хитиназы представляют собой гликозидгидролазы, которые разрушают β -1,4-гликозидные связи в хитине, втором по распространенности естественно доступном полисахариде после целлюлозы и главном компоненте клеточной стенки грибов. Бактерии в первую очередь продуцируют хитиназы, чтобы расщепить хитин для его использования в качестве источника энергии, тогда как некоторые бактериальные хитиназы являются перспективными средствами биологической борьбы с различными заболеваниями растений, вызываемыми фитопатогенными грибами [50]. Поскольку хитозан также содержится в клеточных стенках грибов, продуцирующие хитозаназу *Bacillus* spp. могут использоваться в качестве агентов биоконтроля для предотвращения заражения растений патогенами. Глюканазы гидролизуют гликозидные связи, присутствующие в глюканах, которые играют важную роль у некоторых грибов во время деления клеток и вегетативного роста, а также являются вторым основным компонентом клеточной стенки грибов после хитина. Помимо хитина и глюкана, скелет клеточных стенок грибов содержит целлюлозу, липиды и белки. Следовательно, бактериальные целлюлазы, липазы и протеазы могут играть важную роль в лизисе клеточной стенки, который происходит во

время взаимодействий патоген – бациллы. Гидролитические ферменты (протеаза, глюканаза, хитиназа), продуцируемые *Bacillus* sp., ответственны за сильную ингибирующую активность против *F. verticillioideus*, вызывающей гниль стеблей и початков кукурузы.

Сидерофоры

Сидерофоры представляют собой металлхелатирующие нерибосомные пептиды с низким молекулярным весом, продуцируемые некоторыми микроорганизмами и растениями, особенно в условиях железного голодания. Значение сидерофоров в биологическом контроле основано на конкуренции за железо целью снижения его доступности для патогенов. Большинство бактериальных сидерофоров представляют собой катехолаты, такие как бациллибактин, продуцируемый некоторыми *Bacillus* spp. Включая *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. cereus*, *B. Thuringiensis* [33]. Сидерофоры, продуцируемые *Bacillus* spp., участвуют в подавлении ряда болезней растений, например, *B. subtilis*, продуцирующий сидерофор, снижает частоту возникновения фузариозного увядания и усиливает рост и урожайность перца [28].

Индукция системной устойчивости растений

Bacillus spp. продуцируют многочисленные метаболиты, которые могут увеличить доступность питательных веществ для растений и, таким образом, напрямую способствовать росту растений и урожайности. N₂-фиксирующие и P-сольюбилизирующие виды напрямую связаны с поглощением питательных веществ и последующим стимулированием роста различных растений. Успешное применение *Bacillus* spp. в поле также зависит от взаимодействий растение-бактерия и, может быть, ограничено фактором колонизацией ризосферы. *Bacillus* spp. требуется 24 часа для образования биопленки, которая способствует колонизации корней, что усиливает эффективность бактерий в почве [51]. Гены, участвующие в колонизации корней и взаимодействиях растений с *Bacillus*, индуцируются присутствием экссудатов корней и семян. Исследования ризобиома и использование методов секвенирования в сочетании с протеомикой, метаболомикой, метаболомикой могут способствовать уточнению природы этих взаимодействий, в том числе и то, как эта взаимосвязь влияет на здоровье и рост растений [52]. *Bacillus* spp. может напрямую увеличивать урожай растений за счет механизмов, обеспечивающих выработку фитогормонов или регуляторов роста растений, таких как ауксины, цитокинины, гиббереллины, этилен и абсцизовая кислота [12]. Гормоны растений – это органические вещества, которые в очень низких концентрациях влияют на физиологию и развитие растений. Биосинтез растительных гормонов *Bacillus* spp. непосредственно связан с последующим стимулированием роста различных растений.

Молекулярная основа иммунитета растений, запускаемая микробными патогенами, хорошо охарактеризована как сложный последовательный процесс, ведущий к активации защитных реакций в месте инфекции, но который также, может быть, системно выражен во всех органах, явление, также известное как системная приобретенная устойчивость. Некоторые ассоциированные с растениями полезные бактерии также способны стимулировать своего хозяина к созданию защиты от проникновения патогенов через

фенотипически сходный индуцированный феномен системной резистентности. Индуцированная системная резистентность последовательно включает распознавание микроорганизма на поверхности растительной клетки, стимуляцию ранних клеточных иммунных событий, системную передачу сигналов через тонко настроенный гормональный перекрестный обмен и активацию защитных механизмов. Таким образом, он представляет собой косвенный, но эффективный механизм, с помощью которого полезные бактерии с потенциалом биоконтроля улучшают способность растений ограничивать инвазию патогенов [53-57]. Происходит экспрессия генов стресс-реакции, за счет чего активируется индуцированная системная устойчивость растений [54]. Эти защитные реакции системно активируются на расстояниях, удаленных от исходного очага болезни, и придают определенный уровень устойчивости к вирусам, грибам и бактериям по всему растению. Активация индуцированной системной устойчивости связана с деградацией клеточной стенки, выработкой *de novo* белка глюканаза и хитиназы и выработкой фитоалексинов, связанных с устойчивостью к болезням. Применение штамма *B. subtilis* (AUBS1) увеличивает выработку хозяином фенилаланинаммониолиазы, пероксидазы и синтез белка *de novo* в листьях риса. Штамм *B. subtilis* (UMAF6614) индуцирует секрецию защитных ответов в дынях при повышении устойчивости растений к мучнистой росе. *Bacillus* также усиливает синтез ферментов и белков в тканях хозяина табака, что приводит к повышенной устойчивости к вирусу мозаики, о чем свидетельствует снижение уровня мозаичных симптомов, наблюдаемых у растений, обработанных *B. subtilis*. *B. subtilis* (BS21-1) является отличным средством биоконтроля и снижает заболеваемость четырех овощных культур посредством повышения индуцированной системной устойчивости [54].

Известно об участии циклических ЛП *Bacillus* в индукции иммунитета растений в различных патосистемах. При применении в виде чистых соединений в микромолярных концентрациях сурфактин и, в меньшей степени, фенгидин вызывали значительное снижение заболеваемости фасоли и томатов. Показано, что сурфактин увеличивает устойчивость к фитопатогенам у растений дыни, цитрусовых, винограда, сахарной свеклы, клубники, пшеницы. Итурин А играет такую же роль, как сурфактин, в листьях клубники, а также действует как индуктор экспрессии защитных генов растений в растениях хлопчатника [53; 54]. *B. subtilis* SSR21 и *B. flexus* AIKDL усиливают индуцированную системную резистентность против *F. oxysporum* [55]. Бактерии *B. fortis* 162 и *B. subtilis* 174 способны вызывать резистентность к фузариозному увяданию томатов, при этом повышается уровень активности фенилаланинаммониолиазы, которая способствует синтезу фенольных соединений в растительной ткани [57].

Детоксикация микотоксинов

Микотоксины – вторичные метаболиты токсигенных грибов – разнообразный класс соединений, которые могут загрязнять коммерческие продукты питания (например, пшеницу, кукурузу, арахис, семена хлопка и кофе) и корм для животных, вызывать серьезные проблемы с безопасностью пищевых продуктов даже в небольших концентрациях. Ежегодные затраты, связанные с появлением микотоксинов в продуктах

питания/кормах, продолжают расти. Только в одном регионе Северной Америки ежегодно теряется около пяти миллиардов долларов в связи с грибными инфекциями и контаминацией микотоксинами [6; 7]. Повсеместное распространение и термостабильность микотоксинов во время обработки пищевых продуктов и кормов создают серьезные проблемы для здоровья человека и животных.

Трихотецены представляют собой основной класс микотоксинов, содержащий более 150 соединений, которые продуцируются несколькими различными грибами рода *Fusarium*. Ингибирующее действие трихотеценовых микотоксинов на функции клеток растений и животных заключается в подавлении синтеза белка, ДНК и РНК, ингибировании митохондриальной функции, влиянии на деление клеток и мембранные эффекты [58-60].

Одним из наиболее экономически значимых трихотеценов является ДОН, загрязняющий пшеницу, ячмень и кукурузу во всем мире. В Европе ДОН обычно обнаруживается более чем в 50% исследованных образцов. В Северной Азии ДОН является основным загрязнителем и присутствует в 92% всех протестированных образцов. Исследования, проведенные в нескольких городах Китая, касающиеся присутствия ДОН в различных зерновых продуктах, показывают, что более 80% проанализированных образцов содержат ДОН в диапазоне от 0,1 до 2511,7 мг/кг [61]. Сообщается о появлении ДОН в сельскохозяйственных товарах, причем его уровни варьируют в зависимости от типа зерна и года производства. Поставка зерна, включая производителей, покупателей и конечных пользователей, эффективно отслеживает содержание ДОН с помощью стратегий систематического контроля над этой проблемой. Безопасность потребителей обеспечивается за счет использования этих стратегий управления [62]. Отсутствие высокоэффективных подходов к нейтрализации проблемы заражения посевов токсигенными грибами заставляет искать новые перспективные методы и технологии сохранения качества продукции. Остаются актуальными рекомендации по постоянному мониторингу фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур, тщательному микологическому и микотоксикологическому контролю сельскохозяйственной продукции, проведению общепринятых защитных и агротехнических мероприятий. Одновременно представляется перспективным использование разработанных российскими учеными методов контроля накопления микотоксинов с применением биологических и химических препаратов, способных блокировать биосинтез токсинов или осуществлять их трансформацию в менее токсичные соединения [2].

После полного секвенирования генома *F. graminearum* за последние два десятилетия достигнут огромный прогресс в понимании основ биосинтеза ДОН и его регуляции. Исследована возможность использования технологий РНК-интерференции на основе секвенированных фрагментов генов, кодирующих белки-мишени фунгицидов, для подавления *F. graminearum*. Рассматривается также влияние фунгицидов на биосинтез ДОН патогеном [53; 62]. Дальнейшие исследования этих биосинтетических и регуляторных систем предоставят полезные знания для разработки новых стратегий управления для предотвращения заболеваемости фузариозом и

накопления микотоксинов в зерновых [61; 65]. Успешные биотехнологические средства детоксикации пользуются большим спросом. В последнее время использование микроорганизмов и ферментов для детоксикации путем связывания или биоразложения различных микотоксинов является новой стратегией уменьшения контаминации растительных продуктов микотоксинами. Детоксикация ДОН отобранными микроорганизмами является многообещающей альтернативой биоконтролю физическим (сортировка, отмывка, термообработка, облучение, магнитные материалы и наночастицы) и химическим методам борьбы с загрязнением ДОН [64-66].

Наиболее экологичным методом детоксикации считается использование микроорганизмов-деструкторов микотоксинов. Их воздействие приводит к трансформации микотоксинов в нетоксичные или менее токсичные, по сравнению с исходными, соединения [67]. Анализ результатов существующих исследований, связанных с поиском эффективных биодеструкторов афлатоксина В1, показывает, что потенциальными деструкторами могут быть как живые микроорганизмы (бактерии или грибы), так и их ферменты или секретируемые метаболиты [68]. По сравнению с физическими и химическими методами деконтаминации, биodeградация микотоксинов обладает рядом преимуществ. Она специфична и достаточно быстро происходит в условиях, которые приемлемы для обработки сельскохозяйственного сырья и продуктов в пищевой промышленности, а также при производстве кормов. К недостаткам этого метода относится возможное ухудшение качества продуктов из-за синтеза биодеструктором нежелательных метаболитов, а также зависимость эффективности деградации от условий окружающей среды. Комплексная исследовательская программа по микробной деструкции микотоксинов включает в себя несколько этапов. Во-первых, микотоксин – биотрансформирующие микроорганизмы или консорциумы должны быть получены и идентифицированы либо из источников окружающей среды, либо из группы ранее идентифицированных кандидатов. Во-вторых, следует исследовать и идентифицировать эффективность и факторы, влияющие на детоксикационную активность выбранных микроорганизмов, а также продукты биотрансформации. На третьем этапе следует провести оценку безопасности как функциональных штаммов, так и продуктов биотрансформации. Биотрансформация не обязательно может приводить к менее токсичному вторичному продукту, поэтому необходимо также подтвердить сниженную токсичность продуктов биотрансформации. На четвертом и потенциально наиболее сложном этапе ферменты, ответственные за биотрансформацию, выделяют, идентифицируют и/или клонируют и экспрессируют [69].

Микробная модификация трихотеценов включает ацетилирование, деацетилирование, окисление, деэпоксилирование и эпимеризацию, что снижает патогенный потенциал грибов рода *Fusarium*. Цитотоксичность трихотеценовых микотоксинов, которая заключается в ингибировании синтеза белка, РНК и ДНК, зависит от химической структуры. Группа 12,13-эпоксида, как известно, является важной частью токсикологической активности трихотеценовых микотоксинов, включая ДОН и ниваленол. Удаление этих групп приводит к полной

потере токсичности [65; 66; 69-71]. Степень токсичности зависит также от наличия заместителей у C15 и C4. Системы биотрансформации включают несколько бактерий и грибов, а также их изолированные ферменты [72-75]. Подробные механизмы деградации ДОН заслуживают изучения в будущем.

Основные пути трансформации трихотеценов следующие:

- гликозилирование или глюкуронирование: гликозилирование С-3 гидроксигруппы ферментами растительной гликозилтрансферазы может превращать трихотецены в менее токсичные гликозиды. ДОН трансформируется в моно-О-глюкурониды путем глюкуронизации;

- эпимеризация: ДОН превращается в 3-эпидезоксиниваленол;

- дезпоксидирование: трансформация ДОН дезпоксидатом в положениях С-12 и С-13, преобразованный продукт представляет собой дезпоксидеоксиниваленол.

Существуют механизмы изменения структуры ДОН, делая его менее токсичным, например, ацетилирование положения С-3. Продукт 3-кето-ДОН примерно на 90% менее токсичен, чем ДОН [53]. Дезокси-метаболиты ДОН и ниваленола могут образовываться посредством ферментативного восстановления, в 54 и 55 раз менее токсичны, чем их родительские молекулы ДОН. Успешно изолированы бактериальные штаммы, принадлежащие к видам *Clostridiales*, *Anaerofilum*, *Collinsella* и *Bacillus*, которые были способны модифицировать ДОН в дэ-ДОН в условиях анаэробной инкубационной среды [75; 76]. Однако дезпоксидирование по отношению к трихотеценом, описанное выше, происходит только в строгих анаэробных условиях, что ограничивает их эмпирическое использование. Учитывая тот факт, что

зерновые культуры выращиваются и хранятся в аэробных условиях, аэробные бактерии, способные детоксицировать ДОН, кажутся более перспективными для практического применения. Совместная инкубация смешанной культуры двух новых штаммов *Pseudomonas* sp. Y1 и *Lysobacter* sp. S1 показывают устойчивую трансформацию ДОН в метаболит 3-эпидезоксиниваленол [76]. Бесклеточный супернатант, лизат и клеточные структуры смешанной культуры обладали способностью разлагать ДОН, причем супернатант достигал скорости разложения ДОН 100% в течение 48 часов. Метаболит 3-эпи-ДОН также образовывался при расщеплении ДОН посредством *Nocardioideis* sp. штамм WSN05-2, выделенный с пшеничного поля. Почвенная бактерия *B. licheniformis* YB9 проявляет высокую способность разлагать ДОН *in vitro* и *in vivo*, при этом происходит разложение 82,67% ДОН в течение 48 ч. *B. subtilis* ASAG 216 успешно используется для снижения контаминации ДОН корма животных [77-79]. *B. licheniformis* DSM 025954, выделенный из почвы, показывает полную детоксикацию зеараленона через 48 ч и 98,1% через 36 ч инкубации. *B. licheniformis* NRRL B-50504 и B-50506, и *B. subtilis* NRRL B-50505 и B-50507 снижает содержание дезоксиниваленола на 46-100% через 48 ч при 37°C [80]. Бактерии рода *Bacillus* с сильной эстеразной активностью проявляет высокую способность к детоксикации зеараленона в кукурузе, используя процесс ферментации для потенциального применения в кормовой промышленности [81].

Воздействие бактерий рода *Bacillus* на токсигенные грибы и продуцируемые ими микотоксины (табл. 1) зависит от их генетических свойств, при этом оно происходит либо путем влияния на рост и способность грибов продуцировать токсины, либо путем биодеструкции уже синтезированных микотоксинов [82].

Таблица 1. Штаммы бактерий рода *Bacillus*, способные осуществлять деструкцию ДОН [80]

Table 1. *Bacillus* strains capable of degrading DON [80]

Штамм Strain	Источник Source	Степень детоксикации (%) Degree of detoxification (%)	Справка Help
<i>B. subtilis</i> AS43.3, AS43.4	Пыльницы пшеницы Wheat anthers	Не изучено Not studied	[82]
<i>B. megaterium</i> BM1	Зерно пшеницы / Wheat grain	89,34	[10]
<i>B. amylolyticus</i> (CPLK1314)	Почва / Soil	92,44	[83]
<i>B. subtilis</i> D1/2	Почва / Soil	51,0	[84]
<i>B. cereus</i> (B. JG05)	Солома плесени / Straw mould	>80	[85]
<i>B. subtilis</i> NHIBC 006D	Загрязненное кукурузное сырье Contaminated corn raw materials	73,5	[86]
<i>B. amyloliquefaciens</i> WPS4-1	Скорлупа арахиса Peanut shells	90,30	[87]
<i>B. amyloliquefaciens</i> WPP9	Скорлупа арахиса Peanut shells	88,40	[87]
<i>B. velezensis</i> RC218	Пыльницы пшеницы Wheat anthers	57-60	[88]

Для мониторинга биотрансформации дезоксина валенола обычно используются аналитические инструменты, такие как иммуноферментный анализ и жидкостная хроматография в сочетании с tandemной масс-спектрометрией. Однако эти методы не дают однозначного ответа об остающейся токсичности возможных продуктов биотрансформации. Разработан биологический анализ с использованием *Lemna minor* L. Дозозависимый анализ может выявлять значительное подавление роста *L. minor* при воздействии ДОН в концентрациях 0,25 мг/л и выше. Концентрации выше 1 мг/л были смертельными для растения [89; 90].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усиление антропогенной нагрузки на окружающую среду и необходимость обеспечения безопасности продуктов питания требует все большего развития исследований в области биологической защиты растений и особенно против токсиногенных грибов рода *Fusarium*, которые не только оказывают отрицательное влияние на качество и количество урожая, но и способствуют его контаминации микотоксинами. Остаются актуальными рекомендации по постоянному мониторингу фитосанитарной обстановки в посевах сельскохозяйственных культур, тщательному микологическому и микотоксикологическому контролю сельскохозяйственной продукции, проведению общепринятых защитных и агротехнических мероприятий. Представляется перспективным использование разработанных методов контроля накопления микотоксинов с применением биологических препаратов, способных блокировать биосинтез токсинов или осуществлять их трансформацию в менее токсичные соединения [2].

Бактерии рода *Bacillus* являются перспективными объектами для разработки эффективных биофунгицидов против грибов *Fusarium* благодаря их возможности спорообразования и повышенной жизнеспособности, а также экономически эффективным методам культивирования и способности отдельных штаммов подавлять рост грибов, уменьшать контаминацию растений микотоксинами как за счет снижения синтеза токсинов, так и возможности их биodeградации микробными метаболитами [18]. Важным моментом является способность бактериальных метаболитов индуцировать защитные механизмы в растениях и влиять на состав патогенного микробиома растений. Поиск и изучение высокоэффективных штаммов бактерий, перспективных для создания биофунгицидов против грибов рода *Fusarium* за счет продуцирования целевых липопептидов, может ускоряться и успешно реализовываться благодаря разработке методов и подходов для количественного и структурного анализа бактериальных метаболитов. Продукция на основе растительного сырья, при получении которого для защиты растений от болезней использовался биоконтроль препаратами на основе эффективных штаммов бактерий рода *Bacillus*, пользуется повышенным спросом как в пищевой промышленности, так и в животноводстве благодаря отсутствию загрязнения химическими пестицидами и снижению контаминации продуктов и кормов микотоксинами.

Стратегия скрининга перспективных для разработки эффективных биопрепаратов может быть действенной, если выбираются новые штаммы,

превосходящие существующий, хорошо охарактеризованный антагонист, при этом следует отдавать предпочтение процедурам выбора, позволяющим выбирать новые комбинации механизмов действия, которые производятся непосредственно в месте взаимодействия. Микроорганизм в основе препарата для защиты растений в идеале должен функционировать как «фабрика клеток», работающая непосредственно на месте, где целевой организм является вредным. Для этой цели в перспективе необходимо оценивать общее воздействие антагониста на патоген и развитие болезни, а не только проявление единого ожидаемого основного механизма действия. Таким образом, ключевой задачей является разработка методик, которые позволяют исследовать взаимодействия между патогеном, хозяином и антагонистом в контролируемых условиях [26]. Не менее важным является изучение механизма действия *Bacillus* против *F. graminearum*, которые следует анализировать более точно с помощью новых инструментов полногеномных исследований и чувствительных и точных платформ метаболомики. Методы хроматографии и масс-спектрометрии с высоким разрешением могут сделать возможным обнаружение новых соединений, которые могут влиять на антагонистическую активность бактерий. При тщательном изучении бактерий рода *Bacillus* биопрепараты на их основе смогут заменить в контроле *F. graminearum* большинство широко применяемых в настоящее время средств борьбы, таких как химические фунгициды, получая при этом продукцию, необремененную ни химическими средствами защиты, ни опасными для потребителей микотоксинами [28].

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены согласно Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0495-2019-0001

«Разработка технической документации на производство и применение биологических средств защиты растений, применяемых в технологиях биологизированного и органического земледелия».

ACKNOWLEDGMENT

The studies were carried out in accordance with the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of research work on the topic No. 0495-2019-0001 “Development of technical documentation for the production and use of biological agents protection of plants used in technologies of biologized and organic farming”.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левитин М.М., Джавахия В.Г. Токсигенные грибы и проблемы продовольственной безопасности (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. N12. С. 5-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11201
2. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. N5. С. 69-120.
3. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Орина А.С. Выявление токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* в зерне озимой пшеницы в Центральном регионе Европейской части России // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. N9. С. 299-303.

4. Соколова Г.Д., Глинушкин А.П. Антагонисты фитопатогенного гриба *Fusarium graminearum* // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51. N4. С. 191-201.
5. Bertero A., Moretti A., Spicer L.J., Caloni F. *Fusarium* molds and mycotoxins: potential species-specific effects // Toxins (Basel). 2018. V. 10. N6. 244 p. DOI: 10.3390/toxins10060244
6. Tan J., Ameys M., Landschoot S., De Zutter N., De Saeger S., De Boevre M., Abdallah M.F., Van der Lee T., Wallwijk C., Audenaert K. At the scene of the crime: new insights into the role of weakly pathogenic members of the *Fusarium* head blight disease complex // Mol. plant. pathol. 2020. V. 21. N12. P. 1559-1572. DOI: 10.1111/mpp.12996
7. Pickova D., Ostry V., Malir J., Toman J., Malir F. A review on mycotoxins and microfungi in spices in the light of the last five years // Toxins (Basel). 2020. V. 12. N12. 789 p. DOI: 10.3390/toxins12120789
8. Pellán L., Durand N., Martínez V., Fontana A., Schorr-Galino S., Strub C. Commercial biocontrol agents reveal contrasting compartments against two mycotoxigenic fungi in cereals: *Fusarium graminearum* and *Fusarium verticillioides* // Toxins. 2020. V. 12. 152 p. DOI: 10.3390/toxins12030152
9. Penha R.O., Vandenberghe L.P.S., Faulds C., Soccol V.T., Soccol C.R. *Bacillus* lipopeptides as powerful pest control agents for a more sustainable and healthy agriculture: recent studies and innovations // Planta. 2020. V. 25. N1. 70 p. DOI: 10.1007/s00425-020-03357-7
10. Pan D., Mionetto A., Tiscornia S., Bettucci L. Endophytic bacteria from wheat grain as biocontrol agents of *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol production in wheat // Mycotoxin. 2015. V. 31. P. 137-143. DOI: 10.1007/s12550-015-0224-8
11. Vahidinasab M., Lilge L., Reinfurt A., Pflannstiel A., Pflannstiel J., Henkel M., Heravi K.M., Hausman R. Construction and description of a constitutive plipastatin mono-producing *Bacillus subtilis* // Microb. cell. fact. 2020. V. 19. 205 p. DOI: 10.1186/s12934-020-01468-0
12. Miljaković D., Marinković J., Balešević-Tubić S. The Significance of *Bacillus* spp. in Disease Suppression and Growth Promotion of Field and Vegetable Crops // Microorganisms. 2020. V. 8. N7. 1037 p. DOI: 10.3390/microorganisms8071037
13. Kang X., Zhang W., Cai X., Tong Z., Xue Y., Liu C. *Bacillus velezensis* CCO9: a potential «vaccine» for controlling wheat diseases // Published online, 2018. V. 31. N6. DOI: 10.1094/MPMI-09-17-0227-R
14. Legard F., Picot A., Cobo-Diaz J.F., Chen W., Le Floch G. Challenges facing the biological control strategies for the management of *Fusarium* head blight of cereals caused by *F. graminearum* // Biological control. 2017. V. 11. P. 26-38. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2017.06.11
15. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Хомяк А.И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2018. N1. С. 29-37. DOI: 10.1589/agrobiol.2018.1.29rus
16. Максимов И.В., Сингх Б.П., Черепанова Е.А., Бурханова Г.Ф., Хайруллин Р.М. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. N1. С. 19-54. DOI: 10.31857/s0555109920010134
17. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W.J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy // Frontiers in plant science. 2019. V. 10. 845 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845
18. Gong A.D., Li H.P., Yuan Q.S., Song X.S., Yao W., He W.J., Zhang J.B., Liao Y.C. Antagonistic mechanism of iturin A and plipastatin A from *Bacillus amyloliquefaciens* S76-3 from wheat spikes against *Fusarium graminearum* // PLoSOne. 2015. V. 10. Iss. 2. e0116871. DOI: 10.1371/journal.pone.0116871
19. Cai X.C., Liu C.H., Wang B.T., Xue Y.R. Genomic and metabolic traits endow *Bacillus velezensis* CCO9 with a potential biocontrol agent in control of wheat powdery mildew disease // Microbiol. Res. 2017. V. 196. P. 89-94. DOI: 10.1016/j.micres.2016.12.007
20. Salazar F., Ortiz A., Sansinenea E. Characterisation of two novel bacteriocin-like substances produced by *Bacillus amyloliquefaciens* ELI149 with broad-spectrum antimicrobial activity // Journal of global antimicrobial resistance. 2017. V. 11. P. 177-182. DOI: 10.1016/j.jgar.2017.08.008
21. Palazzini J.M., Dunlap C.A., Bowman M.J., Chulze S.N. *Bacillus velezensis* RC 218 as a biocontrol agent to reduce *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation: Genome sequencing and secondary metabolite cluster profiles // Microbiol Res. 2016. V. 19. P. 30-36. DOI: 10.1016/j.micres.2016.06.002
22. Патент на изобретение N 2552146 от 29.04.2015 «Штамм бактерий *Bacillus subtilis* BZR 517 для получения биопрепарата против фитопатогенных грибов».
23. Патент на изобретение N 2553518 от 20.05.2015 «Штамм бактерий *Bacillus subtilis* BZR 336g для получения биопрепарата против фитопатогенных грибов».
24. Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Хомяк А.И., Томашевич Н.С. Выделение и характеристика антигрибных метаболитов штаммов *Bacillus subtilis* BZR 336g и *Bacillus subtilis* BZR517 модифицированным методом биоавтографии // Сельскохозяйственная биология. 2019. N1. С. 178-185. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.1.178rus
25. Kim K., Lee Y., Ha A., Kim J.I., Park A.R., Yu N.H., Son H., Choi G.J., Park H.W., Lee C.W., Lee T., Lee Y.W., Kim J.C. Chemosensitization of *Fusarium graminearum* to chemical fungicides using cyclic lipopeptides produced by *Bacillus amyloliquefaciens* strain JCK-12 // Frontiers in plant science. 2017. V. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.02010
26. Xu W., Zhang L., Goodwin P.H., Xia M., Zhang J., Wang Q., Liang J., Sun R., Wu C., Yang L. Isolation, identification, and complete genome assembly of an endophytic *Bacillus velezensis* YB-130, potential biocontrol agent against *Fusarium graminearum* // Front. Microbiol. 2020. V. 11. DOI: 10.3389/fmicb.2020.598285
27. Fira D., Dimkić I., Berić T., Lozo J., Stanković S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species // J Biotechnol. 2018. V. 285. P. 44-55. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044
28. Ntushelo K., Ledwaba L.K., Rauwane M.E., Adebo O.A., Njobeh P.B. The mode of action of *Bacillus* species against *Fusarium graminearum*, tools for investigation, and future prospects // Toxins (Basel). 2019. V. 11. N10. 606 p. DOI: 10.3390/toxins11100606
29. Hazarika D.J., Goswami G., Gautam T., Parveen A., Das P., Barooah M., Chandra R. Lipopeptide mediated biocontrol activity of endophytic *Bacillus subtilis* against fungal phytopathogens // BMC Microbiol. 2019. V. 19. 71 p. DOI: 10.1186/s12866-019-1440-8

30. Zhang F., Huo K., Song X., Quan Y., Wang S., Zhang Z., Gao W., Yang C. Engineering of a genome-reduced strain *Bacillus amyloliquefaciens* for enhancing surfactin production // Microb. Cell.fact. 2020. V. 19. 223 p. DOI: 10.1186/s12934-020-01485-z
31. Rabbee M.F., Ali M. S., Choi J., Hwang B.S., Jeong S.C., Baek K.H. *Bacillus velezensis*: a valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes // Molecules (Basel, Switzerland). 2019. V. 24. N6. 1046 p. DOI: 10.3390/molecules24061046
32. Stein T. *Bacillus subtilis* antibiotics: Structures, synthesis and specific functions // Mol. Microbiol. 2005. V. 56. P. 845-857. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x
33. Caulier S., Nannan C., Gillis A., Licciardi F., Bragard C., Mahillon J. Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group // Front. Microbiol. 2019. V. 10. 302 p. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00302
34. Malviya D., Sahu P.K., Singh U.B., Paul S., Gupta A., Gupta A.K., Singh S., Kumar M., Paul D., Rai J.P., Singh H.V., Brahmaprakash G.P. Lesson from ecotoxicity: revising the microbial lipopeptides for the management of emerging diseases of crop protection // Int J. Environ Res Public Health. 2020. V. 17. Iss. 4. 1434 p. DOI: 10.3390/ijerph17041434
35. Yaseen Y., Diop A., Gancel F., Béchet M., Jacques P., Drider D. Polynucleotide phosphorylase is involved in the control of lipopeptide fengycin production in *Bacillus subtilis* // Arch Microbiol. 2018. V. 200. P. 783-791. DOI: 10.1007/s00203-018-1483-5
36. Zhao X., Kuipers O.P. Identification and classification of known and putative antimicrobial compounds produced by a wide variety of *Bacillales* species // BMC Genomics. 2016. V. 17. pp. 882. DOI: 10.1186/s12864-016-3224-y
37. Aleti G., Lehner S., Bacher M., Compant S., Nikolic B., Plesko M., Schumacher R., Sessitsch A., Lehner S., Brader G. Surfactin variants mediate species-specific biofilm formation and root colonization in *Bacillus* // Environ. Microbiol. 2016. V. 18. N8. P. 2634-2645. DOI: 10.1111/1462-2920.13405
38. Lozo J., Topisirovic L., Kojic M. Natural bacterial isolates as an inexhaustible source of new bacteriocins // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2021. V. 105. P. 477-492. DOI: 10.1007/s00253-020-11063-3
39. Fan H., Ru J., Zhang Y., Wang Q., Li Y. Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease // Microbiol Res. 2017. V. 199. P. 89-97. DOI: 10.1016/j.micres.2017.03.004
40. Hanif A., Zhang F., Li P., Li C., Xu Y., Zubair M., Zhang M., Jia D., Zhao X., Liang J., Majid T., Yan J., Farzand A., Wu H., Gu Q., Gao J. Fengycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 inhibits *Fusarium graminearum* growth and mycotoxins biosynthesis // Toxins (Basel). 2019. V. 11. N5. pp. 295. DOI: 10.3390/toxins11050295
41. Zakharova A.A., Efimova S.S., Malev V.V., Ostroumova O.S. Fengycin induces ion channels in lipid bilayers mimicking target fungal cell membranes // Sci Rep. 2019. V. 9. N1. P. 16-34. DOI: 10.1038/s41598-019-52551-5
42. Sa R.B., An X., Sui J.K., Wang X.H., Ji C., Wang C.Q., Li Q., Hu Y.R., Liu X. Purification and structural characterization of fengycin homologues produced by *Bacillus subtilis* from poplar wood bark // Australas. Plant Pathol. 2018. V. 47. P. 259-268. DOI: 10.1007/s13313-018-0552-1
43. Kaki A.A., Smargiasso N., Ongena M., Ali M.K., Moula N., de Pauw E., Chaouche N.K. Characterization of new fengycin cyclic lipopeptide variants produced by *Bacillus amyloliquefaciens* (ET) originating from a Salt Lake of Eastern Algeria // Curr Microbiol. 2020. V. 77. P. 443-451. DOI: 10.1007/s00284-019-01855-w
44. Yaseen Y., Gancel F., Drider D., Béchet M., Jacques P. Influence of promoters on the production of fengycin in *Bacillus* spp. // Res. Microbiol. 2016. V. 167. P. 272-281. DOI: 10.1016/j.resmic.2016.01.008
45. Zhou S., Liu G., Zheng R., Sun C., Wu S. Structural and functional insights into iturin W, a novel lipopeptide produced by deep-sea bacterium *Bacillus* sp. strain WSM-1 // Appl. environ. microbiology. 2020. V. 86. N21. DOI: 10.1128/AEM.01597-20
46. Dunlap C.A., Bowman M.J., Rooney A.P. Iturinic lipopeptide diversity in the *Bacillus subtilis* species group - important antifungals for plant disease biocontrol applications // Front Microbiol. 2019. V. 10. 1794. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01794
47. Lee T., Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.Y., Jung K.S., Jang J.Y., Park J.C., et al. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against mycotoxigenic *Fusarium* species // Plant Pathol. J. 2017. V. 33. P. 499-507. DOI: 10.5423/PPJ.FT.06.2017.0126
48. Cao Y., Pi H., Chandransu P., Li Y., Wang Y., Zhou H., Xiong H., Hermann J.D., Cai Y. Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum* // Sci. Rep. 2018. V. 8. DOI: 10.1038/s41598-018-22782-z
49. De Souza C.G., Martins F.I.C.C., Zocolo G.J., Figueiredo J.E.F., Canuto K.M., de Brito E.S. Simultaneous quantification of lipopeptide isoforms by UPLC-MS in the fermentation broth from *Bacillus subtilis* CNPMS22 // Anal. Bioanal.Chem. 2018. V. 41. P. 6827-6836. DOI: 10.1007/s00216-018-1281-6
50. Kumar M., Brar A., Yadav M., Chawade A., Vivekanand V., Pareek N. Chitinases – potential candidates for enhanced plant resistance towards fungal pathogens // Agriculture. 2018. V. 8. P. 88. DOI: 10.3390/agriculture8070088
51. Gamalero E., Glick B.R. Bacterial modulation of plant ethylene levels // Plant Physiol. 2015. V. 169. N1. P. 13-22. DOI: 10.1104/pp.15.00284
52. Olanrewaju O.S., Ayangbenro A.S., Glick B.R., Babalola O.O. Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions // Appl Microbiol Biotechnol. 2019. V. 103. N3. P. 1155-1166. DOI: 10.1007/s00253-018-9556-6
53. Schellenberger R., Touchard M., Clément C., Baillieux F., Cordelier S., Crouzet J., Dorey S. Apoplastic invasion patterns triggering plant immunity: plasma membrane sensing at the frontline // Molecular plant pathology. 2019. V. 20. N11. P. 1602-1616. DOI: 10.1111/mpp.12857
54. Hashem A., Tabassum B., Fathi Abd Allah E. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress // Saudi J Biol Sci. 2019. V. 26. N6. P. 1291-1297. DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.05.004
55. Jinal N.H., Amaresan N. Evaluation of biocontrol *Bacillus* species on plant growth promotion and systemic-induced resistant potential against bacterial and fungal wilt-causing pathogens // Archives of microbiology. 2020. V. 202. P. 1785-1794. DOI: 10.1007/s00203-020-01891-2
56. Pršić J., Ongena M. Elicitors of plant immunity triggered by beneficial bacteria // Front. Plant Sci. 2020. V. 11. DOI: 10.3389/fpls.2020.594530
57. Sajid M., Ahmad Khan M.S., Singh Cameotra S., Safar Al-Thubiani A. Biosurfactants: Potential applications as

- immunomodulator drugs // *Immunol Lett.* 2020. V. 223. P. 71-77. DOI: 10.1016/j.imlet.2020.04.003
58. Chen S.W., Wang H.T., Shih W.Y., Ciou Y.A., Chang Y.Y., Ananda L., Wang S.Y., Hsu J.T. Application of zearalenone (ZEN)-detoxifying *Bacillus* in animal feed decontamination through fermentation // *Toxins*. 2019. V. 11. N6. P. 330. DOI: 10.3390/toxins11060330
59. Tran V.N., Viktorová J., Ruml, T. Mycotoxins: biotransformation and bioavailability assessment using Caco-2 cell monolayer // *Toxins*. 2020. V. 12. N10. P. 628. DOI: 10.3390/toxins12100628
60. Dweba C.C., Filan S., Shimelis H.A., Motaung T.E., Sydenham S., Mwadzingeni L., Tsilo T.J. *Fusarium* head blight of wheat: pathogenesis and control strategies // *Crop protection*. 2017. V. 91. P. 114-122. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.10.002
61. Chen Y., Kistler H.C., Ma Z. *Fusarium graminearum* trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management // *Annu Rev Phytopathol.* 2019. V. 57. P. 15-39. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100318
62. Соколова Г.Д., Глинушкин А.П. Механизмы устойчивости к фунгицидам фитопатогенного гриба *Fusarium graminearum* // *Микология и фитопатология*. 2020. N6. С. 391-403. DOI: 10.31857/S0026364820060112
63. Wu Q., Kuča K., Humpf H.U., Klímová B., Cramer B. Fate of deoxynivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside during cereal-based thermal food processing: a review study // *Mycotoxin Res.* 2017. V. 33. N1. P. 79-91. DOI: 10.1007/s12550-016-0263-9
64. Kovač T., Šarkanj B., Borišev I., Djordjevic A., Jović D., Lončarić A., Babić J., Jozinović A., Krska T., Gangl J., Ezekiel C.N., Sulyok M., Krska R. Fullerol C₆₀(OH)₂₄ nanoparticles affect secondary metabolite profile of important foodborne mycotoxigenic fungi *in vitro* // *Toxins (Basel)*. 2020. V. 12. N4. P. 213. DOI: 10.3390/toxins12040213
65. Ben Taheur F., Kouidhi B., Al Qurashi Y.M.A., Ben Salah-Abbès J., Chaieb K. Review: biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes // *Toxicon*. 2019. V. 160. P. 12-22. DOI: 10.1016/j.toxicon.2019.02.001
66. Luo Y., Liu X., Li J. Updating on controlling mycotoxins – a review // *Food control*. 2018. V. 89. P. 123-132. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.01/016
67. Iram W., Anjum T., Iqbal M., Ghaffar A., Abbas M. Structural elucidation and toxicity assessment of degraded products of aflatoxin B1 and B2 by aqueous extracts of *Trachyspermum ammi* // *Front. Microbiol.* 2016. V. 7. P. 346. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00346
68. Adebo O.A., Njobeh P.B., Gbashi S., Nwinyi O.C., Mavumengwana V. Review on microbial degradation of aflatoxins Crit // *Rev. Food Sci. Nutr.* 2017. vol. 57. N15. P. 3208-3217. DOI: 10.1080/10408398.2015.1106440
69. Zhu Y., Hassan Y.I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins // *Toxins*. 2017. V. 9, no. 4, pp. 130. <https://doi.org/10.3390/toxins9040130>
70. Li P., Su R., Yin R., Lai D., Wang M., Liu Y., Zhou L. Detoxication of micotoxication through biotransformation // *Toxins*. 2020. V. 12. P. 121. DOI: 10.3390/toxins12020121
71. Vanhoutte J., Audenaert K., Gelder L. Biodegradation of mycotoxins: tales from known and unexplored worlds // *Front. Microbiol.* 2016. V. 7. P. 561. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00561
72. Wilson N.M., McMaster N., Gantulga D., Soyars C., McCormick S.P., Knoff K., Senger R.S., Schmale D.G. Modification of the mycotoxin deoxynivalenol using microorganisms isolated from environmental samples // *Toxins*. 2017. V. 9. N4. P. 141. DOI: 10.3390/toxins9040141
73. Wang S., Hou Q., Guo Q., Zhang J., Sun Y., Wei H., Shen L. Isolation and characterization of a deoxynivalenol-degrading bacterium *Bacillus licheniformis* YB9 with the capability of modulating intestinal microbial flora of mice // *Toxins*. 2020. V. 12. N3. P. 184. DOI: 10.3390/toxins12030184
74. Jia R., Sadiq F.A., Liu W., Cao L., Shen Z. Protective effects of *Bacillus subtilis* ASAG 216 on growth performance, antioxidant capacity, gut microbiota and tissues residues of weaned piglets fed deoxynivalenol contaminated diets // *Food. Chem. Toxicol.* 2021. V. 4. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111962
75. He J.W., Bondy G.S., Zhou T., Caldwell D., Boland G.J., Scott P.M. Toxicology of 3-epi-deoxynivalenol, a deoxynivalenol-transformation product by *Devosia* mutants 17-2-E-8 // *Food Chem. Toxicol.* 2015. V. 84. P. 250-259. DOI: 10.1016/j.fct.2015.09.003
76. Snini S.P., Mathieu F. Biocontrol agents and natural compounds against mycotoxinogenic fungi // *Toxins*. 2020. V. 12. P. 353. DOI: 10.3390/toxins12060353
77. He W.J., Yuan Q.S., Zhang Y.B., Guo M.W., Gong A.D., Zhang J.B., Wu A.B., Huang T., Qu B., Li H.P., Liao Y.C. Aerobic de-epoxydation of trichothecene mycotoxins by a soil bacterial consortium isolated using in situ soil enrichment // *Toxins*. 2016. V. 8. Iss. 10. DOI: 10.3390/toxins8100277
78. Jimenez-Sanchez C., Wilson N., McMaster N., Gantulga D., Freedman B.G., Senger R., Schmale D. A mycotoxin transporter (4D) frjm a library of deoxynivalenol-tolerant microorganisms // *ToxiconX*. 2020. V. 5. DOI: 10.1016/j.toxcx.2020.100023
79. Tian Y., Tan Y., Liu N., Liao Y., Sun C., Wang S., Wu A. Functional agents to biologically control deoxynivalenol contamination in cereal grains. *Front Microbiol.*, 2016, vol. 7, pp. 395. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00395
80. Yao Y., Long M. The biological detoxification of deoxynivalenol: A review // *Food chem toxicol.* 2020. V. 145. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111649
81. Bryła M., Waśkiewicz A., Ksieniewicz-Woźniak E., Szymczyk K., Jędrzejczak R. Modified *Fusarium* mycotoxins in cereals and their products-metabolism, occurrence, and toxicity: an updated review // *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2018. V. 23. N4. P. 963. DOI: 10.3390/molecules23040963
82. Chen S.W., Wang H.T., Shih W.Y., Ciou Y.A., Chang Y.Y., Ananda L., Wang S.Y., Hsu J.T. Application of zearalenone (ZEN)-detoxifying *Bacillus* in animal feed decontamination through fermentation // *Toxins (Basel)*. 2019. V. 11. N6. P. 330. DOI: 10.3390/toxins11060330
83. Abdallah M.F., De Boevre M., Landschoot S., De Saeger S., Haesaert G., Audenaert K. Fungal endophytes control *Fusarium graminearum* and reduce trichothecenes and zearalenone in maize // *Toxins*. 2018. V. 10. N12. P. 493. DOI: 10.3390/toxins10120493
84. Dunlap C.A., Schisler D.A., Price N.P., Vaughn S.F. Cyclic lipopeptide profile of three *Bacillus subtilis* strains; antagonists of *Fusarium* head blight // *J Microbiol.* 2011. V. 49. N4. P. 603-609. DOI: 10.1007/s12275-011-1044-y
85. Cao K., Guan M., Chen K., Lin Y., Luo C. Screening of *Fusarium graminearum* and degradation of vomitoxin *B. amyloliquefaciens* and its application in feed storage // *Environmental chemistry*. 2019. V. 16. N3. P. 179-186. DOI: 10.1071/EN18176

86. Chan Y.K., Savard M.E., Reid L.M., Cyr T., McCormick W.A., Seguin C. Identification of lipopeptide antibiotics of a *Bacillus subtilis* isolate and their control of *Fusarium graminearum* diseases in maize and wheat // *BioControl*. 2009. V. 54. P. 567. DOI: 10.1007/s10526-008-9201-x
87. Yu Z., Ding K., Liu S., Li Y., Li W., Li Y., Cao P., Liu Y., Sun E. Screening and identification of a *Bacillus cereus* degrading vomitotoxin // *Food sci*. 2016. V. 37. P. 121-125.
88. Jian T., Yang S., Su H., Wu Y., Tong Y. Identification and degradation effect of a *Bacillus subtilis* degrading vomitotoxin // *Contemporary chem*. 2018. V. 47. P. 548-551.
89. Shi C., Yan P., Li J., Wu H., Li Q., Guan S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* growth and deoxynivalenol production in wheat kernels with bacterial antagonists // *Int J Environ Res Public Health*. 2014. V. 11. N1. P. 100-113. DOI: 10.3390/ijerph110101094
90. Vanhoutte I., De Mets L., De Boevre M., Uka V., Di Mavungu J.D., De Saeger S., De Gelder L., Audenaert K. Microbial detoxification of deoxynivalenol (DON), assessed via a *Lemna minor* l. bioassay, through biotransformation to 3-epi-don and 3-epi-dom-1 // *Toxins (Basel)*. 2017. V. 9. N2. DOI: 10.3390/toxins9020063
91. Mingmongkolchai S., Panbangred W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production // *J. Appl. Microbial*. 2018. V. 124. P. 1334-1346. DOI: 10.1111/jam.13690

REFERENCES

1. Levitin M.M., Dzhavahija V.G. Toxigenic fungi and food security problems (review). *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 2020, vol. 34, no. 12, pp. 5-11. (In Russian) DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11201
2. Gagkaeva T.Ju., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V. *Fusarium* of cereals. *Zashchita i karantin rastenii* [Plant protection and quarantine]. 2011, no. 5, pp. 69-120. (In Russian)
3. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P., Orina A.S. Identification of toxin-producing fungi of the genus *Fusarium* in winter wheat grain in the Central region of the European part of Russia. *Uspekhi meditsinskoi mikologii* [Advances in medical mycology]. 2018, vol. 19, no. 9, pp. 299-303. (In Russian)
4. Sokolova G.D., Glinushkin A.P. Antagonists of the phytopathogenic fungus *Fusarium graminearum*. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and phytopathology]. 2017, vol. 51, no. 4, pp. 191-201. (In Russian)
5. Bertero A., Moretti A., Spicer L.J., Caloni F. *Fusarium* molds and mycotoxins: potential species-specific effects. *Toxins (Basel)*, 2018, vol. 10, no. 6, 244 p. DOI: 10.3390/toxins10060244
6. Tan J., Ameze M., Landschoot S., De Zutter N., De Saeger S., De Boevre M., Abdallah M.F., Van der Lee T., Wallwijk C., Audenaert K. At the scene of the crime: new insights into the role of weakly pathogenic members of the *Fusarium* head blight disease complex. *Mol. plant. pathol.*, 2020, vol. 21, no. 12, pp. 1559-1572. DOI: 10.1111/mpp.12996
7. Pickova D., Ostry V., Malir J., Toman J., Malir F. A review on mycotoxins and microfungi in spices in the light of the last five years. *Toxins (Basel)*, 2020, vol. 12, no. 12, 789 p. DOI: 10.3390/toxins12120789
8. Pellán L., Durand N., Martínez V., Fontana A., Schorr-Galino S., Strub C. Commercial biocontrol agents reveal contrasting compartments against two mycotoxigenic fungi

- in cereals: *Fusarium graminearum* and *Fusarium verticillioides*. *Toxins*, 2020, vol. 12, 152 p. DOI: 10.3390/toxins12030152
9. Penha R.O., Vandenberghe L.P.S., Faulds C., Soccol V.T., Soccol C.R. *Bacillus* lipopeptides as powerful pest control agents for a more sustainable and healthy agriculture: recent studies and innovations. *Planta*, 2020, vol. 25, no. 1, 70 p. DOI: 10.1007/s00425-020-03357-7
10. Pan D., Mionetto A., Tiscornia S., Bettucci L. Endophytic bacteria from wheat grain as biocontrol agents of *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol production in wheat. *Mycotoxin*, 2015, vol. 31, pp. 137-143. DOI: 10.1007/s12550-015-0224-8
11. Vahidinasab M., Lilge L., Reinfurt A., Pflannstiel A., Pflannstiel J., Henkel M., Heravi K.M., Hausman R. Construction and description of a constitutive plipastatin mono-producing *Bacillus subtilis*. *Microb. cell. fact.*, 2020, vol. 19, 205 p. DOI: 10.1186/s12934-020-01468-0
12. Miljaković D., Marinković J., Balešević-Tubić S. The Significance of *Bacillus* spp. in Disease Suppression and Growth Promotion of Field and Vegetable Crops. *Microorganisms*, 2020, vol. 8, no. 7, 1037 p. DOI: 10.3390/microorganisms8071037
13. Kang X., Zhang W., Cai X., Tong Z., Xue Y., Liu C. *Bacillus velezensis* CCO9: a potential «vaccine» for controlling wheat diseases. *Published online*, 2018, vol. 31, no. 6. DOI: 10.1094/MPMI-09-17-0227-R
14. Legard F., Picot A., Cobo-Diaz J.F., Chen W., Le Floch G. Challenges facing the biological control strategies for the management of *Fusarium* head blight of cereals caused by *F. graminearum*. *Biological control*, 2017, vol. 11, pp. 26-38. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2017.06.11
15. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Homjak A.I. Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms (review). *Agricultural Biology*, 2018, vol. 53, no. 1, pp. 29-37. (In Russian) DOI: 10.1589/agrobiology.2018.1.29rus
16. Maksimov I.V., Singh B.P., Cherepanova E.A., Burhanova G.F., Hajrullin R.M. Prospects for the use of bacteria - lipopeptide producers for plant protection. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2020, vol. 56, no. 1, pp. 19-54. (In Russian) DOI: 10.31857/s0555109920010134
17. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W.J. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in plant science*, 2019, vol. 10, 845 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845
18. Gong A.D., Li H.P., Yuan Q.S., Song X.S., Yao W., He W.J., Zhang J.B., Liao Y.C. Antagonistic mechanism of iturin A and plipastatin A from *Bacillus amyloliquefaciens* S76-3 from wheat spikes against *Fusarium graminearum*. *PLoSOne*, 2015, vol. 10, iss. 2, e0116871. DOI: 10.1371/journal.pone.0116871
19. Cai X.C., Liu C.H., Wang B.T., Xue Y.R. Genomic and metabolic traits endow *Bacillus velezensis* CC09 with a potential biocontrol agent in control of wheat powdery mildew disease. *Microbiol. Res.*, 2017, vol. 196, pp. 89-94. DOI: 10.1016/j.micres.2016.12.007
20. Salazar F., Ortiz A., Sansinenea E. Characterisation of two novel bacteriocin-like substances produced by *Bacillus amyloliquefaciens* ELI149 with broad-spectrum antimicrobial activity. *Journal of global antimicrobial resistance*, 2017, vol. 11, pp. 177-182. DOI: 10.1015/j.jdar.2017.08.008
21. Palazzini J.M., Dunlap C.A., Bowman M.J., Chulze S.N. *Bacillus velezensis* RC 218 as a biocontrol agent to reduce

- Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation: Genome sequencing and secondary metabolite cluster profiles. *Microbiol Res.*, 2016, vol. 19, pp. 30-36. DOI: 10.1016/j.micres.2016.06.002
22. Asaturova A.M., Dubjaga V.M. *Bacillus subtilis* BZR 517 bacterial strain for obtaining a biological product against phytopathogenic fungi. Patent RF, no. 2552146, 2015.
23. Asaturova A.M., Dubjaga V.M. *Bacillus subtilis* BZR 336g bacterial strain for obtaining a biological product against phytopathogenic fungi. Patent RF, no. 2553518, 2015.
24. Sidorova T.M., Asaturova A.M., Homjak A.I., Tomashevich N.S. Isolation and characterization of antifungal metabolites of *Bacillus subtilis* BZR 336g and *Bacillus subtilis* BZR517 strains by a modified bioautography method. *Agricultural biology*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 178-185. (In Russian) DOI: 10.15389/agrobio.2019.1.178rus
25. Kim K., Lee Y., Ha A., Kim J.I., Park A.R., Yu N.H., Son H., Choi G.J., Park H.W., Lee C.W., Lee T., Lee Y.W., Kim J.C. Chemosensitization of *Fusarium graminearum* to chemical fungicides using cyclic lipopeptides produced by *Bacillus amyloliquefaciens* strain JCK-12. *Frontiers in plant science*, 2017, vol. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.02010
26. Xu W., Zhang L., Goodwin P.H., Xia M., Zhang J., Wang Q., Liang J., Sun R., Wu C., Yang L. Isolation, identification, and complete genome assembly of an endophytic *Bacillus velezensis* YB-130, potential biocontrol agent against *Fusarium graminearum*. *Front. Microbiol.*, 2020, vol. 11. DOI: 10.3389/fmicb.2020.598285
27. Fira D., Dimkić I., Berić T., Lozo J., Stanković S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. *J Biotechnol.*, 2018, vol. 285, pp. 44-55. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044
28. Ntushelo K., Ledwaba L.K., Rauwane M.E., Adebo O.A., Njobeh P.B. The mode of action of *Bacillus* species against *Fusarium graminearum*, tools for investigation, and future prospects. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 10, 606 p. DOI: 10.3390/toxins11100606
29. Hazarika D.J., Goswami G., Gautam T., Parveen A., Das P., Barooah M., Chandra R. Lipopeptide mediated biocontrol activity of endophytic *Bacillus subtilis* against fungal phytopathogens. *BMC Microbiol.*, 2019, vol. 19, 71 p. DOI: 10.1186/s12866-019-1440-8
30. Zhang F., Huo K., Song X., Quan Y., Wang S., Zhang Z., Gao W., Yang C. Engineering of a genome-reduced strain *Bacillus amyloliquefaciens* for enhancing surfactin production. *Microb. Cell fact.*, 2020, vol. 19, 223 p. DOI: 10.1186/s12934-020-01485-z
31. Rabbee M.F., Ali M. S., Choi J., Hwang B.S., Jeong S.C., Baek K.H. *Bacillus velezensis*: a valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes // *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2019. V. 24. N6. 1046 p. DOI: 10.3390/molecules24061046
32. Stein T. *Bacillus subtilis* antibiotics: Structures, synthesis and specific functions. *Mol. Microbiol.*, 2005, vol. 56, pp. 845-857. DOI: 10.1111/j.1365-2958.2005.04587.x
33. Caulier S., Nannan C., Gillis A., Licciardi F., Bragard C., Mahillon J. Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group. *Front. Microbiol.*, 2019, vol. 10, 302 p. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00302
34. Malviya D., Sahu P.K., Singh U.B., Paul S., Gupta A., Gupta A.K., Singh S., Kumar M., Paul D., Rai J.P., Singh H.V., Brahmaaprakash G.P. Lesson from ecotoxicity: revising the microbial lipopeptides for the management of emerging diseases of crop protection. *Int J. Environ Res Public Health*, 2020, vol. 17, no. 4, 1434 p. DOI: 10.3390/ijerph17041434
35. Yaseen Y., Diop A., Gancel F., Béchet M., Jacques P., Drider D. Polynucleotide phosphorylase is involved in the control of lipopeptide fengycin production in *Bacillus subtilis*. *Arch Microbiol.*, 2018, vol. 200, pp. 783-791. DOI: 10.1007/s00203-018-1483-5
36. Zhao X., Kuipers O.P. Identification and classification of known and putative antimicrobial compounds produced by a wide variety of *Bacillales* species. *BMC Genomics*, 2016, vol. 17, pp. 882. DOI: 10.1186/s12864-016-3224-y
37. Aleti G., Lehner S., Bacher M., Compant S., Nikolic B., Plesko M., Schumacher R., Sessitsch A., Lehner S., Brader G. Surfactin variants mediate species-specific biofilm formation and root colonization in *Bacillus*. *Environ. Microbiol.*, 2016, vol. 18, no. 8, pp. 2634-2645. DOI: 10.1111/1462-2920.13405
38. Lozo J., Topisirovic L., Kojic M. Natural bacterial isolates as an inexhaustible source of new bacteriocins. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2021, vol. 105, pp. 477-492. DOI: 10.1007/s00253-020-11063-3
39. Fan H., Ru J., Zhang Y., Wang Q., Li Y. Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease. *Microbiol Res.*, 2017, vol. 199, pp. 89-97. DOI: 10.1016/j.micres.2017.03.004
40. Hanif A., Zhang F., Li P., Li C., Xu Y., Zubair M., Zhang M., Jia D., Zhao X., Liang J., Majid T., Yan J., Farzand A., Wu H., Gu Q., Gao X. Fengycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 inhibits *Fusarium graminearum* growth and mycotoxins biosynthesis. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 5, pp. 295. DOI: 10.3390/toxins11050295
41. Zakharova A.A., Efimova S.S., Malev V.V., Ostroumova O.S. Fengycin induces ion channels in lipid bilayers mimicking target fungal cell membranes. *Sci Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 16-34. DOI: 10.1038/s41598-019-52551-5
42. Sa R.B., An X., Sui J.K., Wang X.H., Ji C., Wang C.Q., Li Q., Hu Y.R., Liu X. Purification and structural characterization of fengycin homologues produced by *Bacillus subtilis* from poplar wood bark. *Australas. Plant Pathol.*, 2018, vol. 47, pp. 259-268. DOI: 10.1007/s13313-018-0552-130
43. Kaki A.A., Smargiasso N., Ongena M., Ali M.K., Moula N., de Pauw E., Chaouche N.K. Characterization of new fengycin cyclic lipopeptide variants produced by *Bacillus amyloliquefaciens* (ET) originating from a Salt Lake of Eastern Algeria. *Curr Microbiol.*, 2020, vol. 77, pp. 443-451. DOI: 10.1007/s00284-019-01855-w
44. Yaseen Y., Gancel F., Drider D., Béchet M., Jacques P. Influence of promoters on the production of fengycin in *Bacillus* spp. *Res. Microbiol.*, 2016, vol. 167, pp. 272-281. DOI: 10.1016/j.resmic.2016.01.008
45. Zhou S., Liu G., Zheng R., Sun C., Wu S. Structural and functional insights into iturin W, a novel lipopeptide produced by deep-sea bacterium *Bacillus* sp. strain WSM-1. *Appl. environ. microbiology*, 2020, vol. 86, no. 21. DOI: 10.1128/AEM.01597-20
46. Dunlap C.A., Bowman M.J., Rooney A.P. Iturinic lipopeptide diversity in the *Bacillus subtilis* species group - important antifungals for plant disease biocontrol applications. *Front Microbiol.*, 2019, vol. 10, 1794. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01794
47. Lee T., Park D., Kim K., Lim S.M., Yu N.H., Kim S., Kim H.Y., Jung K.S., Jang J.Y., Park J.C., et al. Characterization of *Bacillus amyloliquefaciens* DA12 showing potent antifungal activity against

- mycotoxigenic *Fusarium* species. *Plant Pathol. J.*, 2017, vol. 33, pp. 499-507. DOI: 10.5423/PPJ.FT.06.2017.0126
48. Cao Y., Pi H., Chandrangs P., Li Y., Wang Y., Zhou H., Xiong H., Helmann J.D., Cai Y. Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. *Sci. Rep.*, 2018, vol. 8. DOI: 10.1038/s41598-018-22782-z
49. De Souza C.G., Martins F.I.C.C., Zocolo G.J., Figueiredo J.E.F., Canuto K.M., de Brito E.S. Simultaneous quantification of lipopeptide isoforms by UPLC-MS in the fermentation broth from *Bacillus subtilis* CNPMS22. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2018, vol. 41, pp. 6827-6836. DOI: 10.1007/s00216-018-1281-6
50. Kumar M., Brar A., Yadav M., Chawade A., Vivekanand V., Pareek N. Chitinases – potential candidates for enhanced plant resistance towards fungal pathogens. *Agriculture*, 2018, vol. 8, pp. 88. DOI: 10.3390/agriculture8070088
51. Gamalero E., Glick B.R. Bacterial modulation of plant ethylene levels. *Plant Physiol.*, 2015, vol. 169, no. 1, pp. 13-22. DOI: 10.1104/pp.15.00284
52. Olanrewaju O.S., Ayangbenro A.S., Glick B.R., Babalola O.O. Plant health: feedback effect of root exudates-rhizobiome interactions. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 2019, vol. 103, no. 3, pp. 1155-1166. DOI: 10.1007/s00253-018-9556-6
53. Schellenberger R., Touchard M., Clément C., Baillieu F., Cordelier S., Crouzet J., Dorey S. Apoplastic invasion patterns triggering plant immunity: plasma membrane sensing at the frontline. *Molecular plant pathology*, 2019, vol. 20, no. 11, pp. 1602-1616. DOI: 10.1111/mpp.12857
54. Hashem A., Tabassum B., Fathi Abd Allah E. *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi J Biol Sci.*, 2019, vol. 26, no. 6, pp. 1291-1297. DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.05.004
55. Jinal N.H., Amarasana N. Evaluation of biocontrol *Bacillus* species on plant growth promotion and systemic-induced resistant potential against bacterial and fungal wilt-causing pathogens. *Archives of microbiology*, 2020, vol. 202, pp. 1785-1794. DOI: 10.1007/s00203-020-01891-2
56. Pršić J., Ongena M. Elicitors of plant immunity triggered by beneficial bacteria. *Front. Plant sci.*, 2020, vol. 11. DOI: 10.3389/fpls.2020.594530
57. Sajid M., Ahmad Khan M.S., Singh Cameotra S., Safar Al-Thubiani A. Biosurfactants: Potential applications as immunomodulator drugs. *Immunol Lett.*, 2020, vol. 223, pp. 71-77. DOI: 10.1016/j.imlet.2020.04.003
58. Chen S.W., Wang H.T., Shih W.Y., Ciou Y.A., Chang Y.Y., Ananda L., Wang S.Y., Hsu J.T. Application of zearalenone (ZEN)-detoxifying *Bacillus* in animal feed decontamination through fermentation. *Toxins*, 2019, vol. 11, no. 6, pp. 330. DOI: 10.3390/toxins11060330
59. Tran V.N., Viktorová J., Ruml T. Mycotoxins: biotransformation and bioavailability assessment using Caco-2 cell monolayer. *Toxins*, 2020, vol. 12, no. 10, pp. 628. DOI: 10.3390/toxins12100628
60. Dweba C.C., Filan S., Shimelis H.A., Motaung T.E., Sydenham S., Mwadzingeni L., Tsilo T.J. *Fusarium* head blight of wheat: pathogenesis and control strategies. *Crop protection*, 2017, vol. 91, pp. 114-122. DOI: 10.1016/j.cropro.2016.10.002
61. Chen Y., Kistler H.C., Ma Z. *Fusarium graminearum* trichothecene mycotoxins: biosynthesis, regulation, and management. *Annu Rev Phytopathol.*, 2019, vol. 57, pp. 15-39. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100318
62. Sokolova G.D., Glinushkin A.P. Mechanisms of resistance to fungicides of the phytopathogenic fungus *Fusarium graminearum*. *Mycology and Phytopathology*, 2020, vol. 54, no. 6, pp. 391-403. (In Russian) DOI: 10.31857/S0026364820060112
63. Wu Q., Kuča K., Humpf H.U., Klímová B., Cramer B. Fate of deoxynivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside during cereal-based thermal food processing: a review study. *Mycotoxin Res.*, 2017, vol. 33, no. 1, pp. 79-91. DOI: 10.1007/s12550-016-0263-9
64. Kovač T., Šarkanj B., Borišev I., Djordjevic A., Jović D., Lončarić A., Babić J., Jozinović A., Krska T., Gangl J., Ezekiel C.N., Sulyok M., Krska R. Fullerol C₆₀(OH)₂₄ nanoparticles affect secondary metabolite profile of important foodborne mycotoxigenic fungi *in vitro*. *Toxins (Basel)*, 2020, vol. 12, no. 4, pp. 213. DOI: 10.3390/toxins12040213
65. Ben Taheur F., Kouidhi B., Al Qurashi Y.M.A., Ben Salah-Abbès J., Chaieb K. Review: biotechnology of mycotoxins detoxification using microorganisms and enzymes. *Toxicon*, 2019, vol. 160, pp. 12-22. DOI: 10.1016/j.toxicon.2019.02.001
66. Luo Y., Liu X., Li J. Updating on controlling mycotoxins – a review. *Food control*, 2018, vol. 89, pp. 123-132. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.01/016
67. Iram W., Anjum T., Iqbal M., Ghaffar A., Abbas M. Structural elucidation and toxicity assessment of degraded products of aflatoxin B1 and B2 by aqueous extracts of *Trachyspermum ammi*. *Front. Microbiol.*, 2016, vol. 7, pp. 346. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00346
68. Adebo O.A., Njobeh P.B., Gbashi S., Nwinyi O.C., Mavumengwana V. Review on microbial degradation of aflatoxins. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2017, vol. 57, no. 15, pp. 3208-3217. DOI: 10.1080/10408398.2015.1106440
69. Zhu Y., Hassan Y. I., Lepp D., Shao S., Zhou T. Strategies and methodologies for developing microbial detoxification systems to mitigate mycotoxins. *Toxins*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 130. DOI: 10.3390/toxins9040130
70. Li P., Su R., Yin R., Lai D., Wang M., Liu Y., Zhou L. Detoxification of micotoxination through biotransformation. *Toxins*, 2020, vol. 12, pp. 121. DOI: 10.3390/toxins12020121
71. Vanhoutte J., Audenaert K., Gelder L. Biodegradation of mycotoxins: tales from known and unexplored worlds. *Front. Microbiol.*, 2016, vol. 7, pp. 561. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00561
72. Wilson N.M., McMaster N., Gantulga D., Soyars C., McCormick S.P., Knoff K., Senger R.S., Schmale D.G. Modification of the mycotoxin deoxynivalenol using microorganisms isolated from environmental samples. *Toxins*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 141. DOI: 10.3390/toxins9040141
73. Wang S., Hou Q., Guo Q., Zhang J., Sun Y., Wei H., Shen L. Isolation and characterization of a deoxynivalenol-degrading bacterium *Bacillus licheniformis* YB9 with the capability of modulating intestinal microbial flora of mice. *Toxins*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 184. DOI: 10.3390/toxins12030184
74. Jia R., Sadiq F.A., Liu W., Cao L., Shen Z. Protective effects of *Bacillus subtilis* ASAG 216 on growth performance, antioxidant capacity, gut microbiota and tissues residues of weaned piglets fed deoxynivalenol contaminated diets. *Food. Chem. Toxicol.*, 2021, vol. 4. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111962

75. He J.W., Bondy G.S., Zhou T., Caldwell D., Boland G.J., Scott P.M. Toxicology of 3-epi-deoxynivalenol, a deoxynivalenol-transformation product by *Devosia* mutants 17-2-E-8. *Food Chem. Toxicol.*, 2015, vol. 84, pp. 250-259. DOI: 10.1016/j.fct.2015.09.003
76. Snini S.P., Mathieu F. Biocontrol agents and natural compounds against mycotoxinogenic fungi. *Toxins*, 2020, vol. 12, pp. 353. DOI: 10.3390/toxins12060353
77. He W.J., Yuan Q.S., Zhang Y.B., Guo M.W., Gong A.D., Zhang J.B., Wu A.B., Huang T., Qu B., Li H.P., Liao Y.C. Aerobic de-epoxydation of trichothecene mycotoxins by a soil bacterial consortium isolated using in situ soil enrichment. *Toxins*, 2016, vol. 8, iss. 10. DOI: 10.3390/toxins8100277
78. Jimenez-Sanchez C., Wilson N., McMaster N., Gantulga D., Freedman B.G., Senger R., Schmale D. A mycotoxin transporter (4D) frjm a library of deoxynivalenol-tolerant microorganisms. *ToxiconX*, 2020, vol. 5. DOI: 10.1016/j.toxcx.2020.100023
79. Tian Y., Tan Y., Liu N., Liao Y., Sun C., Wang S., Wu A. Functional agents to biologically control deoxynivalenol contamination in cereal grains. *Front Microbiol.*, 2016, vol. 7, pp. 395. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00395
80. Yao Y., Long M. The biological detoxification of deoxynivalenol: A review. *Food chem toxicol.*, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111649>
81. Bryła M., Waśkiewicz A., Ksieniewicz-Woźniak E., Szymczyk K., Jędrzejczak R. Modified *Fusarium* mycotoxins in cereals and their products-metabolism, occurrence, and toxicity: an updated review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 2018, vol. 23, no. 4, pp. 963. DOI: 10.3390/molecules23040963
82. Chen S.W., Wang H.T., Shih W.Y., Ciou Y.A., Chang Y.Y., Ananda L., Wang S.Y., Hsu J.T. Application of zearalenone (ZEN)-detoxifying *Bacillus* in animal feed decontamination through fermentation. *Toxins (Basel)*, 2019, vol. 11, no. 6, pp. 330. DOI: 10.3390/toxins11060330
83. Abdallah M.F., De Boevre M., Landschoot S., De Saeger S., Haesaert G., Audenaert K. Fungal endophytes control *Fusarium graminearum* and reduce trichothecenes and zearalenone in maize. *Toxins*, 2018, vol. 10, no. 12, pp. 493. DOI: 10.3390/toxins10120493
84. Dunlap C.A., Schisler D.A., Price N.P., Vaughn S.F. Cyclic lipopeptide profile of three *Bacillus subtilis* strains; antagonists of *Fusarium* head blight. *J Microbiol.*, 2011, vol. 49, no. 4, pp. 603-609. DOI: 10.1007/s12275-011-1044-y
85. Cao K., Guan M., Chen K., Lin Y., Luo C. Screening of *Fusarium graminearum* and degradation of vomitoxin *B. amyloliquefaciens* and its application in feed storage. *Environmental chemistry*, 2019, vol. 16, no. 3, pp. 179-186. DOI: 10.1071/EN18176
86. Chan Y.K., Savard M.E., Reid L.M., Cyr T., McCormick W.A., Seguin C. Identification of lipopeptide antibiotics of a *Bacillus subtilis* isolate and their control of *Fusarium graminearum* diseases in maize and wheat. *BioControl*, 2009, vol. 54, pp. 567. DOI: 10.1007/s10526-008-9201-x
87. Yu Z., Ding K., Liu S., Li Y., Li W., Li Y., Cao P., Liu Y., Sun E. Screening and identification of a *Bacillus cereus* degrading vomitotoxin. *Food sci.*, 2016, vol. 37, pp. 121-125.
88. Jian T., Yang S., Su H., Wu Y., Tong Y. Identification and degradation effect of a *Bacillus subtilis* degrading vomitotoxin. *Contemporary chem.*, 2018, vol. 47, pp. 548-551.
89. Shi C., Yan P., Li J., Wu H., Li Q., Guan S. Biocontrol of *Fusarium graminearum* growth and deoxynivalenol production in wheat kernels with bacterial antagonists. *Int J Environ Res Public Health*, 2014, vol. 11, no. 1, pp. 100-113. DOI: 10.3390/ijerph110101094
90. Vanhoutte I., De Mets L., De Boevre M., Uka V., Di Mavungu J.D., De Saeger S., De Gelder L., Audenaert K. Microbial detoxification of deoxynivalenol (DON), assessed via a *Lemna* minor l. bioassay, through biotransformation to 3-epi-don and 3-epi-dom-1. *Toxins (Basel)*, 2017, vol. 9, no. 2. DOI: 10.3390/toxins9020063
91. Mingmongkolchai S., Panbangred W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. *J. Appl. Microbiol.*, 2018, vol. 124, pp. 1334-1346. DOI: 10.1111/jam.13690

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Татьяна М. Сидорова разработала концепцию статьи, собрала данные по биологической эффективности бактерий рода *Bacillus* против грибов рода *Fusarium*. Анжела М. Асатурова руководила процессом сбора и упорядочения материала, проверкой данных. Валерия В. Аллахвердян собрала данные по детоксикация микотоксинов. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Tatyana M. Sidorova collected data on the biological effectiveness of *Bacillus* bacteria against *Fusarium* fungi. Anzhela M. Asaturova developed the concept of the article, supervised the process of collecting and organising the material and checking the data. Valeria V. Allakhverdyan collected the data on mycotoxin detoxification. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Татьяна М. Сидорова / Tatyana M. Sidorova <https://orcid.org/0000-0003-4281-5278>
 Анжела М. Асатурова / Anzhela M. Asaturova <https://orcid.org/0000-0002-0060-1995>
 Валерия В. Аллахвердян / Valeria V. Allakhverdyan <https://orcid.org/0000-0002-8679-6139>

Original article / Оригинальная статья

УДК 556.550.46

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-104-112

Assessment criteria for ecological and geological zoning of territories

Irina I. Kosinova¹, Oksana G. Fonova¹ and Svetlana I. Fonova²

¹Voronezh State University, Voronezh, Russia

²Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Principal contact

Oksana G. Fonova, graduate student, Department of Environmental Geology, Voronezh State University; 1 University Square, Voronezh, Russia 394018.

Tel. +79515461229

Email fonova.ok@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0697-5314>

How to cite this article

Kosinova I.I., Fonova O.G., Fonova S.I. Assessment criteria for ecological and geological zoning of territories. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 104-112. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-104-112

Received 14 September 2020

Revised 26 May 2021

Accepted 5 July 2021

Abstract

Aim. Development of new approaches to ecological and geological zoning of territories based on an integrated assessment of the state of abiotic and biotic components of the environment.

Material and Methods. The methodology of teratological analysis of leaf blades is presented, which makes it possible to determine the morphological deformation of vegetational elements associated with external negative influences.

Results. The degree of comfort of the environment, as determined by a set of quantitative indicators, is emphasised. The process of generalization of the entire body of information is embodied through the creation of a map of ecological-geological zoning by combining and "scanning" individual thematic maps using overlays. The legend, as the basis for the logical classification of the map of ecological and geological zoning, fixes its object, subject and defines the semantics.

Conclusion. Practical recommendations for the construction of maps of ecological-geological zoning within the framework of the proposed methodology are presented through the example of large enterprises engaged in petroleum product logistics.

Key Words

Criteria, assessments, ecological-geological, ecological-geological map, integral approach, zoning, comfort, vital activity.

Критерии оценок при эколого-геологическом районировании территорий

Ирина И. Косинова¹, Оксана Г. Фонова¹, Светлана И. Фонова²

¹Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

²Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Контактное лицо

Оксана Г. Фонова, аспирантка, кафедра экологической геологии, Воронежский государственный университет; 394018 Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1. Тел. +79515461229

Email fonova.ok@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0697-5314>

Формат цитирования

Косинова И.И., Фонова О.Г., Фонова С.И. Критерии оценок при эколого-геологическом районировании территорий // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 104-112. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-104-112

Получена 14 сентября 2020 г.

Прошла рецензирование 26 мая 2021 г.

Принята 5 июля 2021 г.

Резюме

Цель. Разработка новых подходов эколого-геологического районирования территорий, основанного на интегральной оценке состояния абиотических и биотических компонентов окружающей среды.

Материал и методы. Использована методология тератологического анализа листовых пластин, позволяющего определять морфологическую деформацию элементов растительности, связанную с внешними негативными воздействиями.

Результаты. Выделены степени комфортности среды жизнедеятельности, определяемые набором количественных показателей среды. Процесс обобщения всего объема информации воплощается в виде создания карты эколого-геологического районирования путем совмещения и «просвечивания» отдельных тематических карт с применением способа оверлейных операций. Легенда, как логическая классификационная основа карты эколого-геологического районирования, фиксирует ее объект, предмет и определяет семантику.

Заключение. Представлены практические рекомендации по построению карт эколого-геологического районирования в рамках предлагаемой методики на примере крупных предприятий логистики нефтепродуктов.

Ключевые слова

Критерии, оценки, эколого-геологические, эколого-геологическая карта, интегральный подход, районирование, комфортность, жизнедеятельность.

INTRODUCTION

The undertaking of engineering environmental surveys aims to form a basic block of information about the state of environmental components and possible sources of pollution in the areas of a planned development [1]. One of the main objectives is the assessment of the environmental conditions of the territory surveyed. The requirements for the compilation of environmental maps (schema) of the current and forecasted state of a given research area are indicated, as are appropriate scales depending on the stage of the engineering environmental surveys. In this regard the name of these documents is debatable. Ecological mapping involves emphasizing the state of an environment's biotic components. Generally, ecological maps demonstrate features of the interaction of living organisms with their environment. An ecological map is a special purpose map that displays an image of the territorial locations of environmental factors [2]. Ecological maps of the spatial distribution of individual ecosystems, maps of biotopes, populations, etc. were compiled according to existing methodologies. The term "engineering ecological map" was given in SNiP 11-02-96 "Engineering surveys for construction. Basic provisions." Within the framework of this definition, an engineering ecological map is supposed to represent graphically the current ecological state of the environment and/or a forecast of its change for a given time interval [3].

In engineering and environmental surveys, the abiotic components of the environment, such as the atmosphere, soils, soils of the aeration zone, surface, groundwater, exogenous geological and geotechnical processes and geological fields serve as the main objects of investigation. These are assessed using sanitary and health indicators that provide normative standards for the influence of external factors on the health status of the population. Among such indicators are maximum permissible concentration (MPC), maximum permissible level (MPL) and approximate permissible concentration (APC). It should be stressed that the assessment of the impact on human health occurs precisely through the designated system of ecological and geochemical indicators. However, to focusing solely on humans, while excluding other ecosystems, is an erroneous approach. This approach is called anthropocentric, in isolating a human from the system of general biota does not allow us to solve the main problem – of providing a comfortable living environment as a whole. This circumstance was repeatedly emphasized in the works of V.T. Trofimov *et al.* [4]. Indicators of the comfort of life are of great importance, as they determine zones optimal for human beings.

MATERIAL AND METHODS OF RESEARCH

We consider that it is appropriate to use the term "environmental geological map" in the process of executing engineering environmental surveys. According to V.T. Trofimov and D.G. Zielsing, an ecological and geological map is "a graphical and mathematical model of an ecological and geological situation, that gives, on a topographical basis, a generalized image of the assessment of the state of the components of the lithosphere, reflecting its ecological functions" [5]. In particular, ecological and geological maps are a category of integrated maps that display the levels of transformation of the ecological functions of the lithosphere under the influence of anthropogenic load, as diagnosed by the state of

environmental comfort. The objects of ecological and geological mapping are complex formations, including soils, the surface part of the lithosphere, surface and underground waters, elements of the technosphere, biosphere, their properties and observation systems. At the same time, a set of assessment maps is compiled for the abiotic and biotic elements of the environment under investigation. The assessment criteria for the parameters have been developed by a number of modern regulatory documents, based on a comparison of the results with the relevant maximum permissible parameters. Thus, the conversion features of geophysical fields, as well as the physical parameters of the environment, are displayed in the form of an estimated ecological and geophysical map based on a comparison of obtained data obtained with indicators of maximum permissible levels. The assessment of lithosphere elements is carried out in order to identify the geomorphological, lithological and geodynamic factors that affect biota elements. Analysis of fault activity is necessary from the point of view of the formation of pathogenic ecological-geophysical and ecological-geochemical anomalies. The fact that a given territory is affected by exogenous processes has a significant effect on the comfort of biota habitat and the stability of engineering structures. Soils constitute a unique upper layer of the lithosphere, formed as a result of geological, climatic and biological influences. They are the main functional component of biota reproduction, the base of the ecological pyramid. Ecological-geochemical and ecological-biotic soil assessment are presented through a series of thematic maps. The ecological state of surface and ground waters is assessed by comparing the parameters of their state with maximum permissible values. As a result, the total pollution indicators in relation to MPC are calculated. In assessing the state of surface waters, mapping of the processes of flooding of adjacent territories is important. The migration features of polluting elements into groundwater are determined by the level of their natural security and reflected in the corresponding maps. Evaluation of the state of ecosystems during engineering and environmental surveys is appropriate for vegetation as a basic element of the ecological pyramid. In this case, biological methods that do not require special biological preparation can be used. Among the methods mentioned are:

- biological diversity method;
- projective cover method;
- mowing method;
- teratological method.

The biotic criteria for ecological and geological assessments are presented in the works of B.V. Vinogradov (Table 1). For most of the selected criteria, quantitative indicators are proposed that can be used in ecological and geological zoning.

Recent studies have shown that plants can be used as test objects for engineering environmental surveys. According to their various characteristics, the state of the environment and changes over a number of years can be assessed. To assess the state of the environment, it is possible to use physiological, biochemical, genetic, cytological (at the cell level), as well as morphological characteristics. By identifying changes in morphological parameters in plant objects, it is possible to assess environmental comfort levels and to predict the danger to biota and humans in particular.

Table 1. Botanical indicators of ecosystem disturbance (according to B.V. Vinogradov) [6]**Таблица 1.** Ботанические показатели нарушенности экосистем (по Б.В. Виноградову) [6]

Indicators Показатели	Ecological normal area Зона экологической нормы	Ecological risk area Зона экологического риска	Ecological crisis area Зона экологического кризиса	Ecological disaster area Зона экологического бедствия
Deterioration of the species composition of natural vegetation Ухудшение видового состава естественной растительности	Natural change of dominants, subdominants and main species Естественная смена доминантов, субдоминантов и характерных видов	Decrease in the abundance of dominant, especially beneficial species Уменьшение обилия господствующих, в особенности полезных видов	Change of dominant species and secondary, mainly, not eaten weeds and poisonous Смена господствующих видов, а вторичные, в основном, непоедаемые сорные и ядовитые	Decrease in the abundance of secondary species, there are practically no useful plants Уменьшение обилия вторичных видов, полезных растений практически нет
Change of habitats Изменение ареалов	Absence Отсутствие	Weakening, thinning Ослабление, изреживание	Separation, reduction Разделение, сокращение	Extinction Исчезновение
Vegetation damage Повреждение растительности	Absence Отсутствие	Damage to the most sensitive species – conifers, lichens Повреждение наиболее чувствительных видов – хвойных деревьев, лишайников	Damage to medium sensitive species Повреждение среднечувствительных видов	Damage to insensitive species of herbs, bushes Повреждение слабочувствительных видов трав, кустарников
The appearance of teratological deviations Появление тератологических отклонений	Absence Отсутствие	Sparse Редкое	Sporadic Спорадическое	Mass Массовое
Simpson's Diversity Index Decrease, % Уменьшение индекса разнообразия Симпсона, %	Less than 10 Менее 10	10-20	25-50	More than 50 Более 50
Amount of forests, zonal, % Лесистость, % от зональной	More than 80 Более 80	60-70	50-30	Less than 10 Менее 10
Stands damage, % Повреждение древостоев, %	Less than 5 Менее 5	10-30	30-50	More than 50 Более 50
Damage to needles, % biomass Повреждение хвои, % биомассы	Less than 5 Менее 5	10-30	30-50	More than 50 Более 50
Death of crops, area % Гибель посевов, % площади	Less than 5 Менее 5	5-15	15-30	More than 30 Более 30
Projective cover of pasture steppe and semidesert vegetation, % of normal Проективное покрытие пастбищной степной и полупустынной растительности, % от нормы	More than 80 Более 80	60-70	50-30	Less than 10 Менее 10

The Department of Ecological Geology of Voronezh State University has developed a methodology for the teratological analysis of vegetation blades. This analysis allows us to determine the morphological deformation of the elements of bio systems associated with external negative influences. Thus V.M. Zakharov *et al* chose weeping birch leaves as an object of study and conducted investigations leading to the identification of correlation dependences between atmospheric pollution and deformation of birch leaf veins.

In the framework of engineering environmental surveys, we propose the use of teratological methods based on the study of the asymmetry coefficient of a leaf of herbaceous vegetation. Under natural conditions, where environmental indicators are favourable to vegetation, the leaf surface has a shape symmetrical about the axis.

The coefficients of symmetry (Ks) were experimentally identified and calculated by statistical processing of a significant amount of leaf blades of herb vegetation.

$$Ks = S_1/S_2 \cdot 100\%,$$

where S_1 – major area of the leaf blade, mm²;

S_2 – minor area of the leaf blade, mm².

Experimentally, we have developed the following criteria for the ecological state of the environment in terms of teratological indicators:

1. 95-100% – ecological norm;
2. 81-94 – ecological risk;
3. 71-80 – ecological crisis;
4. less than 70 – ecological disaster.

Criteria for ecological and geological assessments and environmental levels were developed by Yu.E. Saetom, V.T. Trofimov, D.G. Zeeling, I.I. Kosinova *et al.* [4; 7; 8] (Table 2). It is proposed to correlate the assessment of the degree of comfort of the living environment with ecological and geochemical indicators. Accordingly, the levels of environmental assessments are linked to the degree of comfort of the living environment.

The process of summarizing the entire amount of information is implemented through the creation of a map of ecological and geological zoning by combining and “trans-illuminating” all constructed maps via overlays. It should be emphasized that a map of ecological-geological zoning carries integral information on the complex of ecological-geological criteria. The map is constructed in a semaphore version: a state of ecological disaster being recorded in brown, a state of ecological crisis in red, ecological risk in yellow and the environmental norm in green. The dividing role of colour graphics on the map is obvious. A colour tone variable gives quantitative information, arranges it according to the tones of a single colour and combines the action according to the different colour tones. Assessment of the state of the considered ecosystems is based on health parameters and quantitative indicators of the state of biota. In this regard, the presence of at least one factor of abiotic or biotic origin, characterized by crisis values or environmental disaster values, determines the territory as a whole according to the category of corresponding grades of assessment.

Thus, in the process of constructing a map, areas of ecological disaster, crisis and risk are first identified. Sites assigned to the ecological norm are characterised by the values of factors that are as close to natural as possible, optimal, ensuring a balance between living and non-living nature. In its final form, zoning is determined by the

leading factor: first, by the presence of factual spaces with the maximum level of negative impact (disaster and crisis areas); second, with a minimum level (ecological norm areas) and, third intermediate – pre- and hypocomfortable areas. Within the selected areas, the number of leading factors is shown in tone shades. The darkest tone determines the total impact on the territory of three or more leading factors that determine the state of the ecological and geological situation (EGS). The intermediate is characterized by the combined effect of two leading factors, the lightest indicates the territory where the assessment of the state of EGS is determined by one leading factor.

Such a division allows us to obtain a differentiated assessment of the state of ecological and geological systems, as the basis for the most efficient development of territories.

The digital language of ecological and geographic mapping (EGM) involves the use of digital and alphabetic images. Roman numerals indicate the zone of comfort of the environment (I – extreme, II – uncomfortable, III – hypo and pre-comfortable, IV – comfortable), while Greek numerals indicate the presence of related factors. Leading factors determine the assessment of the state of the EGS, and related factors are additional information. Literal values that determine the qualitative characteristics of the evaluation criteria are placed after the digital symbols. Accordingly “II SN 3ET” should be interpreted as follows: the territory is assessed as being in a state of discomfort. The leading criteria for the formation of the assessment in this case are maximum soil pollution (S) and noise levels (N). Additionally, (3) EGS experiences the harmful effects of erosion processes (E), the teratological transformation of vegetation (T) is recorded at the level of pre-comfortable state of the environment; other components of the environment are normal, not being affected by the conversion processes. The numerical values of the parameters corresponding to the selected taxonomic units are given in symbols.

Testing of the proposed methodology is presented through the example of a map of ecological and geological zoning of an area where a first-level petroleum storage depot is located in Voronezh. This petroleum storage depot has been operating since 1947 and is used for receiving, storing and periodically replacing fuel for TS jet engines, as well as for the storing of A-76 petrol.

The basis for constructing a map of ecological and geological zoning is a radial sampling schema at 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 1500 m distances from the petroleum storage depot at its centre.

In the area investigated, soil and near-surface sediment samples taken from a depth of 0.2 m from the earth's surface were studied. Samples for analysis were formed by “envelope” method of taking five samples from a square site in such a way that each sample is part of the soil or near-surface deposits typical of this area. The mass of each sample was at least 1 kg. Samples were analysed for oil content.

Teratological analysis of vegetation was carried out using the same sampling method as the soil. At each point, at least 5 plantain or dandelion leaves were selected. In our case, the dandelion was the indicator. Using this indicator, the symmetry index was calculated. The choice of vegetation type was related to the analysis of the long-term accumulation of pollutants in dandelion elements.

Таблица 2. Оценка степени комфортности среды жизнедеятельности

* – $SPK = CПK$

The ecological and geochemical map of the assessment of the state of soils and near-surface sediments (Fig. 1) shows the formation of a contour elongated in the

northwest direction, which includes the territories of the petroleum storage depot of the first (central part) and second (south-eastern part) levels. In the northern part of

the studied area, ecological crisis levels for soils develop as a result of transportation on unpaved roads.

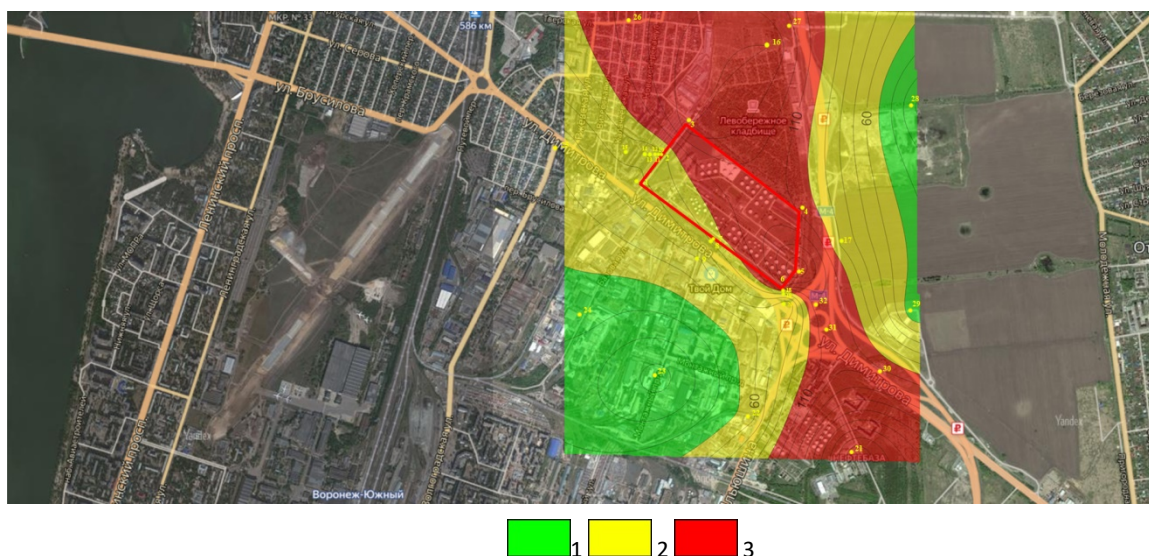


Figure 1. Ecological-geochemical assessment map of near-surface sediments.

- 1 – content of petroleum products less than 1000 mg/kg;
- 2 – content of petroleum products 1000-5000 mg/kg;
- 3 – content of petroleum products is more than 5000 mg/kg

Рисунок 1. Карта-схема эколого-геохимической оценки приповерхностных отложений.

- 1 – содержание нефтепродуктов меньше 1000 мг/кг;
- 2 – содержание нефтепродуктов 1000-5000 мг/кг;
- 3 – содержание нефтепродуктов больше 5000 мг/кг

Vegetation is an indicator of the state of near-surface sediments, as indicated by the similar structure of the uncomfortable area. Its area is slightly smaller than the previous one but corresponds to the level of habitat (Fig. 2). If the area of uncontaminated soil and near-surface sediments in the study area is about 20%, then these areas account for 12-15% of vegetation pollution.

Ecological and hydrogeochemical state assessment of the Neogene-Quaternary aquifer within the petroleum

storage depot revealed levels of petroleum product pollution corresponding to extremal and uncomfortable assessments (Fig. 3). Levels in excess of the relevant MPCs vary from 3.3 to 22.7 times. The development of the crisis situation is stopped by ongoing barrage work, which is carried out on average 5-8 times a month, excepting the winter period.

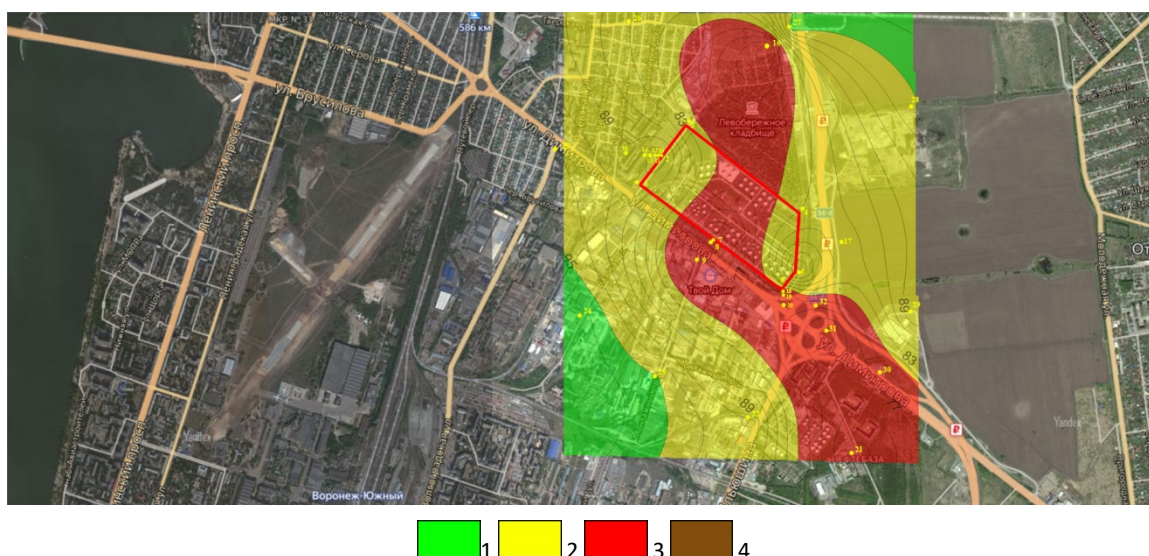


Figure 2. Ecological assessment map of vegetation (teratological change indicator).

- 1 – ecological norm; 2 – ecological risk; 3 – ecological crisis

Рисунок 2. Карта-схема экологической оценки состояния растительности (показатель тератологических изменений).

- 1 – экологическая норма; 2 – экологический риск; 3 – экологический кризис

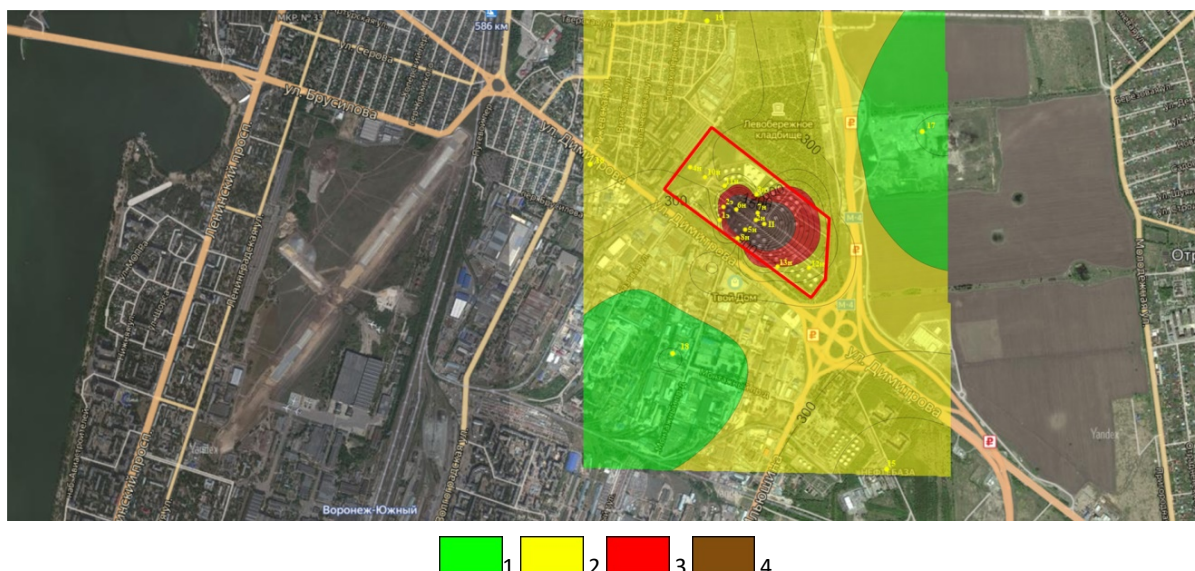


Figure 3. Ecological-hydrogeochemical assessment map of the state of the Neogene-Quaternary aquifer complex. Petroleum products content: 1 – less than 1 MPC; 2 – 2-5 MPC; 3 – 5-10 MPC; 4 – more than 10 MPC

Рисунок 3. Карта-схема эколого-гидрогеохимической оценки состояния неоген-четвертичного водоносного комплекса. Содержание нефтепродуктов: 1 – менее 1 ПДК; 2 – 2-5 ПДК; 3 – 5-10 ПДК; 4 – более 10 ПДК

The ecological and geological zoning map allows us to obtain an integrated assessment of the territory. Thus, it was revealed that a section close to the petroleum storage depot has extreme ecological conditions due to groundwater pollution at the level of extremal assessment of the environment (IB 2ST). Soils and surface sediments

are contaminated at the level of ecological crisis. About 30% of the research area is characterized by uncomfortable environmental conditions due to the crisis state of soils and near-surface sediments. The aquifer is characterized by hazardous and moderately hazardous pollution levels.

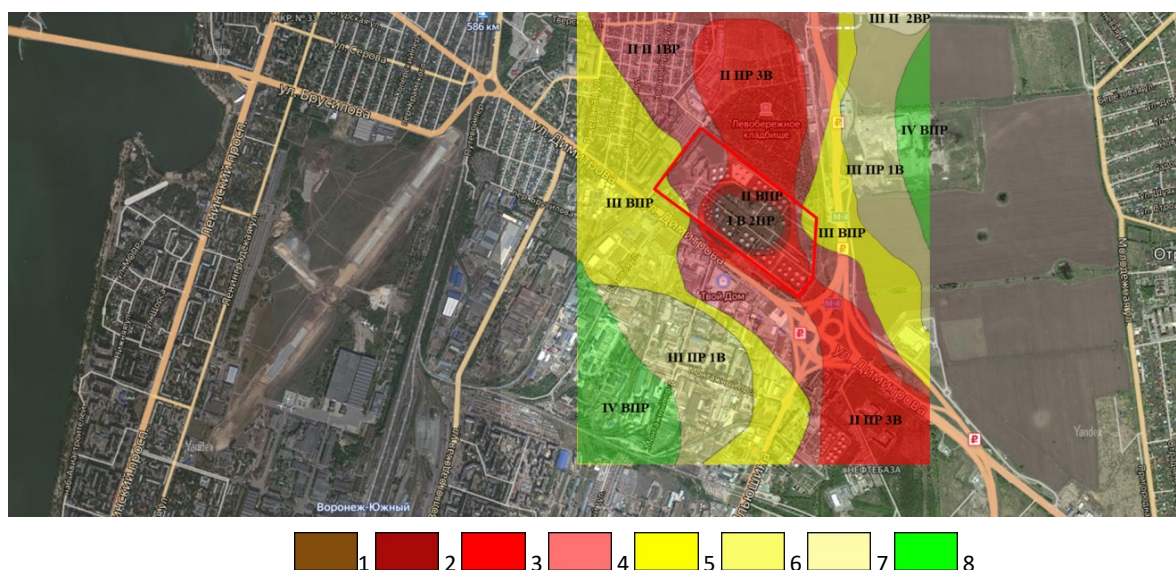


Figure 4. Ecological and geological zoning map of the petroleum storage depot area of first and second levels, Voronezh
Рисунок 4. Карта эколого-геологического районирования района размещения нефтебаз первого и второго уровней, г. Воронеж

More than 40% of the research area can be characterised as constituting an uncomfortable habitat due to the crisis state of soils and near-surface sediments. Hypocomfortable habitat constitutes about 50% of the research area, mainly due to pollution levels of the studied parameters of the ecological and geological system, which correspond ecological risk. The sections located far from the petroleum storage depot can be considered as comfortable habitats.

CONCLUSION

In the framework of the proposed methodology the construction of ecological and geological zoning maps allows us to obtain the following positive results:

1. (a) Integration of information on assessing the status of abiotic and biotic components of the environment. (b) The possibility of map modeling in terms of correlation of the individual components of ecological and geological systems. (c) Identification of the main areas of

environmental protection, harmonious exploitation of the environment.

2. Observation of ecological situation development at various stages of the construction and operation of engineering structures, taking into account the initial state of the ecological and geological system of the construction area and the features of the designed facility.

3. (a) Justification of the system of local environmental monitoring, facilitating the control of developing adverse environmental and geological situations. (b) Assessment of the impact of natural and technogenic sources on facilities under construction.

ACKNOWLEDGMENT

The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Contract No. 20-55-00010 /20 dated 30.04.2020 and the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, contract No. X20P-284 dated 04.05.2020.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при поддержке: Российского фонда фундаментальных исследований, договор № 20-55-00010 от 30.04.2020 г. и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, договор №X20P—284 от 04.05.2020 г.

REFERENCES

1. *Svod pravil SP 47.13330.2016 "Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya"* Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 11- 02-96 [Set of Rules SP 47.13330.2016 "Engineering surveys for construction. Main provisions" Updated edition of SNiP 11- 02-96]. (In Russian)
2. *GOST 21667-76 Kartografiya. Terminy i opredeleniya (s izmeneniyem 1, 2)* [GOST 21667-76 Cartography. Terms and definitions (with Amendment 1, 2)]. (In Russian)
3. *SNiP 11-02-96 "Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnye polozheniya"* [Sanitary norms and rules 11-02-96 "Engineering surveys for construction. Contents"]. (In Russian)
4. Trofimov V.T., Khar'kina M.A. K voprosu o soderzhanii inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy i tak nazyvaemykh «geoeekologicheskikh issledovaniyakh» [On the issue of the content of engineering and environmental surveys and the so-called "geoeological studies"]. *V materialakh V mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Oksana G. Fonova assessed the state of the territory and constructed maps of ecological and geological zoning. Svetlana I. Fonova constructed maps of ecological and geological zoning. Irina I. Kosinova analysed the data obtained. 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.

«*Ehkologicheskaya geologiya: teoriya, praktika i regional'nye problemy*», Sevastopol, 2017 [In the materials of the V International Scientific and Practical Conference "Ecological Geology: theory, practice and regional problems", Sevastopol, 2017]. Sevastopol', 2017, pp. 145-149. (In Russian)

5. Trofimov V.T., et al. *Ehkologo-geologicheskie karty. Teoreticheskie osnovy i metodika sostavleniya* [Ecological and geological maps. Theoretical foundations and methodology of compilation]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2007, 405 p. (In Russian)
6. Trofimov V.T., ed. *Teoriya i metodologiya ehkologicheskoi geologii* [Theory and Methodology of Ecological Geology]. Moscow, MSU Publ., 1997, 368 p. (In Russian)
7. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., et al. *Geokhimiya okruzhayushchei sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p. (In Russian)
8. Saet Yu.E., Yanin E.P. *Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoi otsenke sostoyaniya poverkhnostnykh vod* [Methodological recommendations for geochemical assessment of the state of surface waters]. Moscow, Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements Publ., 1985, 48 p. (In Russian)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил СП 47.13330.2016 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения" Актуализированная редакция СНиП 11- 02-96.
2. ГОСТ 21667-76 Картография. Термины и определения (с Изменением 1, 2).
3. СНиП 11-02-96 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения".
4. Трофимов В.Т., Харькина М.А. К вопросу о содержании инженерно-экологических изысканий и так называемых «геоэкологических исследований» // Материалы V международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы», Севастополь, 2017. С. 145-149.
5. Трофимов В.Т. и др. Эколого-геологические карты. Теоретические основы и методика составления / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Высш. шк., 2007. 405 с.
6. Теория и методология экологической геологии / под ред. В.Т. Трофимова. М.: Издательство МГУ, 1997. 368 с.
7. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990, 335 с.
8. Саэт Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод. М.: ИМГРЭ, 1985, 48 с.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Оксана Г. Фонова оценила состояния территории, построила карты эколого-геологического районирования. Светлана И. Фонова построила карты эколого-геологического районирования. Ирина И. Косинова проанализировала полученные данные. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Irina I. Kosinova / Ирина И. Косинова <https://orcid.org/0000-0002-5439-5197>

Oksana G. Fonova / Оксана Г. Фонова <https://orcid.org/0000-0002-0697-5314>

Svetlana I. Fonova / Светлана И. Фонова <https://orcid.org/0000-0001-7047-2300>

Оригинальная статья / Original article

УДК 911.37

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-113-126

Анализ географических факторов устойчивого развития муниципальных образований юга Урала и Западной Сибири

Александр А. Чибилев, Вадим П. Петрищев, Полина А. Косых

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

Контактное лицо

Полина А. Косых, младший научный сотрудник отдела степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения Российской академии наук (ИС УРО РАН) – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ УРО РАН; 460000 Россия, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.
Тел. +7(3532)774432
Email koloss58@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1884-0396>

Формат цитирования

Чибилев А.А., Петрищев В.П., Косых П.А. Анализ географических факторов устойчивого развития муниципальных образований юга Урала и Западной Сибири // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 113-126. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-113-126

Получена 17 августа 2021 г.

Прошла рецензирование 25 октября 2021 г.

Принята 10 ноября 2021 г.

Резюме

Цель. Целью исследования является группировка муниципальных образований по объему (или масштабу) муниципальных экономик.

Методы. На основе показателей объема сельскохозяйственной, промышленной продукции, розничной торговли, инвестиций проведена кластерная дифференциация муниципальных районов. В зависимости от преобладания и сочетания показателей сектор разбит на 8 кластерных группировок: высокоразвитый промышленный, высокоразвитый торгово-промышленно-аграрный, торгово-аграрный торгово-логистический, агропромышленный, аграрный, депрессивный слабообразованный и единичный крупный нефтедобывающий.

Результаты. По результатам кластеризации были выявлены некоторые особенности: более высокоразвитые районы тяготеют к административным городским центрам и крупным транспортным магистралям. На западе и востоке мезорегиона сформировались две оси опережающего развития: Южно-Уральская и Алтае-Сибирская.

Выводы. При рассмотрении лесостепей и степей Урала и Сибири были проведены их сопоставления с другими природными зонами, входящими в состав исследуемых субъектов федерации. Депрессивные районы сосредоточены в центре мезорегиона: в Курганской и на севере Омской области, а также тяготеют к государственной границе с Казахстаном.

Ключевые слова

Кластерное моделирование, Урало-Сибирский сектор лесостепной и степной зон, оси опережающего развития, кластерные группировки.

Analysis of the geographical factors of sustainable development of municipalities in the south of the Urals and western Siberia

Alexander A. Chibilev, Vadim P. Petrishchev, Polina A. Kosykh

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

Principal contact

Polina A. Kosykh, junior researcher, Department of Steppe and Nature Management, Steppe Institute, Ural Branch, Russian Academy of Sciences; 11 Pionerskaya St, Orenburg, Russia 460000.

Tel. +7(3532)774432

Email koloss58@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1884-0396>

How to cite this article

Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Kosykh P.A. Analysis of the geographical factors of sustainable development of municipalities in the south of the Urals and western Siberia. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 113-126. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-113-126

Received 17 August 2021

Revised 25 October 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. The aim of the study is to group municipalities by the volume (or scale) of municipal economies.

Materials and Methods. On the basis of indicators of the volume of agricultural, industrial products, retail trade, investments, the cluster differentiation of municipal districts was carried out. According to the prevalence and combination of indicators, the sector is divided into 8 cluster groups: highly developed industrial, highly developed commercial, industrial and agricultural, commercial and agricultural, trade and logistics, agroindustrial, agricultural, depressed underdeveloped and single large oil producing.

Results. According to the results of clustering, certain peculiarities were revealed: more highly developed districts gravitating towards administrative urban centers and major transport arteries. In the west and east of the mesoregion, two axes of advanced development have formed: the South Ural and Altai-Siberian.

Conclusion. In considering the forest-steppe and steppes of the Urals and Siberia, they were compared with other natural zones that are part of the subjects of the federation studied. Depressed areas are concentrated in the centre of the mesoregion: in the Kurgan region and in the north of the Omsk region, and also gravitate towards the state border with Kazakhstan.

Key Words

Cluster modeling, the Ural-Siberian sector of the forest-steppe and steppe zones, axes of advanced development, cluster groups.

ВВЕДЕНИЕ

К числу частично или преимущественно лесостепных и степных Урало-Сибирских регионов относится 8 субъектов Российской Федерации (восточная часть республики Башкортостан и Оренбургской области, Челябинская, Курганская, Тюменская (без автономных округов), Омская, Новосибирская области и Алтайский край). Однако, в рамках гранта Российского научного фонда № 20-17-00069 в 2021 году нами в качестве предмета исследований не рассматривались социально-экономические процессы муниципалитетов Оренбургской области, поскольку они проанализированы ранее (грант РНФ 17-17-01091). И, напротив, включена полностью территория Республики Башкортостан, так как прежде не входила в предмет анализа. Таким образом, общая площадь 7 субъектов Российской Федерации, рассматриваемых в данной статье, составляет 949,6 тыс. км². В их состав входит 51 городской округ и 246 сельских муниципальных районов, 89 из которых можно отнести к природным зонам лесостепей и степей. Население рассматриваемого региона чуть более 17 млн. человек (11,6% населения России). Валовой региональный продукт на душу населения в среднем по региону за 2018 г. составил 422 360 руб., что меньше среднероссийского показателя на 27%. В абсолютном значении ВРП региона составляет всего 8,4% от общероссийского. По объему добываемых полезных ископаемых доля региона составляет 4,2% от общероссийского. По объему продукции обрабатывающего производства этот показатель равен 12% от общероссийского. Объем продукции сельского хозяйства рассматриваемого региона – 13%. Инвестиции в основной капитал составляют 7% от общероссийского. Объем розничной торговли составляет 10% от российского.

Целью исследования является группировка муниципальных образований по объему (или масштабу) муниципальных экономик с использованием метода кластерного анализа (метод К-средних). Новизна исследования состоит в попытке детализировать на основе анализа экономических показателей муниципальных образований пространственные различия в регионах Урало-Сибирского сектора степной зоны Российской Федерации.

Современные географические исследования рассматриваемого региона осуществляются преимущественно в региональном разрезе [1-4], то есть в рамках отдельно взятой административно-территориальной единицы, реже в рамках более крупных мезо- и макрорегионов (Урал, Западная Сибирь, Азиатская Россия) [5].

Комплексные исследования провел А.Г. Исаченко, который в двух статьях [6-7] в рамках ландшафтного районирования произвел расчеты размещения населения, хозяйственной освоенности и природно-ресурсного потенциала Западной Сибири. Кроме того, на основе анализа истории освоения он осуществил историко-географическое районирование мезорегиона Западной Сибири и выделил природно-общественные территориальные системы на территории лесостепных и степных регионов Урала и Сибири.

Проблемы развития территорий опережающего развития раскрыты на примере российских регионов: Хабаровского края [8], сельских районов юго-восточной

части Новосибирской области [9]. В последнем случае речь идет о муниципалитетах, отнесенных к социальному кластеру, которые расположены между Новосибирском и Барнаулом.

Ряд ведущих российских авторов в качестве территорий опережающего развития (ТОР) выделяют небольшие территории (группа поселений – часть муниципалитета) с выгодным экономико-географическим положением и благоприятными природно-климатическими условиями, обладающие социальным, экономическим и инновационным потенциалом, способствующим ускоренному развитию и обладающим мультипликативным эффектом [10].

Последствия данного эффекта, очевидно, должны проявляться в форме поляризованного развития (система «центр – периферия») [11; 12], в т.ч. на примере выявленных кластеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование кластерной дифференциации статистических данных позволяет объективизировать процесс выделения групп муниципальных образований лесостепных и степных регионов Урало-Сибирского сектора России по степени идентичности и однородности экономического развития. В качестве критерия близости муниципальных образований принимается евклидово расстояние – геометрическое расстояние между средними значениями экономических характеристик. Для кластерного анализа использовался метод полных связей (Complete Linkage) – определение максимальной межгрупповой дисперсии [13; 14]. Выделение кластерных группировок проводилось в прикладной программе Statistica.

Для кластерного моделирования экономических процессов лесостепных и степных регионов Урало-Сибирского сектора России использованы четыре показателя, отражающие структурные особенности экономик муниципальных образований, усредненные за 2014-2018 гг.:

- 1) показатели промышленности, отраженные в объеме отгруженных товаров собственного производства, выполнении работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства);
- 2) продукция сельского хозяйства (в фактически действовавших ценах);
- 3) оборот розничной торговли (без субъектов малого предпринимательства);
- 4) инвестиции в основной капитал, осуществляемые организациями, находящимися на территории муниципального образования (без субъектов малого предпринимательства). Все показатели для объективности картины были приведены к относительным значениям и выражены в объеме денежных средств на душу населения (млн. руб./чел.) (табл. 1).

Выбор данных показателей связан как с их апробацией при проведении сходных исследований в отношении степных регионов Европейской части России [15; 16], основанных на опыте ученых из Воронежского государственного университета [13], которые провели подобное моделирование на примере муниципалитетов Центрально-Черноземного района, так и необходимости использовать показатели, наиболее полно без временных разрывов в муниципальной статистике иллюстрирующих

экономическое состояние муниципалитетов. Авторы стремились к единству показателей, в совокупности отражающих состояние муниципальных экономик как во времени, так и в пространстве (с учетом предыдущих исследований [15]). Именно поэтому в состав рассматриваемых регионов не вошла Оренбургская область, кластеризация экономических показателей муниципалитетов которой была выполнена ранее [16]. Разумеется, выбранные показатели достаточно условны

и относительно по отношению к экономическим процессам муниципальных образований [17; 18].

В качестве основания при выборе метода дифференциации муниципалитетов учитывалось, что кластерный анализ позволяет объективно сформировать многомерные группировки, обладающие внутренним единством, несмотря на кажущееся несоответствие и несопоставимость параметров социально-экономического развития [19-21].

Таблица 1. Сравнительные характеристики кластерной дифференциации

Table 1. Comparative characteristics of cluster differentiation

Число кластеров Number of clusters	Межгрупповая дисперсия, σ^2 Inter-group variance, σ^2	Внутригрупповая дисперсия, $\bar{\sigma}^2$ Intra-group variance, $\bar{\sigma}^2$	Разница $\bar{\sigma}^2 - \sigma^2$ Difference $\bar{\sigma}^2 - \sigma^2$	Разница $\bar{\sigma}^2 - \sigma^2$ по переменным Difference $\bar{\sigma}^2 - \sigma^2$ in variables	F-распределение F-distribution
3	107381698	1898491	105483206	-681339 101932733 4271775 -39962	19303
4	107931721	1348532	106583189	-643766 102988269 4282331 -43644	21091
5	108122879	1157315	106965564	-233830 102957729 4284813 -43146	15530
6	108420941	859289	107561652	206181 103109893 4281142 -35564	13821
7	108518556	761717	107756839	309090 103198849 4281679 -32778	12424
8	108577840	702422	107875418	334215 103288661 4279822 -27279	11560
9	108749644	530602	108219042	489945 103471077 4292694 -34674	12871
10	108801430	478804	108322626	468657 103593689 4290929 -30648	13866
11	108834037	446205	108387832	514189 103606081 4293546 -25984	12783
12	108847781	432497	108415284	107875418 103603845 4296691 -26772	11579

Для анализа показателей экономического развития использовались сведения о 246 муниципальных районах Урало-Сибирского сектора лесостепной и степной зон России (рис. 1) (83% от общего числа), для которых имелись все необходимые статистические данные. Городские округа не учитывались, поскольку

наряду с сельской местностью включают городские поселения, опирающиеся в большей степени на тенденции современной глобализации и слабее отражающие специфику ландшафтно-зонального распределения экономических процессов, характерную для системы сельского расселения.

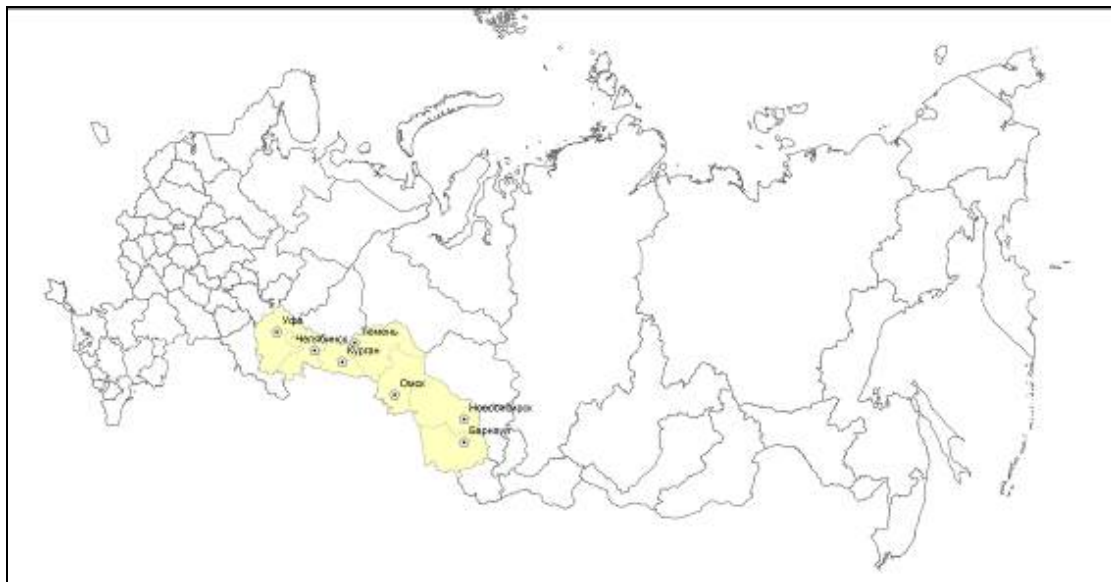


Рисунок 1. Положение Урало-Сибирского степного региона в России

Figure 1. Position of the Ural-Siberian steppe region in Russia

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате кластеризации выделено 8 кластеров (рис. 2; табл. 2, 3) на основе данных об инвестициях, объеме промышленной продукции, объеме сельскохозяйственной продукции и показателя оборота розничной торговли:

- 1-й – включает в себя один крупный нефтедобывающий район (Уватский район Тюменской области),
- 2-й – районы комплексного развития,
- 3-й – промышленные районы,
- 4-й – социальные районы,
- 5-й – аграрные районы,
- 6-й – аграрно-промышленные районы,
- 7-й – депрессивные районы,
- 8-й – высокоразвитые индустриальные районы.

Все районы рассматриваемого Урало-Сибирского региона разбиты на 8 кластеров.

Особенностью единственного района 1 кластера, Уватского, расположенного на севере Тюменской области, является наличие крупных нефтяных месторождений. Именно это объясняет высокие показатели объема промышленной продукции и объема инвестиций на душу населения, которые более чем в 70 раз превышают среднее значение по всем районам. Данный район является крупнейшим по площади из рассматриваемых. Он полностью расположен в таежной зоне, что объясняет его низкие показатели в объеме сельскохозяйственной продукции (почти в 10 раз ниже среднерегионального).

2 кластер – это 7 комплексных районов. В них гармонично развиты рассматриваемые нами сферы экономики. По объемам продукции сельского хозяйства, промышленности, инвестиций и торговли, районы данного кластера в 2 и более раз превышают средние показатели муниципальных районов Урало-Сибирского сектора. Все районы данного кластера расположены в степной и лесостепной зонах Алтайского края и Челябинской области.

Районы 3 кластера – это промышленные районы, которые характеризуются высокими показателями промышленной продукции на душу населения на фоне достаточно высоких средних

значений по инвестициям и торговле и низкими показателями объема сельскохозяйственной продукции. Большинство районов данного кластера сосредоточено в Башкортостане. В разрезе природных зон – преобладание промышленных районов приходится на лесостепную зону.

4 кластер назван социальным, так как на фоне низких показателей как в сельском хозяйстве, так и в промышленности, объем розничной торговли на душу населения сравнительно высок, что может свидетельствовать о высокой доле нетрудоспособного населения, в частности пенсионеров.

5 кластер – аграрный. Здесь на фоне всех показателей объема продукции сельского хозяйства, отмечаются крайне низкие значения объемов промышленного производства и инвестиций. Более 90% таких регионов сосредоточено в лесостепной и степной зонах.

6 кластер – аграрно-промышленный. В нем наряду с высокими показателями сельскохозяйственной продукции, объем промышленной продукции также относительно высок. Районы данного кластера также сосредоточены почти исключительно в степной и лесостепной зонах.

7 кластер – депрессивный – отличается от остальных низким уровнем по всем рассматриваемым показателям. Почти половина районов данного кластера сосредоточена в лесной зоне.

8 кластер – высоко индустриальный. К нему принадлежит 9 районов из Челябинской, Новосибирской областей и республики Башкортостан. Для данных районов характерны крайне низкие показатели объема сельскохозяйственной продукции, в то время как показатели промышленности превышают среднее по всем районам в 4 раза. На фоне этого высоки также показатели инвестиций в данных районах (выше среднего в 2,3 раза).

Факторы ландшафтной дифференциации сказываются на особенностях муниципальных экономик. Широтная зональность – ведущий фактор сельскохозяйственного производства, которое является основой для 40,4% муниципалитетов, выделяемых в качестве аграрных. Высотная поясность, высотно-

генетическая ярусность, аazonальность и литогенная неоднородность сказываются как на особенностях сельского хозяйства, так и на промышленности, поскольку рудные районы приурочены к предгорьям Алтая и Урала. Торговля зависит от транспортной инфраструктуры (речной транспорт приурочен к речным системам, являющимся частью интразональных ландшафтов). Автомобильный и в особенности железнодорожный транспорт меньше всего зависит от особенностей ландшафтов. Розничная торговля, значения которой учитывались нами в исследовании,

напрямую связана с системой расселения, которая в свою очередь зависит от крупных речных систем. Плотность моногородов увеличивается в предгорьях, т.к. специфика их экономики носит горнопромышленный характер.

Система сельского расселения, рассчитанная как плотность сельских поселений на единицу площади, уплотняется в лесостепи и степи, в то время как в лесной зоне сельские поселения расположены более разреженно. Наиболее явно это прослеживается на примере Омской области (табл. 4).

Таблица 2. Экономические характеристики кластерных группировок

Table 2. Economic characteristics of cluster groups

№	Кластер Cluster	Количество районов Number of districts	Объем сельскохозяйственной продукции (млн. руб./ чел.) Volume of agricultural products (million rubles / person)	Объем промышленной продукции (млн. руб. чел.) Industrial production volume (mln rubles people)	Объем розничной торговли (млн. руб./чел.) Retail trade volume (mln rubles / person)	Инвестиции (млн. руб./ чел.) Investments (million rubles / person)	СРП* по сельскохозяйственной продукции DA* for agricultural products	СРП* по промышленной продукции DA* for industrial products	СРП* по розничной торговле DA* for retail	СРП* по инвестициям DA* for investments
1	Крупный нефтедобывающий кластер Large oil production cluster	1	11,20	10150,57	57,40	2097,33	0,11	75,25	2,21	80,51
2	Комплексный кластер Complex cluster	7	283,06	335,14	51,02	57,32	2,75	2,48	1,97	2,20
3	Промышленный кластер Industrial cluster	30	78,99	190,28	32,99	28,81	0,77	1,41	1,27	1,11
4	Социальный кластер Social cluster	42	82,36	80,38	16,67	31,72	0,80	0,60	0,64	1,22
5	Аграрный кластер Agrarian cluster	74	120,30	33,56	10,09	21,33	1,17	0,25	0,39	0,82
6	Аграрно- промышленный кластер Agricultural and industrial cluster	26	176,09	107,61	20,58	20,80	1,71	0,80	0,79	0,80
7	Депрессивный кластер Depressed cluster	58	61,63	28,64	9,45	22,11	0,60	0,21	0,36	0,85
8	Высоко индустриальный кластер Highly industrial cluster	9	59,26	532,91	60,22	30,37	0,58	3,95	2,32	1,17

Примечание: *Среднерайонный показатель (отношение среднекластерного показателя к среднему показателю по всем районам)

Note: *District average (the ratio of the cluster average to the average for all districts)

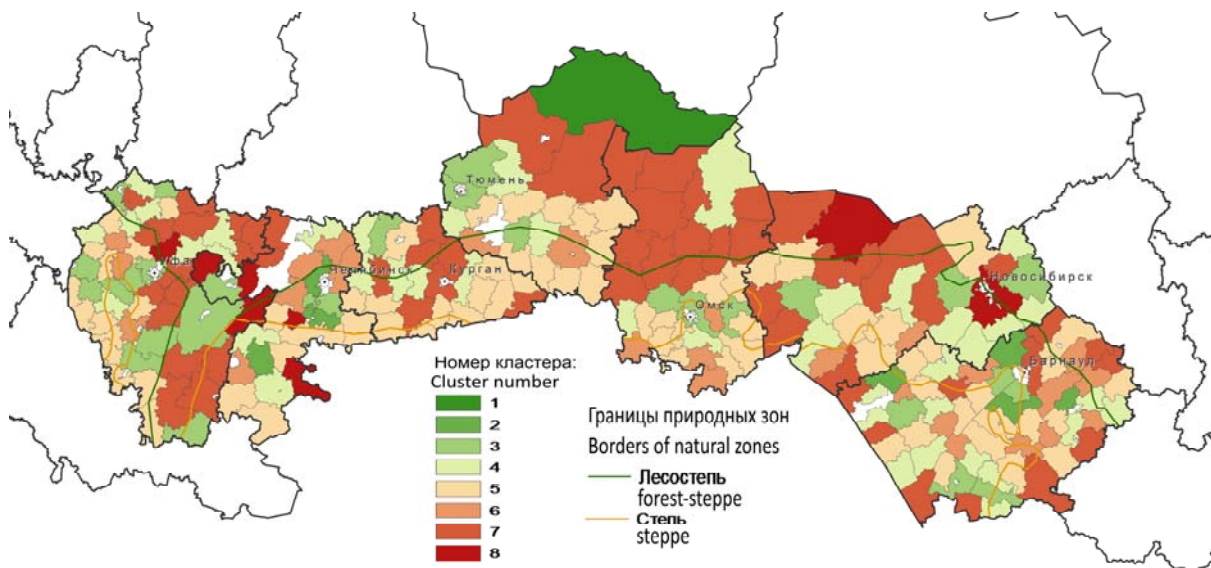


Рисунок 2. Кластеры муниципальных районов Урало-Сибирского сектора лесостепной и степной зон России, выделенные по сходности условий экономического развития

Кластеры: 1 – крупный нефтедобывающий, 2 – комплексный, 3 – промышленный, 4 – социальный, 5 – аграрный, 6 – агро-промышленный, 7 – депрессивный, 8 – высоко индустриальный

Figure 2. Clusters of municipal districts of the Ural-Siberian sector of the forest-steppe and steppe zones of Russia, distinguished by the similarity of the conditions of economic development

Clusters: 1 – large oil producing, 2 – complex, 3 – industrial, 4 – social, 5 – agrarian, 6 – agro-industrial, 7 – depressive, 8 – highly industrial

Таким образом, лесостепь как экотон является наиболее благоприятной для проявления парагенетического фактора, положительно влияющего на отраслевую диверсификацию муниципальных экономик. В этом отношении интересны исследования Е.А. Романовой [22]. Субъекты РФ, входящие в состав Урало-Сибирского степного мезорегиона, разделены ею на три части. Во-первых, регионы со сравнительно высоким показателем социально-экономической обусловленности ландшафтогенеза [22] – Челябинская и Курганская области, Алтайский край и Республика Башкортостан. Во-вторых, регионы с контрастным индикатором социально-экономической обусловленности ландшафтогенеза [22] – Новосибирская и Омская области. Наконец, в Тюменской области, по Романовой, влияние социально-экономических процессов на ландшафтогенез крайне незначительное (индекс менее 10). Если принимать во внимание влияние ландшафтообразующих процессов на выделение кластеров муниципальных образований по социально-экономическим показателям, то в трех субъектах РФ – Тюменской, Омской и Новосибирской области – оно действительно проявляется наиболее ярко. Границы кластерных группировок коррелируют с ландшафтными рубежами. Полевые исследования свидетельствуют о том, что муниципалитеты, относящиеся к депрессивному кластеру, обладают преимущественно заболоченным слабодренированным земельным фондом с большим количеством зарастающих лесом залежей, вымоченных и сухостойных березняков (Крутинский и Называевский районы Омской области, Татарский и Чистоозерный районы Новосибирской области). В этой связи, вполне очевидны перспективы развития рекреационной деятельности, особенно с учетом большой площади водного фонда. Муниципальные районы, располагающиеся в пределах

хорошо дренированных террас рр. Иртыша и Ишима, обладают высокими экономическими показателями и отнесены к соответствующим кластерам. В пределах данных районов морфология ландшафтных геосистем более сглажена и менее поляризована (например, практически отсутствуют водо-лесо-полевые сопряжения геосистем) в результате отсутствия условно-природных ландшафтов, а следовательно, и особо охраняемых природных территорий. В целом, связь между ландшафтным разнообразием и структурой социально-экономическим систем подчеркивалась неоднократно [22; 23].

Практически во всех регионах отчетливо проявляется поляризация сельскохозяйственного производства вблизи крупных городских агломераций, формирование отдельных региональных сельскохозяйственных кластеров с четкой специализацией (рис. 3).

Наибольшие объемы промышленного производства (рис. 4) отмечаются на западе рассматриваемого региона. Среди регионов-лидеров выделяются Челябинская область, республика Башкортостан, муниципалитеты на стыке Новосибирской области и Алтайского края и отдельно Уватский район Тюменской области.

Чаще всего производственными центрами муниципалитетов с высокой долей промышленного производства являются малые и средние города, в которых выделяются отдельные предприятия. Высокий уровень диверсификации производства относительно редок. Важнейшую роль в формировании промышленного потенциала муниципальных экономик играют такие отрасли как металлургия, тяжелое машиностроение, добыча топливных ресурсов, нефтехимия и др.

Таблица 3. Распределение кластеров муниципальных районов лесостепных и степных регионов Урала и Сибири по уровню экономического развития (в границах субъектов федерации) (количество муниципалитетов в кластере, %)
Table 3. Distribution of clusters of municipal areas of the forest-steppe and steppe regions of the Urals and Siberia according to the level of economic development (within the boundaries of the subjects of the federation) (number of municipalities in the cluster, %)

№ п/п	Регион Region	Кластеры Clusters															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	Алтайский край Altai region			4	6,78	5	8,47	12	20,34	17	28,81	10	16,95	11	18,64		
2	Республика Башкортостан Republic of Bashkortostan					11	20,37	8	14,81	14	25,93	3	5,56	16	29,63	2	3,70
3	Курганская область Kurgan region					1	4,17	5	20,83	11	45,83			7	29,17		
4	Новосибирская область Novosibirsk region					3	10	8	26,67	6	20,00	2	6,67	8	26,67	3	10,00
5	Омская область Omsk region					3	9,38	3	9,38	10	31,25	4	12,50	12	37,50		
6	Тюменская область Tyumen region	1	4,76			3	14,29	3	14,29	10	47,62	2	9,52	2	9,52		
7	Челябинская область Chelyabinsk region			3	11,11	4	14,81	3	11,11	6	22,22	5	18,52	2	7,41	4	14,81

Примечание: *Выделены преобладающие кластеры в регионах
 Note: *The dominant clusters in the regions are highlighted

Следует отметить особую роль пищевых производств в развитии экономического потенциала муниципальных образований, например производства сахара (республика Башкортостан), производства муки, круп и макаронных изделий (Челябинская область, Алтайский край).

По объему инвестиционных вложений (рис. 5) лидируют районы с развитой промышленностью и сельским хозяйством, однако уровень поляризации при этом еще более усиливается. Особую роль в

поляризации играет привлечение инвестиций в нефтегазодобывающие, транзитно-транспортные районы, а также районы с крупными промышленными предприятиями.

Абсолютный лидер в данном направлении – нефтедобывающий Уватский район Тюменской области. Далее следуют промышленные локомотивы, расположенные близ крупных административных центров – Уфимский, Новосибирский и Сосновский районы (агломерация Челябинска).

Таблица 4. Зависимость плотности сельских поселений и кластеров от природной зоны на примере муниципальных районов Омской области**Table 4.** Dependence of the density of rural settlements and clusters on the natural zone through the example of municipal districts of the Omsk region

Муниципальный район Омской области Municipal District of Omsk Region	Количество сельских поселений Number of rural settlements	Плотность сельских поселений на 1000 км ² Density of rural settlements per 1000 km ²	Природная зона Natural area	Кластер Cluster
Большеуковский муниципальный район Bolsheukovsky municipal district	9	0,947361	Лесная Forest	7
Тарский муниципальный район Tarsky Municipal District	22	1,404916	Лесная Forest	4
Тевризский муниципальный район Tevrizsky municipal district	14	1,426446	Лесная Forest	7
Усть-Ишимский муниципальный район Ust-Ishimsky municipal district	13	1,648485	Лесная Forest	7
Крутинский муниципальный район Krutinsky municipal district	10	1,747845	Лесная Forest	7
Седельниковский муниципальный район Sedelnikovsky municipal district	11	2,106727	Лесная Forest	7
Знаменский муниципальный район Znamensky municipal district	8	2,191421	Лесная Forest	7
Муромцевский муниципальный район Muromtsevsky municipal district	15	2,251982	Лесная Forest	7
Колосовский муниципальный район Kolosovsky municipal district	11	2,314362	Лесная forest	7
Саргатский муниципальный район Sargatsky municipal district	9	2,412235	Лесостепная Steppe-forest	7
Черлакский муниципальный район Cherlaksy municipal district	11	2,570524	Степная Steppe	5
Тюкалинский муниципальный район Tyukalinsky municipal district	17	2,660557	Лесная Forest	7
Называевский муниципальный район Nazyvaevsky municipal district	16	2,723924	Лесостепная Steppe-forest	7
Оконешниковский муниципальный район Okoneshnikovsky municipal district	9	2,917664	Степная Steppe	5
Большереченский муниципальный район Bolsherechensky municipal district	13	3,000958	Лесная Forest	7
Полтавский муниципальный район Poltavsky municipal district	9	3,210204	Степная Steppe	6
Нижеомский муниципальный район Nizhneomsky municipal district	11	3,279705	Лесостепная Steppe-forest	5
Русско-Полянский муниципальный район Russko-Polyansky municipal district	11	3,312505	Степная Steppe	6
Исилькульский муниципальный район Isilkulsky municipal district	11	3,944632	Лесостепная Steppe-forest	4
Павлоградский муниципальный район Pavlogradsky municipal district	10	4,009173	Степная Steppe	6
Горьковский муниципальный район Gorkovsky municipal district	12	4,012814	Лесостепная Steppe-forest	5
Таврический муниципальный район Tavrishesky municipal district	11	4,020629	Степная Steppe	4
Шербакульский муниципальный район Sherbakulsky municipal district	10	4,306966	Лесостепная Steppe-forest	5
Калачинский муниципальный район Kalachinsky municipal district	13	4,577078	Степная Steppe	3
Одесский муниципальный район Odessky municipal district	9	4,894896	Степная Steppe	5
Нововаршавский муниципальный район Novovarshevsky municipal district	11	4,959387	Степная Steppe	5
Москаленский муниципальный район Moskalensky municipal district	13	5,246128	Лесостепная Steppe-forest	5

Азовский немецкий национальный муниципальный район	8	5,715143	Степная	5
Azov German national municipal district			Steppe	
Кормиловский муниципальный район	11	5,764504	Степная	6
Kormilovsky municipal district			Steppe	
Любинский муниципальный район	19	5,791288	Лесостепная	3
Lyubinsky municipal district			Steppe-forest	
Марьяновский муниципальный район	10	6,053452	Лесостепная	5
Maryanovsky municipal district			Steppe-forest	
Омский муниципальный район	24	6,683896	Степная	3
Omsky municipal district			Steppe	

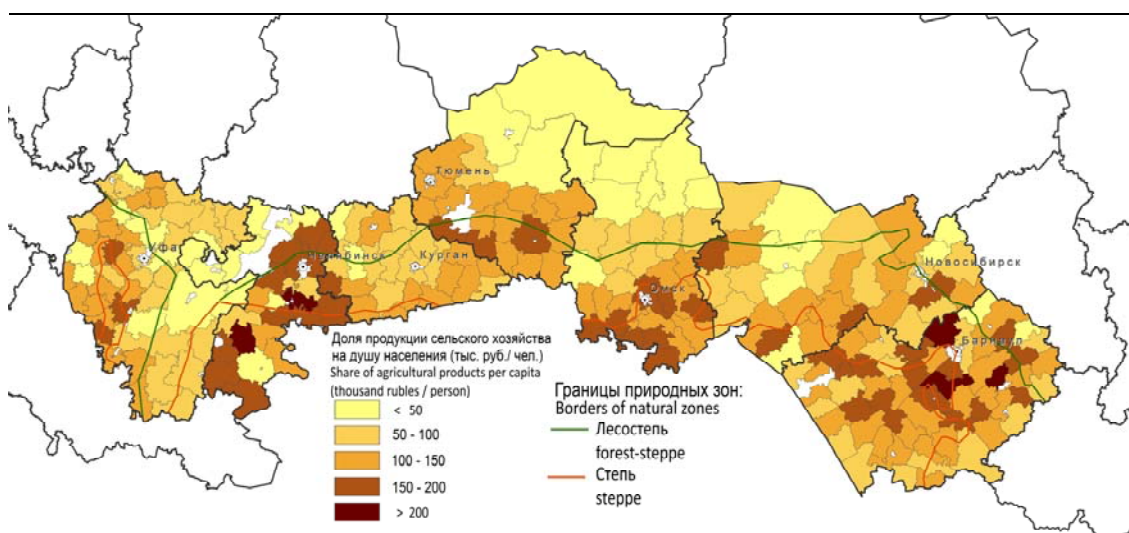


Рисунок 3. Дифференциация муниципальных образований степных регионов Урало-Сибирского сектора России по объемам сельскохозяйственной продукции на душу населения

Figure 3. Differentiation of municipalities in the steppe regions of the Ural-Siberian sector of Russia in terms of agricultural production per capita

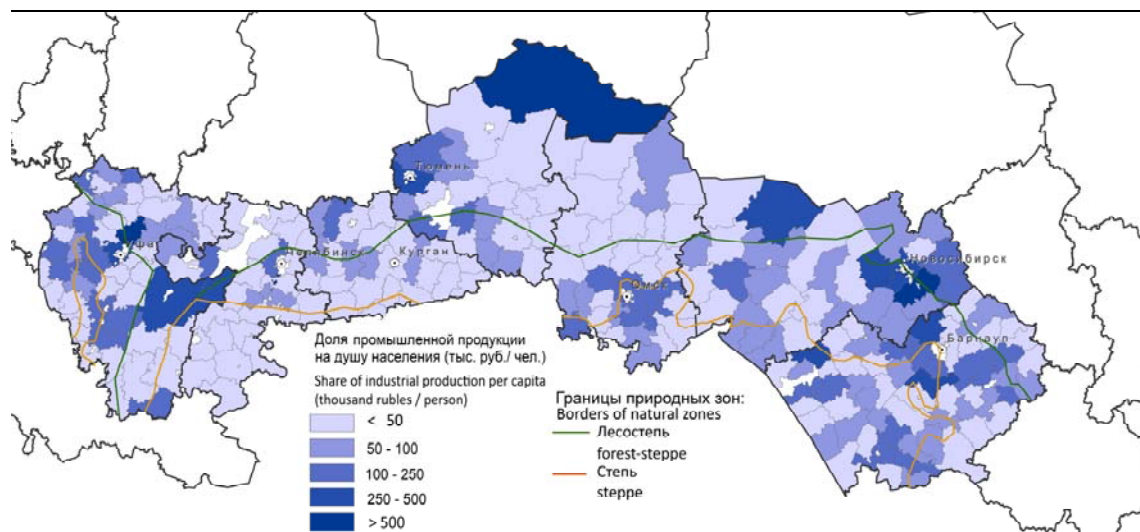


Рисунок 4. Дифференциация муниципальных образований степных регионов Урало-Сибирского сектора России по объему промышленной продукции

Figure 4. Differentiation of municipalities of the steppe regions of the Ural-Siberian sector of Russia according to the volume of industrial production

По показателям оборота розничной торговли среди районов-лидеров особое место занимают как районы, расположенные вблизи региональных столиц – Тюменской, Омской, Челябинской области, так и районы востока Новосибирской области и юго-запада Алтайского края, образуя единое пространство

опережающего развития между Новосибирском и Барнаулом (рис. 6). Кроме того, в республике Башкортостан в первую пятерку лидеров по объему розничной торговли входит сразу 4 района – Туймазинский, Белебеевский, Белорецкий и Уфимский.

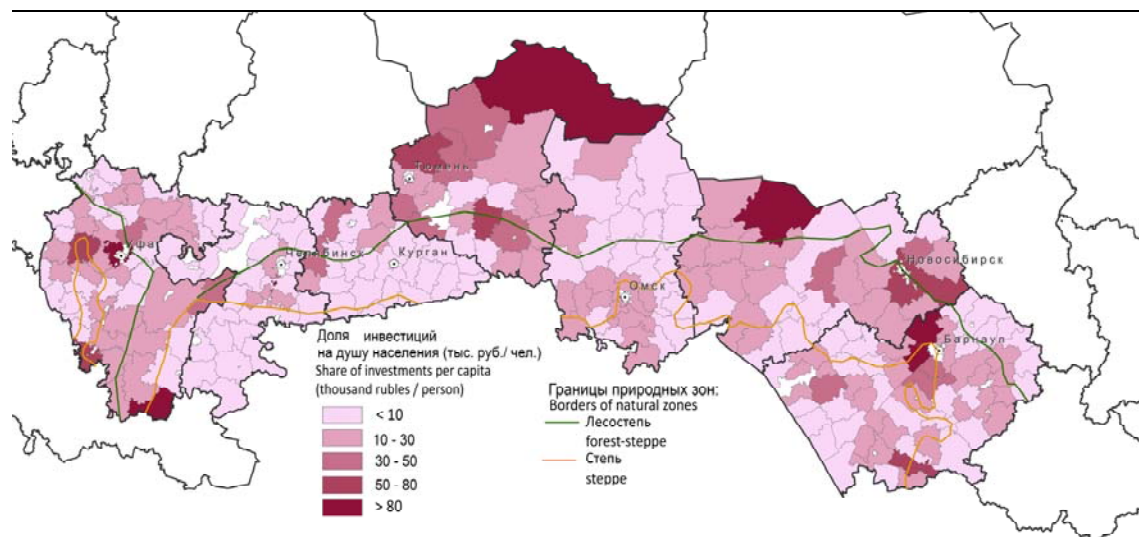


Рисунок 5. Показатели объема инвестиционных вложений в муниципальную экономику степных регионов Урало-Сибирского сектора России

Figure 5. Indicators of the volume of investment in the municipal economy of the steppe regions of the Ural-Siberian sector of Russia

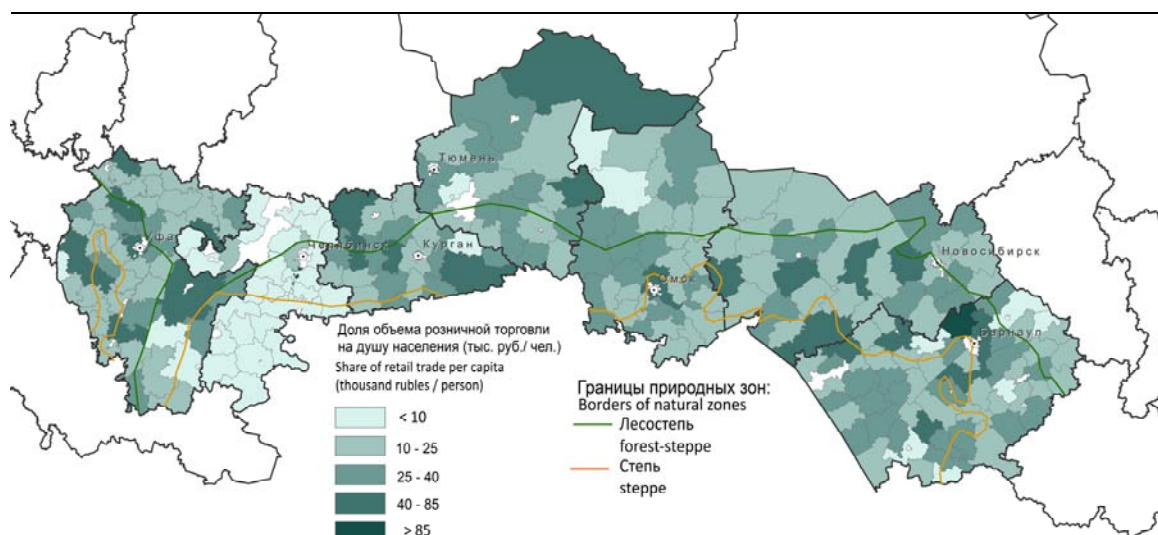


Рисунок 6. Показатели объема розничной торговли в муниципальных образованиях степных регионов Урало-Сибирского сектора России

Figure 6. Indicators of the volume of retail trade in the municipalities of the steppe regions of the Ural-Siberian sector of Russia

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, Урало-Сибирская часть лесостепной и степной зон России является крайне неоднородной, что позволяет выделить следующие закономерности:

- тяготение высокоразвитых промышленных и торгово-логистических районов к административным центрам;
- влияние крупных транспортных магистралей на развитие районов – к Транссибирской магистрали и Чуйскому автомобильному тракту тяготеют более развитые районы;
- в Урало-Сибирском лесостепном и степном мезорегионе более развиты районы, расположенные на восточной и западной окраине, депрессивные районы шире распространены в центральной части;
- несмотря на очевидные различия в экономических масштабах регионов степной зоны Урало-Сибирского сектора степной зоны, анализ

экономических показателей на муниципальном уровне отражает различные пространственные модели построения муниципальных экономик;

- влияние государственной российско-казахстанской границы можно оценить, как неоднозначное;

- соответствие социально-экономических процессов факторам степного ландшафтогенеза подчеркивается поляризацией морфологии геосистем и анизотропией ландшафтного разнообразия.

В районах с крупными трансграничными транспортными магистралями отмечаются достаточно высокие показатели экономического развития в связи с близостью крупных центров республики Казахстан (Костанай, Петропавловск, Кокшетау, Нур-Султан, Павлодар и Семей). Прилегающие же к границе районы Курганской и Тюменской областей относятся к категории депрессивных.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при поддержке гранта РНФ № 20-17-00069 «Географические основы пространственного развития сельскохозяйственных постцелинных регионов Урала и Сибири».

ACKNOWLEDGMENT

The article was prepared with the support of the Russian Science Foundation grant No. 20-17-00069 "Geographic foundations of the spatial development of agricultural post-virgin regions of the Urals and Siberia".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедова И.Д., Добрякова В.А. Пространственно-временной анализ размещения населения и хозяйства Тюменской области // Материалы международной научной конференции в рамках IX ежегодной научной ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов «Современные тенденции пространственного развития и приоритеты общественной географии», Барнаул: Алтайский государственный университет, 2018. С. 247-252.
2. Жидких А.А. Краткий обзор видов территориального устройства Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. N5 (67). С. 82-91.
3. Субботина Л.В., Анисимова Е.В. Современное состояние и тенденции развития экономики Курганской области // Аграрный вестник Урала. 2014. N5 (123). С. 93-97.
4. Янгиров А.В., Мухаметова А.Д., Рабцевич А.А., Токтамышева Ю.С., Ахунув Р.Р. Социально-экономическое районирование территориального развития региона (на примере республики Башкортостан) // Уровень жизни населения регионов России. 2016. N3 (201). С. 167-179.
5. Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Среднеуральский меридиан: поляризация пространства старопромышленных регионов // Известия Русского географического общества. 2020. Т. 152. N5. С. 3-25.
6. Исаченко А.Г. Западная Сибирь как объект историко-географического изучения и описания. Статья I // Известия Русского географического общества. 2014. Т. 146. N1. С. 3-20.
7. Исаченко А.Г. Западная Сибирь как объект историко-географического изучения и описания. Статья II // Известия Русского географического общества. 2014. Т. 146. N3. С. 1-29.
8. Белоцеркович Д.В., Рябцун А.С. Территория опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР) на примере Хабаровского края // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2018. N2. С. 31-36.
9. Папело В.Н., Ковтун Б.А. Формирование территорий опережающего социально-экономического развития // Sciences of Europe. 2016. N8(8). С. 77-83.
10. Бакланов П.Я. Территории опережающего развития: понятие, структура, подходы к выделению // Региональные исследования. 2014. N3. С. 12-19.
11. Иоффе Г.В., Нефедова Т.Г. Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // Проблемы прогнозирования. 2001. N 6. С. 100-110.
12. Трейвиш А.И. Центр, периферия и фасад как дополняющие понятия геостранствования // Социально-

- экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2016. N5. С. 4-15.
13. Крупко А.Э., Фетисов Ю.М., Нестеров Ю.А., Черкашин А.К. Моделирование сбалансированного социально-экономического развития общественных систем (на примере ЦЧР) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. N 1. С. 5-16.
 14. Черкашин А.К. Полисистемное моделирование. Новосибирск: Наука, 2005. 279 с.
 15. Чибилёв А.А., Петрищев В.П., Косых П.А., Левыкин С.В. Показатели социально-экономического развития муниципальных образований степных регионов Европейской России // Известия РГО. 2018. Т. 150. Вып. 5. С. 1-14.
 16. Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Kosykh P.A., Levykin S.V. Cluster-Based Differentiation of the Socioeconomic Development Level for Municipal Units of the Steppe Regions of European Russia // Regional Research of Russia. 2019. V. 9. N2. P. 181-192. DOI: 10.1134/S2079970519020023
 17. Бабуринов В.Л., Горячко М.Д. Стратегическое управление региональным развитием: экономико-географический подход // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2009. N5. С. 53-58.
 18. Гассий В.В., Баттувшин Г., Потравный И.М. Инновационные подходы и технологии в развитии региональной экономики: современная российская практика // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2016. N1(85). С. 130-138.
 19. Нижегородцев Р.М., Архипова М.Ю. Факторы экономического роста российских регионов: регрессионно-кластерный анализ // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2009. N3. С. 94-110.
 20. Feser E., Luger M. Cluster analysis as a mode of inquiry: its use in science and technology policy-making in North Carolina // European planning studies. 2003. N11. P. 11-24. URL: <http://base.consultant.ru> (дата обращения 28.07.2021)
 21. Romesburg C. Cluster Analysis for Researchers. North Carolina: Lulu Press, 2004, 334 p.
 22. Романова Е.А. Социально-экономическая обусловленность современного ландшафтогенеза освоенных территорий. Москва: ИНФРА-М, 2020. 151 с.
 23. Зырянов А.И. Ландшафтные рубежи контрастности и территориальные социально-экономические системы. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1995. 144 с.

REFERENCES

1. Akhmedova I.D., Dobryakova V.A. Prostranstvenno-vremennoy analiz razmeshcheniya naseleniya i khozyaystva Tyumenskoy oblasti [Spatio-temporal analysis of the distribution of the population and economy of the Tyumen region]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii v ramkakh IX ezhegodnoi nauchnoi assamblei Assotsiatsii Rossiiskikh geografov-obshchestvovedov «Sovremennye tendentsii prostranstvennogo razvitiya i prioritety obshchestvennoy geografii»*, Barnaul, 2018 [Materials of an international scientific conference in the framework of the IX annual scientific assembly of the Association of Russian geographers and social scientists "Modern trends in spatial development and priorities of social geography", Barnaul, 2018]. Barnaul, 2018, pp. 247-252. (In Russian)

2. Zhidkikh A.A. A brief overview of the types of territorial structure of the Altai Territory. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2010, no. 5 (67), pp. 82-91. (In Russian)
3. Subbotina L.V., Anisimova E.V. Current state and development trends of the economy of the Kurgan region. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2014, no. 5(123), pp. 93-97. (In Russian)
4. Yangirov A.V., Mukhametova A.D., Rabtsevich A.A., Toktamysheva Yu.S., Akhunov R.R. Socio-economic zoning of the territorial development of the region (on the example of the Republic of Bashkortostan). *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii* [Living standards of the population of the regions of Russia]. 2016, no. 3(201), pp. 167-179. (In Russian)
5. Nefedova T.G., Treyvish A.I. Middle Ural meridian: polarization of the space of old industrial regions. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [News of the Russian Geographical Society]. 2020, vol. 152, no. 5, pp. 3-25. (In Russian)
6. Isachenko A.G. Western Siberia as an object of historical and geographical study and description. Article I. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [News of the Russian Geographical Society]. 2014, vol. 146, no. 1, pp. 3-20. (In Russian)
7. Isachenko A.G. Western Siberia as an object of historical and geographical study and description. Article II. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. [News of the Russian Geographical Society]. 2014, vol. 146, no. 3, pp. 1-29. (In Russian)
8. Belotserkovich D.V., Ryabtun A.S. Territory of advanced socio-economic development (TASED) on the example of the Khabarovsk Territory. *Vestnik Khabarovskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i prava* [Bulletin of the Khabarovsk State University of Economics and Law]. 2018, no. 2, pp. 31-36. (In Russian)
9. Papelo V.N., Kovtun B.A. Formation of territories of advanced socio-economic development. *Sciences of Europe*. 2016, no. 8(8), pp. 77-83. (In Russian)
10. Baklanov P.Ya. Territories of advanced development: concept, structure, approaches to isolation. *Regional'nye issledovaniya* [Regional Studies]. 2014, no. 3, pp. 12-19. (In Russian)
11. Ioffe G.V., Nefedova T.G. Center and periphery in agriculture of Russian regions. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting]. 2001, no. 6, pp. 100-110. (In Russian)
12. Treyvish A.I. Center, periphery and facade as complementary concepts of geosciences. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya. Vestnik Assotsiatsii rossiyskikh geografov-obshchestvovedov* [Socio-economic geography. Bulletin of the Association of Russian Geographers and Social Scientists]. 2016, no. 5, pp. 4-15. (In Russian)
13. Krupko A. E., Fetisov Yu. M., Nesterov Yu. A., Cherkashin A. K. Modeling a balanced socio-economic development of social systems (on the example of the Central Chernozemnyy Region). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Voronezh State University Bulletin. Series. Geography Geoecology]. 2016, no. 1, pp. 5-16. (In Russian)
14. Cherkashin A.K. *Polisistemnoe modelirovanie* [Polysystem modeling]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 279 p. (In Russian)
15. Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Kosykh P.A., Levykin S.V. Indicators of socio-economic development of municipalities in the steppe regions of European Russia. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [News of the Russian Geographical Society]. 2018, vol. 150, iss. 5, pp. 1-14. (In Russian)
16. Chibilev A.A., Petrishchev V.P., Kosykh P.A., Levykin S.V. Cluster-Based Differentiation of the Socioeconomic Development Level for Municipal Units of the Steppe Regions of European Russia. *Regional Research of Russia*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 181-192. DOI: 10.1134/S2079970519020023
17. Baburin V.L., Goryachko M.D. Strategic management of regional development: an economic-geographical approach. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Moscow University Bulletin. Series 5: Geography]. 2009, no. 5, pp. 53-58. (In Russian)
18. Gassiy V.V., Battuvshin G., Potravnyy I.M. Innovative approaches and technologies in the development of the regional economy: modern Russian practice. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova* [Bulletin of the Russian University of Economics. G.V. Plekhanov]. 2016, no. 1(85), pp. 130-138. (In Russian)
19. Nizhegorodtsev R.M., Arkhipova M.Yu. Factors of economic growth of Russian regions: regression-cluster analysis. *Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Vestnik UrFU. Series: Economics and Management]. 2009, no. 3, pp. 94-110. (In Russian)
20. Feser E., Luger M. Cluster analysis as a mode of inquiry: its use in science and technology policy-making in North Carolina. *European planning studies*, 2003, no. 11, pp. 11-24. Available at: <http://base.consultant.ru> (accessed 28.07.2021)
21. Romesburg S. *Cluster Analysis for Researchers*. North Carolina, Lulu Press, 2004, 334 p.
22. Romanova E.A. *Sotsial'no-ekonomicheskaya obuslovlennost' sovremennogo landshaftogeneza osvoennykh territoriy* [Socio-economic conditionality of the modern landscape genesis of developed territories]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020, 151 p. (In Russian)
23. Zyryanov A.I. *Landshaftnye rubezhi kontrastnosti i territorial'nye sotsial'no-ekonomicheskie sistemy* [Landscape boundaries of contrast and territorial socio-economic systems]. Perm', Perm University Publ., 1995, 144 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр А. Чибилев и Вадим П. Петрищев проводили группировку муниципальных образований по объему (масштабу) муниципальных экономик с использованием метода кластерного анализа, выделили и проанализировали депрессивные и перспективные районы. Полина А. Косых провела сбор и анализ

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alexander A. Chibilev and Vadim P. Petrishchev grouped municipalities by volume (scale) of municipal economies using the method of cluster analysis, identified and analyzed depressed and promising areas. Polina A. Kosykh collected and analysed statistical data, mapped the results, and prepared the article. All authors are equally participated in

статистических данных, картографировала результаты, занималась оформлением статьи. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

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

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

Вадим П. Петрищев / Vadim P. Petrishchev <https://orcid.org/0000-0002-7711-8141>

Полина А. Косых / Polina A. Kosykh <https://orcid.org/0000-0002-1884-0396>

Оригинальная статья / Original article
УДК 330.123.6
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-127-135

Социально-экономическая безопасность Воронежской области

Наталия В. Яковенко, Роман В. Тен

Воронежский 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

Яковенко Н.В., Тен Р.В. Социально-экономическая безопасность Воронежской области // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 127-135. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-127-135

Получена 10 июля 2021 г.
Прошла рецензирование 3 сентября 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. На основе разработанной методики дать оценку социально-экономической безопасности муниципалитетов Воронежской области.
Материал и методы исследования. Информационную базу исследования составили официальные данные Федеральной службы государственной статистики. Для измерения социально-экономической безопасности региона использованы следующие методы: сравнение макроэкономических показателей с пороговыми значениями; оценка динамики изменения темпов социально-экономического роста региона; картографический.

Результаты. Результаты проведенных расчетов интегрального индекса социально-экономической безопасности дали возможность выделить 5 групп муниципальных образований, которые имеют ту или иную степень социально-экономической безопасности: высокую; среднюю, ниже среднего, низкую и кризисную. Именно кризисность ряда муниципалитетов указывает на необходимость разработки определенных антикризисных рекомендаций, способствующих эффективному использованию уже имеющегося потенциала и непосредственно развитию внутренних ресурсов муниципалитетов.

Заключение. Проведенная оценка показателей социально-экономической безопасности муниципалитетов региона дает возможность определить «сильные и слабые» стороны региональной социально-экономической системы Воронежской области и разработать стратегические направления по реализации единой стратегической цели – улучшение уровня и качества жизни населения. Авторский подход может быть использован в качестве основы для дальнейшего мониторинга социально-экономической безопасности, который предполагает расширение диапазона анализируемых показателей, а также регулярные расчеты и сравнения.

Ключевые слова

Муниципальные образования, оценка, социально-экономическая безопасность, Воронежская область.

Socio-economic security of the Voronezh region

Nataliya V. Yakovenko and Roman V. Ten

G.F. Morozov Voronezh State University Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

Principal contact

Nataliya V. Yakovenko, Doctor of Geography, Professor, Chief research officer of the division's Directorate of the Research Institute of Innovative Technologies and the Forestry Complex, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov; 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

Yakovenko N.V., Ten R.V. Socio-economic security of the Voronezh region. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 127-135. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-127-135

Received 10 July 2021

Revised 3 September 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. The purpose of the study was to assess the socio-economic security of the municipalities of the Voronezh Region on the basis of a developed methodology.

Material and Methods. The information base of the study was made up of official data of the Federal State Statistics Service. To measure the socio-economic security of the region, the following methods were used: comparison of macroeconomic indicators with threshold values; assessment of the dynamics of changes in the rates of socio-economic growth of the region; cartographic tools.

Results. The results of the calculations of the integral index of socio-economic security made it possible to identify 5 groups of municipalities that have a certain degree of socio-economic security: high; medium, below average, low and crisis. It is the crisis situation of a number of municipalities that indicates the need to develop certain anti-crisis recommendations that contribute to the effective use of existing potential and directly develop the internal resources of municipalities.

Conclusion. The assessment conducted of the indicators of socio-economic security of the municipalities of the region will make it possible to determine the "strengths and weaknesses" of the regional socio-economic system of the Voronezh region and to develop strategic directions for the implementation of a single strategic goal: improving the level and quality of life of the population. The authors' approach can be used as a basis for further monitoring of socio-economic security, which would involve expanding the range of analyzed indicators, as well as conducting regular calculations and comparisons.

Key Words

Municipalities, assessment, socio-economic security, Voronezh Region.

ВВЕДЕНИЕ

Возможности государства по защите социально-экономических интересов личности, предприятия, региона и страны особенно важны для достижения устойчивого развития на национальном и международном уровнях. Сохранение социально-экономической безопасности страны либо региона – сложный и крайне важный процесс. В условиях глобального экономического развития решение задач социально-экономической безопасности является многогранной задачей, которая должна включать не только функцию обеспечения безопасности, но и комплексный подход с учетом общих политических и финансовых возможностей. Актуальность данного исследования определяется необходимостью усовершенствования методики оценки социально-экономической безопасности регионов РФ и их муниципальных образований. Поэтому, изучение и структурирование, дополнение и формирование новых теоретико-методологических подходов к оценке социально-экономической безопасности является ведущей задачей большинства регионоведческих и социально-экономических географических дисциплин. Авторами предлагается комплексная методика, сочетающая многокомпонентный анализ с применением бальной оценки и последующей интервальной оценкой в виде типологии и группировки. Социально-экономическое развитие региона становится возможным при совокупности условий, наличие которых является решающим для результативности развития [1-5].

Свойства региона как комплексного социально-экономического образования обусловили целесообразность выделения как основного объекта исследования в экономической безопасности мезоуровня такого вида безопасности как социально-экономическая. На уровне региона рассмотрение отдельно экономической и социальной безопасности не способно дать достоверные результаты, хотя бы потому, что экономическое развитие региона, которое возможно при условии его экономической безопасности, не является самоцелью, а направлено на повышение уровня и качества жизни населения региона и его комфортности, которые в совокупности формируют социальную безопасность региона. Проблематика социально-экономической безопасности региона актуализировалась через растущее взаимовлияние политических, социальных и экономических процессов в условиях непоследовательности реформирования различных сфер развития государства и его регионов, отсутствия преемственности в решении первоочередных задач регионального управления, активно проводимую бюджетную децентрализацию и передачу ряда полномочий с государственного на местный уровень.

Сегодня отсутствует единство мнений относительно содержания этого понятия. Можно выделить определённые подходы к определению содержания понятия «социально-экономическая безопасность региона»:

- адаптивный: сочетание основных смыслов определений понятий «экономическая безопасность региона» и «социальная безопасность региона»;
- деятельностный: система (комплекс, совокупность) мероприятий по защите региональных

интересов или определенное состояние региональной экономики, для которого присущи определенные черты (устойчивость к внешним и внутренним угрозам, результативность регионального управления, сбалансированность региональных интересов с интересами государства), или который описывается с помощью системы параметров;

- конъюнктурный: совокупность условий, факторов и ресурсов, которые в совокупности образуют потенциал региона, использование которого выступает основой обеспечения социально-экономической безопасности региона; протекционистский: защищенность интересов региона благодаря регуляторным действиям государства и использованию потенциала региона; качественный: способность (способность) региона защищать интересы экономических агентов и обеспечивать социальные стандарты и гарантии населению.

Определения содержания понятия «социально-экономическая безопасность региона» многочисленные, но в них есть и общая черта – акцентирование внимания на отдельных аспектах понятия, что позволяет утверждать об их одностороннем характере. Объединяет все подходы к определению содержания понятия «социально-экономическая безопасность региона» нечеткая выясненность внутренней сущности понятия, отсутствие акцентов на его содержательной нагрузке.

По результатам дескриптивного анализа социально-экономическую безопасность региона можно рассматривать как состояние региона, описываемое определенными параметрами, как условие регионального развития, как характеристику региона. С учетом этого становится понятной множественность подходов к определению содержания понятия «социально-экономическая безопасность региона». Поэтому каждый из предоставленных подходов к раскрытию содержания понятия «социально-экономическая безопасность региона» является правомерным и определяет ориентиры, векторы и характер действий в ее обеспечении, которые уместны и целесообразны в пределах выбранного подхода.

Незавершенность и ограничение имеющегося методического аппарата оценки социально-экономической безопасности региона не позволяют создать надлежащее аналитическое обеспечение мероприятий и программ ее укрепления. В связи с этим в данном исследовании поставлена цель – оценка социально-экономической безопасности муниципальных образований Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой исследования послужили основные подходы социально-экономической безопасности мезоуровня: контекстуальный подход, в рамках которого социально-экономическая безопасность признана условием регионального развития, что представляет собой результат гармоничного сочетания экономических и социальных условий и обеспечивает выполнение социальных гарантий и обязательств государства и комфортность проживания в регионе на основании поддержания региональной властью в пределах имеющейся компетенции активной экономической деятельности

субъектов хозяйствования региона в производстве ими экономических благ; защитный подход, в рамках которого состояние социально-экономической безопасности региона формируется под влиянием реализации различных угроз региональной социально-экономической системе и результатов безопасности деятельности регионального управления. Предлагаемые методические основы оценки социально-экономической безопасности региона предусматривают совместное использование функционального и индикаторного подходов.

При написании исследования были использованы также следующие методы: сравнения; экономико-математический (для обработки первичных показателей оценки социально-экономической безопасности Воронежской области); графический (для наглядного отображения результатов исследования); статистический (отборе показателей для оценки индикаторов социально-экономической безопасности региона), а также картографический (для наглядного отображения уровня социально-экономической безопасности муниципальных образований региона).

Информационной базой для оценки социально-экономической безопасности региона выступил совокупный набор индикаторов, определяемый с учетом принципов объективности, практичности, комплексности, однозначности интерпретации, прозрачности, достоверности.

Выбранные показатели для оценки социально-экономической безопасности региона соответствуют требованиям наследственности, надежности, возможности измерения, согласованности. Важной характеристикой отобранных показателей является

возможность анализа во времени и измерении внутрирегиональной дифференциации.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вопросы социально-экономической безопасности регионов России имеют кардинальное значение не только как составной компонент в пределах сферы распространения национальной безопасности, но и в контексте устойчивого развития страны. Общегосударственный уровень социально-экономической безопасности определяется уровнем региональных систем, а процесс ее обеспечения должен реализовываться на основе учета и соблюдения безопасности территориальных составляющих. Поэтому мониторинг социально-экономической безопасности на региональном уровне даст возможность определить риски и разработать механизмы защиты от того, чтобы внутренние проблемы не повлияли на государственный механизм функционирования изнутри и не нарушили целостность всей социально-экономической системы. Формально социально-экономическую безопасность страны можно представить следующим образом (рис. 1). Важным на информационном этапе алгоритма оценки социально-экономической безопасности региона, результаты которого в решающей мере определяют его оценку, является формирование совокупности индикаторов социально-экономической безопасности региона, по которым осуществляется ее оценивания. От способности совокупности индикаторов охватить все аспекты определенной составляющей социально-экономической безопасности региона зависит, в том числе, достоверность ее промежуточных оценок.



Рисунок 1. Обеспечение социально-экономической безопасности региона

Figure 1. Ensuring the socio-economic security of the region

Производятся расчеты, как интегральной оценки, так и промежуточные расчеты по каждому выделенному блоку. Промежуточная оценка социально-экономической безопасности региона дает возможность выявить составляющие с самыми низкими оценками, то есть выступают основанием обратного анализа, целью которого является выявление причин неудовлетворительного состояния параметров социально-экономической безопасности региона и локализации реализованных угроз социально-экономической системе региона. Низкие промежуточные индикаторы социально-экономической безопасности региона являются непосредственным следствием реализации угроз социально-экономической системе региона, которая и вызвала в ней трансформации негативного характера.

На первом этапе выбираются оценочные показатели безопасности социально-экономической системы муниципальных образований в зависимости от целей и задач, поставленных в исследовании. Выбранные индикаторы оценки составляют три блока показателей – социальный, экономический и финансовый (табл. 1).

При этом необходимо понимать, что отнесение некоторых показателей в ту или иную группу является условным, авторским выбором, так как такие показатели могут равнозначно оценивать как экономическую, так и социальную подсистему общей социально-экономической системы региона [6-8]. К таким показателям можно отнести: ввод в действие жилых домов; плотность автодорог с твердым покрытием; величина средней заработной платы

работников организаций. На первый взгляд все эти показатели являются сугубо экономическими показателями развития экономики региона. Но, с другой стороны, доходы являются основным средством к существованию и благополучию населения; новое, доступное собственное жильё – местом существования населения и создания первичной социальной ячейки общества – семьи; наличие качественных автодорог –

показатель миграционной мобильности населения, а также быстрого доступа к социальным услугам, медицинской помощи, оказанию помощи населению при чрезвычайных ситуациях. Таким образом, данные показатели могут быть использованы, как индикаторы развития социальной системы субъекта изучения, на усмотрение автора.

Таблица 1. Показатели оценки социально-экономической безопасности муниципальных образований Воронежской области

Table 1. Indicators for assessing the socio-economic security of municipalities of the Voronezh Region

Блок оценки Assessment block	Наименование показателя Title of indicator	Вес Weight factor
Социальный Social	Коэффициент рождаемости Birth rate	0,2
	Коэффициент смертности Mortality rate	0,2
	Протяженность автодорог с твердым покрытием на 10000 км ² Extent of paved roads to 10,000 km ²	0,1
	Число больничных коек на 1000 человек населения Number of hospital beds per 1000 people of the population	0,1
	Благоустройство жилого фонда – удельный вес общей площади жилых помещений, оборудованной одновременно всеми видами благоустройства (водопроводом, водоотведением, отоплением, горячим водоснабжением, газом или напольными электроплитами) в % Improvement of the housing stock – the specific weight of the total area of residential premises fully equipped with all types of facilities (water supply, drainage, heating, hot water, gas or floor electric stoves) in %	0,1
	Объём платных услуг на душу населения, тыс. руб. The volume of paid services per capita, thousand roubles.	0,1
Экономический Economic	Ввод в действие жилых домов в м ² на 1000 человек населения Commissioning of residential buildings in square meters per 1000 people of the population	0,1
	Отношение суммы объёма розничной торговли и общественного питания на душу населения, тыс. руб. The ratio of the total volume of retail trade and public catering per capita, thousand roubles	0,1
	Объём инвестиций в основной капитал на душу населения, тыс. руб. The volume of investments in fixed assets per capita, thousand roubles.	0,4
	Величина средней заработной платы работников организаций, рублей The value of the average salary of employees of organizations, thousand roubles	0,2
	Объём сельскохозяйственного производства на душу населения, тыс. руб. The volume of agricultural production per capita, thousand roubles.	0,3
	Доля налоговых и неналоговых доходов в общем объеме доходов местного бюджета, % The share of tax and non-tax revenues in the total volume of local budget revenues, %;	0,5
Финансовый Financial	Среднедушевая бюджетная обеспеченность (расходы местного бюджета в расчете на 1 жителя, тыс. руб.) Average per capita budget security (local budget expenditures per 1 resident, thousand roubles)	0,2
	Удельный вес прибыльных организаций, в % к общему числу, % The share of profitable organizations, in % of the total number, %	0,3

По воздействию на социально-экономическую систему индикаторы могут быть классифицированы как положительно, так и отрицательно влияющие. Когда увеличение какого-либо показателя приводит к ухудшению социально-экономической системы, т.е. рост показателя несет негативные последствия, такие показатели относятся к дестабилизирующим. В данной методике, дестабилизирующим показателем выступает уровень смертности. Рост других показателей положительно влияет, т.е. стимулирует развитие

социально экономической системы. Далее при разработке методики оценки дифференциации развития необходимо учитывать данный факт, и применять различные формулы для их преобразования в интегральные коэффициенты.

В настоящее время существует много популярных и действительно важных социальных и экономических индикаторов, используемых при оценке социально экономического положения региона в целом. Например, фундаментальный экономический

показатель – объём товаров и услуг, отгруженных по различным сферам производства. Такой индикатор действительно важен для оценки дифференциации, но на более высоком уровне – федеральном, так как не во всех муниципальных образованиях области представлена та или иная сфера производства или предприятий таковых менее трех.

В этом случае данные не публикуются в целях безопасности (конфиденциальность первичных статистических данных организаций, в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2007 года № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (ст. 4, п. 5; ст. ст. 9, п. 1) [9].

Так, по обрабатывающему производству, в статистических ежегодниках по Воронежской области не публикуются данные по четырем районам области: Нижнедевицком, Ольховатском, Репьевском и Петропавловском. По производству и распределению электроэнергии, газа и воды данные не публикуются уже по 8 районам области [10-11]. Так же сейчас популярен, показатель объёма инновационных товаров и услуг, но по Воронежской области данный показатель представлен только для пяти муниципальных

образований. Таким образом, нарушается принцип информационной обеспеченности и такие важные показатели, на данный момент, не могут быть использованы при оценке дифференциации устойчивого социально-экономического развития муниципальных образований Воронежской области.

Методика расчета предполагает выполнение нескольких последовательных действий. Для начала, переведем все разноразмерные показатели в единый интегральный вид.

$$X_{ip} = \frac{A_{ip}}{A_{i\text{cp}}}, (1)$$

где:

X_{ip} – интегральный показатель – i, муниципального образования – p;

A_{ip} – абсолютный показатель – i, муниципального образования – p;

$A_{i\text{cp}}$ – среднеобластной показатель – i.

Далее, интегральные показатели преобразуются в баллы с помощью бальной оценки, система которой представлена в таблице 2.

Таблица 2. Система бальной оценки интегральных показателей социально-экономической безопасности муниципальных образований

Table 2. System of score evaluation of integral indicators of socio-economic security of municipalities

Индикатор Indicator	Баллы / Points			
	0	0,5	1,0	1,5
Позитивный Positive	$X_{ip} < 0,5$	$0,5 \leq X_{ip} < 1$	$1 \leq X_{ip} < 1,5$	$X_{ip} \geq 1,5$
Негативный Negative	$X_{ip} \geq 1,5$	$1 \leq X_{ip} < 1,5$	$0,5 \leq X_{ip} < 1$	$X_{ip} < 0,5$

Затем каждому показателю придается весовой коэффициент в зависимости от влияния на безопасность социально-экономической системы муниципальных образований (табл. 1).

Итоговый интегральный показатель социально-экономической безопасности представлен в виде суммы 14 взвешенных интегральных показателей по каждому муниципальному образованию.

$$V_p = \sum_{i=1}^n (k_i * x_{ip}), (2)$$

где:

V_p – итоговый интегральный показатель социально-экономической безопасности муниципального образования – p;

x_{ip} – интегральный показатель – i муниципального образования – p;

k_i – весовой коэффициент показателя – i.

На заключительном этапе, необходимо определить количество кластеров и пороговые значения (интервал группы) интегрального показателя устойчивого развития региона. В нашем случае предлагаем выделить 5 групп муниципалитетов по уровню социально-экономической безопасности: высокий; средний; ниже среднего, низкий и кризисный. Данная методика апробирована на примере Воронежской области, с использованием

статистических данных за 2019 год. Результаты исследования представлены в виде картосхемы (рис. 2).

В первую группу с высоким уровнем социально-экономической безопасности входят муниципалитеты на севере области г. о. г. Воронеж и Рамонский район, в центре – г. о. г. Нововоронеж, Лискинский и Бобровский районы, и на юге – Калачеевский район. Данные муниципальные образования характеризуются показателями вышесреднеобластных по всем статистическим параметрам и являются «локомотивами» социально-экономического развития всей Воронежской области.

8 районов представляют группу со средним уровнем социально-экономической безопасности. Они демонстрируют показатели вышесреднеобластных значений по большинству параметров. Территориально расположены, в основном, в центральной части и непосредственно примыкают к муниципалитетам с благоприятными условиями.

Самой большой группой по числу субъектов (13) является группа с уровнем ниже среднего (нестабильными условиями). Такие районы могут показывать, как хорошие результаты по отдельным направлениям, так и негативные по другим. Обращает на себя внимание их территориальное положение – окраинное на западе, востоке и юге области соответственно.

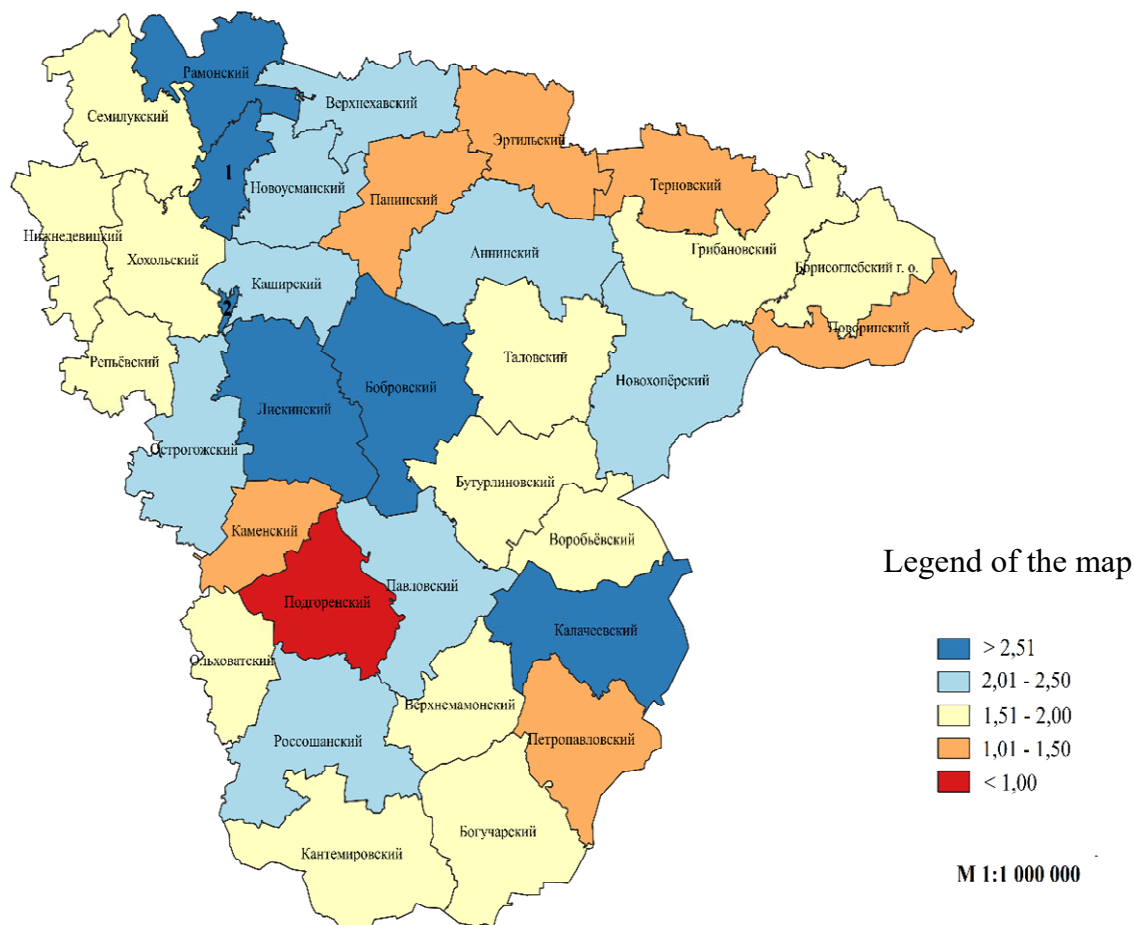


Рисунок 2. Итоговый интегральный показатель социально-экономической безопасности

Figure 2. The final integrated index of social and economic security

Под угрозой социально-экономической безопасности (группа с уровнем ниже среднего) включает 6 районов области: Петропавловский – на юге, Каменский – в центре, Панинский, Эртильский, Терновский – на севере и Поворинский – на востоке. Если в ближайшее время местным и региональным властям не предпринять действий по улучшению социально-экономической обстановки, это увеличит миграционный отток населения из данных территорий в областной центр до критического уровня, что, соответственно, поставит под сомнение само существование данных муниципалитетов.

В 2019 году Подгоренский район показал наихудший результат из всех 34 муниципалитетов практически по всем показателям и как следствие – наихудший интегральный показатель социально-экономической безопасности. Данный район относится к группе с кризисным уровнем социально-экономической безопасности, что обусловлено неразвитостью экономической базы, отсутствием промышленных предприятий, следовательно, и рабочих мест, а также низкой инвестиционной активностью. Озвученные проблемы требуют кардинальных решений руководства области, разработки индивидуальных программ поддержки предпринимателей, малого и среднего бизнеса, для привлечения инвестиций в конкретный район.

Проведенные расчеты по интегральному индексу социально-экономической безопасности показывают, что между муниципалитетами Воронежской области наблюдаются существенные

социально-экономические диспропорции, требующие принятия радикальных мер на уровне региона. Содержательное наполнение регионального развития будет способствовать ликвидации диспропорций муниципальных экономик и развитию стабилизационных процессов в социально-экономической жизни региона.

Региональные диспропорции, как объективный процесс экономического развития, имеют вполне определенные пути решения, проявляющиеся в развитии местного самоуправления, в экономических и социальных параметрах функционирования поселений разного таксономического уровня. Межмуниципальные отношения являются существенным рычагом динамически сбалансированного социально-экономического, научно-технического и культурного развития, как отдельных муниципалитетов, так и региона в целом.

Основой структурной перестройки, определяющим приоритетом для региона должны стать разработка и реализация региональной программы, направленной на развитие инновационной модели социально-экономического развития, утверждения региона как высокотехнологичной территории. Задача должна реализовываться через новую стратегию инновационной политики, внедрение надежной системы ресурсосбережения, малоотходного производства и внедрения инновационных технологий. На это должна быть направлена структурная, бюджетная, финансовая макроэкономическая и региональная политика правительства и других органов

исполнительной власти. Необходимым условием, предшествующим успешному проведению такой политики на всех ступенях, является кардинальная управленческая реформа. Компетенция муниципалитетов охватывает структурные изменения рынков труда, развитие частного сектора и введение зарубежных инвестиций в регион. Ведущими социально-экономическими факторами выступают наличие высококвалифицированных кадров, существование научных центров и образовательных учреждений, что способствует развитию научно-технического прогресса региона. Крепкая и стабильная экономика региона, а соответственно и социально-экономическая безопасность муниципальных образований, должна формироваться на привлечении внутренних ресурсных потенциалов развития муниципалитетов, стимулировании более полного и эффективного использования местных трудовых, интеллектуальных и других ресурсов.

ВЫВОДЫ

Обеспечение социально-экономической безопасности региона возможно за счет функционирования эффективного организационно-экономического механизма, как взаимосвязанной системы экономических отношений в рамках общей экономической системы. Экономические методы управления включают планирование, финансирование, мотивацию, учет и анализ, в то время как организационные включают регулирование, организационное проектирование, методы принятия решений, а также методы постановки проблем и контроля.

Программно-целевое программирование позволяет сформулировать приоритеты региональной социально-экономической политики, определить последовательность и сроки решения выявленных социально-экономических проблем, стабилизировать условия ведения бизнеса, повысить деловую активность предпринимательства, гармонизировать деятельность хозяйствующих субъектов, рационально интегрировать интересы отраслей и отдельных территорий, направленные на развитие всей социально-экономической системы региона и, как следствие, обеспечить приемлемый уровень социально-экономической безопасности.

Оценка индикаторов социально-экономической безопасности региона дала возможность определить следующие закономерности:

- 1) на региональный уровень социально-экономической безопасности оказывают значительное влияние как общероссийские тенденции, происходящие в различных сферах деятельности общества, так и мировые;
- 2) социально-экономическая безопасность в регионе обеспечивается, главным образом, за счет обрабатывающих отраслей;
- 3) у Воронежской области есть потенциал развития, так как она располагает разнообразными природно-ресурсным и промышленным потенциалом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Социально-экономическая безопасность является синтетической категорией, содержащей экономическую и социальную компоненты. Одновременно она является универсальной категорией, которая

применима для всех уровней социально-экономической системы государства. Объектами социально-экономической безопасности выступают государство, регион и субъект хозяйствования (предприятие). Для каждого из этих объектов социально-экономическая безопасность наряду с другими является важным условием их деятельности и развития. Одновременно для каждого объекта социально-экономической безопасности присущи определенные особенности (в оценке и обеспечении), обусловленные характерными чертами объекта. Каждый из этих объектов имеет свои особенности в развитии, соответственно, отличные в них и инструменты оценки. Эти особенности обусловлены характерными чертами объекта социально-экономической безопасности (личность, субъект хозяйствования, город, регион и государство), которые выступают основой создания базы социально-экономической безопасности соответствующего уровня.

Подводя итог вышесказанному, социально-экономическая безопасность Воронежской области подразумевает развитие всех входящих в её состав территориальных единиц. Результаты исследования могут быть использованы в планах и стратегиях развития региона в целом, и каждого муниципального образования в частности, на средне и долгосрочный период. Необходимо учитывать, что территория региона, априори, является неоднородной по социально-экономическому развитию, и добиться «идеальной» однородности – не представляется возможным. Тем не менее, максимально допустимое в данных условиях сглаживание территориальных диспропорций – одна из фундаментальных задач региональной политики и местного самоуправления.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90021.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-07400 mk.

ACKNOWLEDGMENTS

The reported study was funded by RFBR, project number № 19-35-90021 and by RFBR, project number № 19-29-07400 mk.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слюнина В.А. Социально-экономическая безопасность региона в условиях инновационного развития // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2012. N5. URL: <https://ekonomika.snauka.ru/2012/05/763> (дата обращения: 23.06.2021)
2. Швайба Д. Японский опыт обеспечения социальной и экономической безопасности в Системе национальной безопасности Страны // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. N8. С. 107-11. DOI: 10.33619/2414-2948/45/12
3. Gordon D. Socio-Economic Security. In: van der Maesen L.J.G., Walker A. (eds) Social Quality. Palgrave Macmillan, London, 2012. P. 116-148. DOI: 10.1007/978-0-230-36109-6_6
4. Li M. Research on Industrial Security Theory. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, 443 p. DOI: 10.1007/978-3-642-36952-0
5. Voloshenko E.V., Voloshenko K.Yu. Evaluating and measuring the security of Russia's border regions: Theory

and Practice // *Baltic region*. 2018. V. 10. N3. P. 96-118. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-3-6

6. Яковенко Н.В., Комов И.В., Диденко О.В., Дробышев Е.А. Концептуальные аспекты формирования и развития кластеров в социально-экономико-географической системе региона // *Проблемы региональной экологии*. 2015. N 6. С. 61-66.

7. Yakovenko N.V., Komov I.V., Ten R.V. Cluster Approach in Assessing the Level of Socio-Economic Development of the Municipal Districts (Voronezh Region) // *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2019. V. 79. P. 201-203. DOI: 10.2991/iscfec-19.2019.55

8. Yakovenko N.V. Socio-Ecological Well-Being of the Population (the Regions of the Central Federal District are example) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. V. 22. N3. P. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/272/3/032035

9. Закон Воронежской области от 20 декабря 2018 года N 168-ОЗ «О Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года» (в редакции закона Воронежской области от 23.12.2019 N 165-ОЗ). URL:

<http://publication.pravo.gov.ru/File/GetFile/3600201812210007?type=pdf> (дата обращения: 24.03.2021)

10. Воронежский статистический ежегодник. 2019: Стат. сб. Воронеж, 2019. 312 с.

11. Показатели экономического и социального развития городских округов и муниципальных районов Воронежской области 2020: Стат. сб. Воронеж, 2020. 168 с.

REFERENCES

1. Slyunina V.A. [Socio-economic security of the region in the conditions of innovative development]. *Ekonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologii*, 2012, no. 5. (In Russian) Available at:

<https://ekonomika.snauka.ru/2012/05/763> (accessed 23.06.2021)

2. Shvaiba D. Japanese Experience in Ensuring Social and Economic Security in the National Security System of the Country. *Bulletin of Science and Practice*, 2019, vol. 5, no. 8, pp. 107-113. DOI: 10.33619/2414-2948/45/12 (In Russian)

3. Gordon D. Socio-Economic Security. In: van der Maesen L.J.G., Walker A., eds. *Social Quality*. Palgrave Macmillan,

London, 2012, pp. 116-148. DOI: 10.1007/978-0-230-36109-6_6

4. Li M. *Research on Industrial Security Theory*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013, 443 p. DOI: 10.1007/978-3-642-36952-0

5. Voloshenko E.V., Voloshenko K.Yu. Evaluating and measuring the security of Russia's border regions: Theory and Practice. *Baltic region*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 96-118. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-3-6

6. Yakovenko N.V., Komov I.V., Didenko O.V., Drobyshev E.A. Conceptual aspects of cluster formation and development in the socio-economic and geographical system of the region. *Problemy regional'noi ekologii [Problems of regional ecology]*. 2015, no. 6, pp. 61-66. (In Russian)

7. Yakovenko N.V., Komov I.V., Ten R.V. Cluster Approach in Assessing the Level of Socio-Economic Development of the Municipal Districts (Voronezh Region). *Advances in Economics, Business and Management Research*, 2019, vol. 79, pp. 201-203. DOI: 10.2991/iscfec-19.2019.55

8. Yakovenko N.V. Socio-Ecological Well-Being of the Population (the Regions of the Central Federal District are Example). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019 vol. 22, no. 3, pp. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/272/3/032035

9. *Zakon Voronezhskoi oblasti ot 20 dekabrya 2018 goda N 168-OZ «O Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Voronezhskoi oblasti na period do 2035 goda» (v redaktsii zakona Voronezhskoi oblasti ot 23.12.2019 N 165-OZ)* [The Law of the Voronezh Region of December 20, 2018 N 168-OZ «On the Strategy of socio-economic development of the Voronezh Region for the period up to 2035» (as amended by the Law of the Voronezh Region of December 23, 2019 N 165-OZ)]. (In Russian) Available at:

<http://publication.pravo.gov.ru/File/GetFile/3600201812210007?type=pdf> (accessed 24.03.2021)

10. *Voronezhskii statisticheskiy ezhegodnik* [Voronezh Statistical Yearbook]. Voronezh, 2019, 312 p. (In Russian)

11. *Pokazateli ekonomicheskogo i sotsial'nogo razvitiya gorodskikh okrugov i munitsipal'nykh raionov Voronezhskoi oblasti 2020* [Indicators of economic and social development of urban and municipal districts of the Voronezh region 2020]. Voronezh, 2020, 168 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья В. Яковенко разработала концепцию и дизайн исследования, написала первую версию статьи. Несет ответственность за все аспекты работы и гарантирует соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью всех частей работы. Роман В. Тен проводил расчеты по индексу социально-экономической безопасности муниципальных образований, одобрил окончательную версию статьи перед ее подачей для публикации, сформулировал результаты исследования и заключительные выводы. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nataliya V. Yakovenko developed the concept and design of the research, wrote the first version of the article and agreed to be responsible for all aspects of the work and to guarantee appropriate consideration and resolution of issues related to the accuracy and integrity of all parts of the work. Roman V. Ten made calculations on the index of social and economic security of municipalities approved the final version of the article before its submission for publication, formulated research results and final conclusions. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Наталья В. Яковенко / Nataliya V. Yakovenko <https://orcid.org/0000-0003-4203-00400>

Роман В. Тен / Roman V. Ten <https://orcid.org/0000-0001-9550-6167>

Оригинальная статья / Original article
УДК 619:616-006.446:578.42(470.67):546.79
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-136-145

Влияние радиоактивных изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb на объекты внешней среды и их взаимосвязь с лейкозом крупного рогатого скота в экосистемах Республики Дагестан

Аркиф Р. Мустафаев¹, Энвер А. Ивашев²

¹Лаборатория инфекционной патологии сельскохозяйственных животных, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД», Махачкала, Россия

²Отдел радиологии Республиканской ветеринарной лаборатории ГБУ РД, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Аркиф Р. Мустафаев, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инфекционной патологии сельскохозяйственных животных, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал «ФАНЦ РД»; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 88.
Тел. +7 988 630 86 97
Email mustafaev_arkif@mail.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5142-8360>

Формат цитирования

Мустафаев А.Р., Ивашев Э.А. Влияние радиоактивных изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb на объекты внешней среды и их взаимосвязь с лейкозом крупного рогатого скота в экосистемах Республики Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 136-145. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-136-145

Получена 20 января 2021 г.
Прошла рецензирование 8 мая 2021 г.
Принята 21 июня 2021 г.

Резюме

Цель. Провести исследования на содержание радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb и определить общую суммарную β -активность в объектах (пробах) внешней среды, а также исследовать влияние радиоактивных изотопов на распространение лейкоза крупного рогатого скота в Республике Дагестан.

Материалы и методы. Для проведения радиологических исследований были применены пробы (сенаж, трава естественная, силос, комбикорм, молоко и т.д.), полученные из различных пунктов (точек) Республики Дагестан. Методом исследования являлся радиохимический анализ с применением универсального спектрометрического комплекса «Гамма Плюс» и др. По лейкозу крупного рогатого скота были использованы отчетные данные Республиканской ветеринарной лаборатории, дополненные собственными лабораторными исследованиями с 1988 по 2008 гг. Исследования проводились общепризнанными методами по серологии и гематологии.

Результаты. После проведенных исследований было обнаружено высокое содержание радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs в объектах внешней среды в 1986-1987 гг., а также увеличилась активность нуклида ^{210}Pb в экосистеме республики в десятки раз по сравнению с 1985 г. Немаловажный показатель такой как общая суммарная β -активность в республике также возрос в период (с 1986-1988 гг.) после происшествия (аварии) на Чернобыльской атомной электростанции. В 1988 году нами было зафиксировано максимальное количество (32,2%) инфицированных животных вирусом лейкоза крупного рогатого скота, а также в последующие годы увеличивался процент гемо-больных голов в хозяйствах республики.

Выводы. Прослеживается причинно-следственная связь между активностью радионуклидов и снижением иммунного статуса животного, что, возможно, привело к увеличению распространения лейкоза крупного рогатого скота в республике.

Ключевые слова

Радионуклиды ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb , суммарная β -активность, изотопы, вирус лейкоза крупного рогатого скота, инфицированность, экосистема республики Дагестан.

Influence of radioactive isotopes ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb on environmental objects and their relationship with bovine leukemia in ecosystems of the Republic of Dagestan

Arkif R. Mustafayev¹ and Enver A. Ivashev²

¹Laboratory of infectious pathology of farm animals, Caspian zonal research veterinary Institute-branch of FGBNU "FANC RD", Makhachkala, Russia

²Department of radiology, Republican veterinary laboratory of GBU RD, Makhachkala, Russia

Principal contact

Arkif R. Mustafayev, Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Infectious Pathology of Farm Animals, Caspian Zonal Research Veterinary Institute – branch of the Federal Agrarian Centre of the Republic of Dagestan; 88 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79886308697

Email mustafaev_arkif@mail.ru

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-5142-8360>

How to cite this article

Mustafayev A.R., Ivashev E.A. Influence of radioactive isotopes ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb on environmental objects and their relationship with bovine leukemia in ecosystems of the Republic of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 136-145. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-136-145

Received 20 January 2021

Revised 8 May 2021

Accepted 21 June 2021

Abstract

Aim. To conduct studies on the content of radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb and determine the total beta-activity in objects (samples) of the external environment, as well as to investigate the effect of radioactive isotopes on the spread of bovine leukemia in the Republic of Dagestan.

Materials and Methods. Samples (haylage, natural grass, silage, compound feed, milk, etc.) that were obtained from various locations of the Republic of Dagestan were used for radiological research. The method of research was radiochemical analysis using the universal spectrometric complex "Gamma Plus", etc. For bovine leukemia the principal material was the reporting data of the Republican Veterinary Laboratory, supplemented by our own research from 1988 to 2008. The research was carried out by generally recognized methods in serology and hematology.

Results. After the studies were conducted, a high content of radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs was found in environmental objects from 1986-198, and the activity of nuclide ^{210}Pb in the ecosystem of the republic increased tenfold compared to 1985. An important indicator such as the total beta-activity in the republic also increased in the period (from 1986-1988) after the accident at the Chernobyl nuclear power station. In 1988, we recorded the maximum number (32.2%) of infected animals with the bovine leukemia virus and in subsequent years the percentage of hemo-diseased heads of cattle in the farms of the republic increased.

Conclusion. Thus, there is a causal relationship between the activity of radionuclides and the decrease in the immune status of animals, which may lead to the increase in the spread of bovine leukemia in the republic.

Key Words

Radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb , total β -activity, isotopes, bovine leukemia virus, infection rate, ecosystem of the Republic of Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

По данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) самым серьезным случившимся техногенным происшествием на атомной электростанции (АЭС) с точки зрения тяжести последствий (7 уровень) признана авария на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) в 1986 году 20 века. После происшествия на ЧАЭС на определенной территории атмосфера была загрязнена радионуклидами (^{131}I , ^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{103}Ru , ^{132}Te и др.), некоторые из которых в начале накапливались в приземном слое воздуха, а потом попадали в легкие животных и человека. В дальнейшем из атмосферы радионуклиды, такие как ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{131}I , ^{239}Pu , ^{103}Ru и др. оседали как на почву, так и на растения. После поедания травостоя животными радионуклиды накапливаются в их организме, т.е. происходит круговорот радиоактивных веществ. В свою очередь, эти радиоактивные изотопы влияют на различные органы животных и человека, например: ^{131}I дает дозовую нагрузку на щитовидную железу, ^{90}Sr , ^{137}Cs являются химическими аналогами кальция и калия, которые также дают дозовую нагрузку в первом случае на костную ткань, а во втором на мышечную ткань организма. Наиболее радиочувствительными клетками в организме человека и животных являются те клетки, которые интенсивно делятся, например, клетки костного мозга, гонады, лимфатические железы, эпителии слизистой тонкого отдела кишечника, и особенно клетки иммунной системы – лимфоциты [1-4]. При лейкозе крупного рогатого скота поражаются (инфицируются) вирусом лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС) клетки иммунной системы, а именно В-лимфоциты и в меньшей степени моноциты [5]. В меньшей степени действию радионуклидов подвержены высокодифференцированные клетки, такие как нервная, мышечная и костная ткань и т.д.

Республика Дагестан расположена в Прикаспийской низменности в южной части Российской Федерации, которая граничит с такими государствами на суше как Азербайджан и Грузия, а через Каспийское море – с Казахстаном, Туркменией и Ираном. Территория республики по природно-климатическим условиям делится на несколько зон (высокогорная, горная, предгорная и равнинная) с лесными массивами, альпийскими лугами, пастбищами и полями для посева пшеницы, риса, кукурузы и т.д. Погода в республике резко континентальная с температурой летом доходящей до + 40°C, а зимой снижается до – 15-20°C, в сопровождении с высокой влажностью, доходящей до 100%. Все перечисленные климатические условия благоприятно повлияли на отложения радионуклидов на объектах внешней среды после техногенной аварии ЧАЭС, особенно в горной части республики. Длительное воздействие радиоактивных веществ ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb и других изотопов, а также их накопление в органах человека, возможно, привело к увеличению онкологических заболеваний в республике. В предыдущие годы в республике было отмечено увеличение количества заболевших по лейкозу человек [6]. Немаловажной проблемой остается исследование о распространенности вируса лейкоза крупного рогатого

скота в республике т.к. данный вирус в стаде животных приводит от 5% до 15% к клинико-гематологической форме лейкоза крупного рогатого скота. Не до конца изучены причины перехода животного из стадии инфицированного вируса лейкоза крупного рогатого скота в стадию больного лейкозом крупного рогатого скота. Тем не менее, это связано с неблагоприятными условиями для организма животного (плохой корм, возраст, снижение иммунного статуса и т.д.), климатические условия (резкие перепады температуры, влажность и др.), а также не исключается влияние радиоактивных веществ, которые были выше упомянуты [7-9].

Общую суммарную дозу облучения животные получают как из внешнего источника (из почвы), так и из внутреннего (через растения, воду, воздух, кожные покровы), а человек получает еще и через продукцию животного происхождения (мясо, молоко, субпродукты). По данным СанПиН-2.3.2.1078-01 в продуктах питания человека в норме должны содержаться радионуклиды цезия и стронция (^{137}Cs , ^{90}Sr) в следующем количестве: в мясе ^{137}Cs – 160 Бк/кг, ^{90}Sr – 50 Бк/кг, в молоке ^{137}Cs – 100 Бк/кг, ^{90}Sr – 25 Бк/кг, в рыбе свежей или замороженной ^{137}Cs – 130 Бк/кг, ^{90}Sr – 100 Бк/кг, в кости животных ^{137}Cs – 160 Бк/кг, а ^{90}Sr – 200 Бк/кг и т.д. В контрольном уровне содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr в кормах и кормовых добавках не должно превышать цезия – 600 Бк/кг, а стронция – 100 Бк/кг [10].

В последние годы нами также было изучено распространение вируса лейкоза крупного рогатого скота в республике с учетом природно-климатических условий, в зависимости от статуса хозяйства, породы и вида животных. Основным источником распространения вируса лейкоза крупного рогатого скота в республике является инфицированное животное во всех стадиях заболевания лейкозом крупного рогатого скота [11-13].

В свете вышеизложенного, нами была поставлена цель работы: исследование радиоактивности нуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb и общую суммарную β -активность в объектах внешней среды, а также влияние изотопов на распространение лейкоза крупного рогатого скота в Республике Дагестан.

Исходя из цели, нами поставлены следующие задачи:

1. Провести ретроспективный анализ содержания радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs) в объектах внешней среды с 1985 г. по 1990 г. в республике.
2. Изучить радиоактивность свинца ^{210}Pb и суммарную β -активность в объектах внешней среды с 1986 г. по 1988 г. в республике.
3. Исследовать в пробах содержания (активности) радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs , а также суммарной бета активности за последние 3 года (с 2017 по 2019 гг.).
4. Провести ретроспективный анализ данных по эпизоотологии лейкоза крупного рогатого скота в республике с 1988 по 2008 гг.
5. Изучить общую динамику распространения ВЛКРС в республике в пост-период происшествия (техногенная авария) на ЧАЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная работа выполнена в форме ретроспективного анализа данных Республиканской ветеринарной лаборатории (РВЛ) с проведенными собственными исследованиями на содержание радиоактивных элементов в объектах (пробах) внешней среды в республике за прошедшие годы. Нами были проведены собственные серологические и гематологические исследования проб крови животных к вирусу лейкоза крупного рогатого скота в лаборатории инфекционной патологии сельскохозяйственных животных ПЗНИВИ – в филиале «ФАНЦ РД».

Основным материалом для исследования на содержание радиоактивных изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb , а также на определение общей суммарной β -активности оказались пробы (сено естественное, сено сеянное, сенаж, солома, трава естественная, трава сеянная, силос, комбикорм, молоко, мясо крупного рогатого скота (крс), кость крс, килька из Каспийского моря, картофель) по 1 кг, полученные из различных пунктов республики, которые располагаются в различных климатических зонах, территориально относящихся к г. Дербенту, г. Избербашу, г. Кизляру и г. Южному Сухуму.

В лаборатории радиологии РВЛ РД пробы были исследованы на содержание радиоактивных нуклидов методом радиохимического анализа, а также применялись приборы: УМФ-1500, радиометр ДП-100, универсальный спектрометрический комплекс УСК «Гамма Плюс», спектрометр УСК прогресс – 5.

Все исследования на наличие радиоактивных нуклидов в пробах были проведены согласно «Методическим указаниям по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора» (Москва – 1984), а в пробах мясного и молочного происхождения на содержание радионуклида ^{137}Cs – по «Методике определения цезия – 137 и цезия – 134 в молоке, мясе и субпродуктах радиохимическим методом» (Москва – 1987) [14;15].

Диагностические исследования на лейкоз крупного рогатого скота были проведены согласно «Методическим указаниям по диагностике лейкоза крупного рогатого скота» (Москва – 2000), а мониторинг распространения вируса лейкоза крупного рогатого скота по «Методическим рекомендациям по эпизоотологическому исследованию при лейкозе крупного рогатого скота» (2001) [16; 17].

Серологические исследования проб крови животных к вирусу лейкоза крупного рогатого скота проводились с применением реакции иммунодиффузии (РИД), а гематологические исследования с применением камеры Горяева.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате происшествия на ЧАЭС в 1986 году и вследствие цепной реакции осколочного деления тяжелых ядер ^{235}U или ^{239}Pu в атмосферу были выброшены радиоактивные вещества около 200 изотопов. Частью из них являются короткоживущие быстро распадающиеся изотопы ^{90}Mo (3 сут.), ^{132}Te (3,3 сут.), ^{131}I (8 сут.) и т.д., а многие являются долгоживущими радионуклидами ^{90}Sr , ^{137}Cs с периодами полураспада около 30 лет [1; 18]. Так, нами были исследованы радиохимическим методом пробы (сено естественное, сено сеянное, сенаж, солома, трава естественная, трава сеянная, силос, комбикорм,

молоко, мясо крупного рогатого скота (крс), кость (крс) на содержание радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs , полученные в определенных пунктах республики. В таблице 1, 2 приводятся данные по загрязнению радиоактивными изотопами в объектах внешней среды природными и техногенными нуклидами до и после происшествия (взрыва) ЧАЭС с 1985-1990 гг. В течение шести лет картина загрязнения территории республики радиоактивными веществами менялась по-разному. Так, в 1985 году содержание стронция ^{90}Sr в исследуемых объектах варьировалось от 2,7±0,5 пКи/кг,л в молоке до 672±146,6 пКи/кг,л в кости крупного рогатого скота, а в остальных пробах этот показатель не превышал 67,8±10,6 пКи/кг,л. В 1986 году содержание ^{90}Sr в исследуемых объектах резко возросло, высокая активность данного изотопа отмечена практически во всех исследуемых пробах. Так, в молоке увеличение составило – 2,5 раза (7,2±1,2 пКи/кг,л), в мясе крупного рогатого скота увеличилось содержание ^{90}Sr по сравнению с 1985 г. более чем в 10 раз и составило – 703±174 пКи/кг,л, также высокая активность отмечена и в других объектах среды: кость крупного рогатого скота – 718±158, Сено сеянное – 586,7±70 пКи/кг,л, Трава сеянная – 643,5±149 пКи/кг,л, Солома – 320,5±80 пКи/кг,л и т.д. Высокое содержание ^{90}Sr выявлено в пробах в 1987 году, особенно в кости крупного рогатого скота – 1226±79 пКи/кг,л, в соломе 211,0±40,5 пКи/кг,л, а также и в других исследованных объектах внешней среды. В последующие годы (с 1988 по 1990 гг.) эти показатели находились на среднем уровне, кроме кости крупного рогатого скота, где выявлено высокая активности стронция, а именно в 1989 г. – 1325,7±335,6 пКи/кг,л. Возможно, это связано круговоротом радиоактивного вещества ^{90}Sr , которое попало в начале почву, а затем перешло в растения, далее по цепочке накапливалось в костях животных.

Изучая содержание радиоактивного цезия ^{137}Cs в объектах внешней среды, нами было отмечено увеличение данного радионуклида в 1986 и в 1987 гг. по сравнению с 1985 годом. В 1985 году максимальный показатель радиоактивности ^{137}Cs в пробах составлял 27,3±2,2 пКи/кг,л (сено сеянное), а наименьшая активность выявлена в молоке 3,3±1,09 пКи/кг,л. В среднем по всем исследованным пробам, радиоактивность ^{137}Cs была на уровне 10,9±3,1 пКи/кг,л. Однако, после происшествия ЧАЭС в 1986 году показатели радиоактивности цезия ^{137}Cs в объектах (пробах) исследования резко возросли по всей территории Дагестана. Высокий уровень радиоактивного ^{137}Cs выявлен по всем показателям. Так, содержание данного вещества по сравнению с 1985 годом возросло в несколько сотен раз практически во всех объектах (пробах) исследования и составило: сено естественное – 8801±6000 пКи/кг,л, сено сеянное – 7829±3260 пКи/кг,л, трава естественная – 3920±2080 пКи/кг,л, и т.д. Высокий уровень содержания ^{137}Cs отмечен в молоке – 130,7±37,5 пКи/кг,л, в мясе крупного рогатого скота – 837±301 пКи/кг,л, а также в костях крупного рогатого скота – 180,9±26,6 пКи/кг,л. В 1987 году высокий уровень радиоактивности ^{137}Cs наблюдался во всех исследованных пробах. Особенно возросло содержание изотопа ^{137}Cs в молоке – 158±33 пКи/кг,л, в костях крупного рогатого скота – 633±137 пКи/кг,л, в силосе – 758±326 пКи/кг,л, в комбикормах – 1134±306 пКи/кг,л, а по остальным

показателям незначительно снизилось. С 1988 г. по 1990 г. ситуация по радиоактивности цезия ^{137}Cs в объектах (пробах) исследования изменилась. Так, содержания цезия ^{137}Cs резко снизилось, но тем не менее по сравнению с 1985 годом уровень активности

данного изотопа был высоким в десятки раз, особенно по молоку – $27,1 \pm 18,3$ пКи/кг,л (в 1988 г.), $6,9 \pm 0,6$ пКи/кг,л (1990 г.); в мясе крупного рогатого скота – $170,5 \pm 49,5$ пКи/кг,л (в 1989 г.); в кости крупного рогатого скота – $112,8 \pm 12,3$ пКи/кг,л (1990 г.) и т.д.

Таблица 1. Показатели содержания (активности) радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs в экосистемах (биогеоценозах) республики с 1985 по 1987 гг.

Table 1. Indicators of the content (activity) of radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs in ecosystems (biogeocenoses) of the republic from 1985 to 1987

Объекты исследования Research objects	Содержание ^{90}Sr пКи/кг/л Content of ^{90}Sr pKi/kg/l			Содержание ^{137}Cs пКи/кг/л Content of ^{137}Cs pKi/kg/l		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987
Сено естеств. / Natural hay	$67,8 \pm 10,6$	$48,1 \pm 17$	$178,6 \pm 48,3$	$11,7 \pm 2,2$	8801 ± 6000	2881 ± 434
Сено сеянное / Sown hay	$54,9 \pm 5,42$	$586,7 \pm 70$	$140,5 \pm 27,5$	$27,3 \pm 2,2$	7829 ± 3260	2920 ± 856
Сенаж / Haylage	$39,4 \pm 7,7$	$38,0 \pm 9,5$	$132,3 \pm 31,3$	$11,2 \pm 3,5$	2649 ± 1037	778 ± 182
Солома / Straw	$42,2 \pm 2,3$	$320,5 \pm 80$	$211,0 \pm 40,5$	$10,6 \pm 2,9$	3868 ± 568	1322 ± 300
Трава естеств. / Natural Grass	$44,6 \pm 10,7$	$38,2 \pm 71$	$94,5 \pm 16,5$	$7,18 \pm 3,8$	3920 ± 2080	1139 ± 343
Трава сеянная / Sown grass	$37,9 \pm 5,8$	$643,5 \pm 149$	$68,0 \pm 13,7$	$6,4 \pm 2,0$	7114 ± 2108	453 ± 71
Силос / Silo	$42,6 \pm 12,0$	$26,4 \pm 13,2$	$51,2 \pm 23,5$	$25,6 \pm 7,09$	$15,3 \pm 25,2$	758 ± 326
Комбикор / Compound feed	$32,5 \pm 6,8$	$54,2 \pm 16,5$	$51,8 \pm 13,6$	$7,9 \pm 1,7$	$495,8 \pm 94$	1134 ± 306
Молоко / Milk	$2,7 \pm 0,5$	$7,2 \pm 1,2$	$3,9 \pm 0,8$	$3,3 \pm 1,09$	$130,7 \pm 37,5$	158 ± 33
Мясо крс / Cattle meat	$13,3 \pm 4,3$	703 ± 174	$25,8 \pm 7,8$	$10,9 \pm 2,3$	837 ± 301	$253 \pm 59,2$
Кость крс / Cattle bone	$672 \pm 146,6$	718 ± 158	1226 ± 79	$8,9 \pm 1,9$	$180,9 \pm 26,6$	633 ± 137

Таблица 2. Показатели содержания (активности) радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs в экосистемах (биогеоценоза) республики с 1988 по 1990 гг.

Table 2. Indicators of the content (activity) of radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs in ecosystems (biogeocenoses) of the republic from 1988 to 1990

Объекты исследования Research objects	Содержание ^{90}Sr пКи/кг/л Content of ^{90}Sr pKi/kg/l			Содержание ^{137}Cs пКи/кг/л Content of ^{137}Cs pKi/kg/l		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990
Сено естеств. Natural hay	$60,6 \pm 18,1$	$53,8 \pm 31,2$	$126,2 \pm 23,1$	$101,3 \pm 26,5$	$31,1 \pm 13,1$	$128,4 \pm 35,6$
Сено сеянное Sown hay	$57,1 \pm 15,1$	$102,3 \pm 75,3$	$172,8 \pm 42,7$	$364,2 \pm 283,1$	$158,3 \pm 59,1$	$114,6 \pm 31,6$
Сенаж Haylage	$57,3 \pm 24,2$	$58,5 \pm 25,7$	$104,9 \pm 11,9$	$170,1 \pm 139,3$	$35,6 \pm 11,4$	$172,1 \pm 18,9$
Солома Straw	$64,0 \pm 21,4$	$104,3 \pm 66,7$	$118,9 \pm 18,9$	$217,5 \pm 124,1$	$33,2 \pm 12,0$	$159,7 \pm 22,6$
Трава естеств. Natural grass	$57,7 \pm 19,6$	$92,9 \pm 48,2$	$92,4 \pm 11,8$	$535,0 \pm 169,4$	$56,5 \pm 38,1$	$77,6 \pm 9,4$
Трава сеянная Sown grass	$55,9 \pm 16,3$	$23,5 \pm 19,7$	$73,0 \pm 13,2$	$160,8 \pm 66,8$	$13,0 \pm 3,7$	$83,2 \pm 12,4$
Силос Silo	–	–	–	–	–	–
Комбикорм Compound feed	$46,0 \pm 28,0$	$44,8 \pm 33,3$	$45,2 \pm 5,7$	$84,5 \pm 64,2$	$25,5 \pm 23,4$	$85,3 \pm 10,1$
Молоко Milk	$5,9 \pm 4,3$	$3,6 \pm 1,2$	$6,1 \pm 0,6$	$27,1 \pm 18,3$	$4,8 \pm 3,0$	$6,9 \pm 0,6$
Мясо крс Cattle meat	$18,7 \pm 17,1$	$9,5 \pm 4,4$	$9,2 \pm 1,1$	$154,8 \pm 182,5$	$170,5 \pm 49,5$	$99,3 \pm 10,4$
Кость крс Cattle bone	$1003,1 \pm 459,5$	$1325,7 \pm 335,6$	$1135,7 \pm 29,4$	$43,4 \pm 30,1$	$76,5 \pm 50,4$	$112,8 \pm 12,3$

Как видно из таблиц 1 и 2, высокий уровень радиоактивности изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs приходится именно на 1986-1987 гг., когда радиационный фон в республике изменился вследствие техногенного происхождения (взрыва) на ЧАЭС.

В исследованиях радионуклидов и радиационного фона в экосистеме (биогеоценозе) в республике остается немаловажным изучение суммарной бета активности и содержания радиоактивного вещества

свинца ^{210}Pb в объектах (пробах) внешней среды. В 1985 году показатели содержания радиоактивного ^{210}Pb в объектах внешней среды колебались в пределах от $1,0 \pm 0,8$ пКи/кг,л (в мясе крупного рогатого скота), $4,4 \pm 2,8$ пКи/кг,л (в комбикормах) и т.д., до $41,3 \pm 5,3$ пКи/кг,л (в сене сеянном), $42,1 \pm 21,3$ пКи/кг,л (в костях крупного рогатого скота), а с 1986 по 1988 гг., эти показатели увеличились в несколько раз. Особенно высоко возросло содержание радионуклида ^{210}Pb в

пробах растительного покрова земли, а именно в сене сеянном – $147,4 \pm 38,1$ пКи/кг,л (в 1986 г.), $87,3 \pm 18,3$ пКи/кг,л (в 1987 г.), в сенаже – $92,7 \pm 9,7$ пКи/кг,л (в 1986 г.), $69,5 \pm 27,0$ пКи/кг,л (в 1987 г.). Содержание этого изотопа увеличилось и в других исследованных пробах. В тоже время наблюдалось повышение радиоактивности ^{210}Pb в пробах животного происхождения, а именно: в кости крупного рогатого скота – $136,0 \pm 19$ пКи/кг,л (в 1986 г.), $110,0 \pm 21,0$ пКи/кг,л (в 1987 г.), $129,1 \pm 53,3$ пКи/кг,л (в 1988 г.), в мясе крупного рогатого скота – $6,9 \pm 1,3$ пКи/кг,л (в 1986 г.), $4,4 \pm 1,7$ пКи/кг,л (в

1987 г.). В таблице 3 также приведена общая суммарная β -активность в объектах внешней среды, находящихся в экосистеме республики. Так, по нашим данным в различных объектах (пробах) внешней среды суммарная β -активность варьировалась по годам. Высокий уровень β -активности выявлен в соломе – $18,8 \pm 2,6$ нКи/кг,л (в 1986 г.), в костях крупного рогатого скота – $24,6 \pm 2,3$ нКи/кг,л (в 1987 г.) и в сене сеянном – $20,6 \pm 4,8$ нКи/кг,л, а в среднем общие показатели были выше по сравнению с предыдущими годами (табл. 3).

Таблица 3. Показатели содержания (активности) радионуклида ^{210}Pb и суммарной β -активности в экосистеме (биогеоценоза) республики с 1986 по 1988 гг.

Table 3. Indicators of the content (activity) of radionuclide ^{210}Pb and total beta activity in the ecosystem (biogeocenosis) of the republic from 1986 to 1988

Объекты исследования Research objects	Содержание ^{210}Pb пКи/кг/л Content of ^{210}Pb pKi/kg /l			Суммарная β -активность пКи/кг/л Total β -activity pKi/kg /l		
	1986 г.	1987 г.	1988 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Сено естеств. / Natural hay	$41,2 \pm 18,1$	$106,2 \pm 15,0$	$107,0 \pm 17,5$	$14,5 \pm 6,6$	$17,3 \pm 2,8$	$12,5 \pm 4,1$
Сено сеянное / Sown hay	$147,4 \pm 38,1$	$87,3 \pm 18,3$	$47,5 \pm 14,5$	–	$17,2 \pm 2,9$	$20,6 \pm 4,8$
Сенаж / Haylage	$92,7 \pm 9,7$	$69,5 \pm 27,0$	$54,5 \pm 43,5$	$7,5 \pm 1,3$	$7,6 \pm 2,2$	$12,8 \pm 5,7$
Солома / Straw	$71,3 \pm 19,6$	$52,3 \pm 8,2$	$56,6 \pm 19,4$	$18,8 \pm 2,6$	$12,1 \pm 1,1$	$16,9 \pm 4,0$
Трава естеств. / Natural Grass	$54,4 \pm 14,7$	$54,6 \pm 9,3$	$50,2 \pm 13,2$	$8,2 \pm 2,6$	–	$14,1 \pm 4,8$
Трава сеянная / Sown grass	$62,1 \pm 11,7$	$52,7 \pm 8,4$	$58,8 \pm 12,2$	–	$6,9 \pm 0,7$	$12,6 \pm 4,9$
Силос / Silo	$24,2 \pm 2,6$	$79,7 \pm 32,5$	–	$5,6 \pm 4,0$	–	–
Комбикор / Compound feed	$14,2 \pm 3,4$	$14,4 \pm 2,9$	$10,2 \pm 5,1$	$3,1 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,3$	$7,7 \pm 5,1$
Молоко / Milk	$3,9 \pm 1,2$	$3,9 \pm 1,1$	$1,4 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,7$
Мясо крс / Cattle meat	$6,9 \pm 1,3$	$4,4 \pm 1,7$	$3,0 \pm 2,2$	$2,1 \pm 0,3$	$3,4 \pm 2,6$	$2,4 \pm 1,0$
Кость крс / Cattle bone	$136,0 \pm 19$	$110,0 \pm 21,0$	$129,1 \pm 53,3$	–	$24,6 \pm 2,3$	$14,6 \pm 5,1$

За последние годы (2017–2019 гг.) активность радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs объектах (пробах) внешней среды в республике находилась на уровне в 1990 года. Однако наблюдается накопление радиоактивных веществ в пробах животного происхождения, а именно стронция ^{90}Sr в молоке. Так, высокий уровень отмечен в 2017 г. ($8,1 \pm 0,6$ пКи/кг,л), в 2018 г. ($6,3 \pm 0,5$ пКи/кг,л), костях крупного рогатого скота – $1156 \pm 67,0$ пКи/кг,л (в 2017 г.), $1141 \pm 44,6$ пКи/кг,л (в 2018 г.) и чуть в меньшей степени обнаружена в 2019 году ($981 \pm 36,3$ пКи/кг,л) в кильке (Каспийского моря) в 2017 г. ($28,4 \pm 4,96$ пКи/кг,л). В пробах растительного происхождения максимальное содержания ^{90}Sr было выявлено в сене естественном в 2018 г. ($186,3 \pm 20,8$ пКи/кг,л), чуть меньше в 2017 г. ($185,5 \pm 21,9$ пКи/кг,л), а в остальных объектах (пробах) внешней среды активность составила в среднем – $70,5 \pm 15,9$ пКи/кг,л с колебаниями от $8,0 \pm 1,7$ пКи/кг,л в комбикормах в 2018 г. до $141,5 \pm 12,8$ пКи/кг,л в сене сеянном в 2017 г.

За эти годы (с 2017 по 2019 гг.) выявлена радиоактивность ^{137}Cs в пробах растительного происхождения. Так, больше всего выявлено в 2017 г. в сене естественном – $148,5 \pm 16,7$ пКи/кг,л, в соломе – $106,7 \pm 12,4$ пКи/кг,л, в 2018 г. $103,1 \pm 11,7$ пКи/кг,л, а в пробах животного происхождения больше всего активность ^{137}Cs максимально отмечена в кильке (Каспийского моря) в 2017 г. ($47,7 \pm 9,3$ пКи/кг,л). Исходя из таблицы 4 можно увидеть, что общая суммарная β -активность в 2019 году пошел на спад практически во

всех исследованных объектах в экосистеме республики по сравнению с предыдущими годами. Возможно, это связано с тем, что частично произошел распад основных радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs в объектах внешней среды или пошел на снижение активность этих веществ по истечении определенного времени (более 30 лет) после техногенной аварии ЧАЭС.

Лейкоз крупного рогатого скота имеет широкое распространение во всех природно-климатических зонах республики, особенно на равнинной ее плоскости [12]. Как видно из таблицы 5, в проведенных диагностических исследованиях по лейкозу крупного рогатого скота, высокий процент инфицированности вирусом лейкоза крупного рогатого скота отмечен с 1988 по 1993 годы, за это время увеличилось число гематологически больных животных. В 1988 году процент инфицированности ВЛКРС был наибольшим и составил 32,2% (2977), а в 1989 г. 21,3% (6783), в 1990 г. 19,8% (3678), в 1991 г. 23,3% (2006), в 1992 г. 13,2% (1161), а в 1993 г. 23,0% (1186). В тоже время, процент гемо-больных животных в республике колебался в пределах от 2,0% (в 1993 г.) до 13,2% (в 1991 г.), а в 1988 г. этот показатель составил 9,4%. В среднем процент инфицированности вирусом лейкоза крупного рогатого скота в республике с 1988 по 2008 гг. составил – 14,9%, а гемо-больных выявлено всего – 9,5%. Методом серологии в РИД была подвергнута 163961 проба крови крупного рогатого скота, а по гематологии исследовано 28801 голов.

Таблица 4. Показатели содержания (активности) радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs , а также суммарной бета активности в экосистемах (биогеоценоза) республики с 2017 по 2019 гг.
Table 4. Indicators of the content (activity) of radionuclides ^{90}Sr , ^{137}Cs , as well as the total beta activity in the ecosystems (biogeocenosis) of the republic from 2017 to 2019

Объекты исследования Research objects	Содержание ^{90}Sr пКи/кг/л Content of ^{90}Sr pKi/kg/l		Содержание ^{137}Cs пКи/кг/л Content of ^{137}Cs pKi/kg/l		Суммарная β -активность нКи/кг/л Total β -activity nKi/kg/l	
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Сено естеств. Natural hay	185,5±21,9	186,3±20,8	121,1±11,7	148,5±16,7	91,2±7,0	82,9±8,0
Сено сеянное Sown hay	141,5±12,8	140,2±13,0	106,8±12,6	101,1±8,8	103,2±8,5	61,5±8,0
Сенаж / Haylage	99,7±11,7	56,1±6,8	59,2±6,1	71,1±20,7	28,1±2,8	34,4±4,0
Солома / Straw	114,2±10,5	117,4±11,3	78,7±7,6	106,7±12,4	103,1±11,7	42,5±7,0
Трава естественная Natural grass	76,9±9,2	55,9±10,9	62,1±7,8	69,6±8,6	36,9±6,4	42,7±6,2
Трава сеянная Sown grass	46,0±8,2	35,3±2,9	35,6±4,1	33,5±5,9	30,3±4,1	42,2±3,7
Рыба (килька) Каспийского моря Fish (sprats) from Caspian Sea	28,4±4,9	12,9±1,1	6,0±0,7	47,7±9,3	26,8±3,4	41,6±4,0
Картофель / Potatoes	9,2±1,1	8,0±1,7	9,0±1,2	14,2±1,7	12,9±1,9	14,2±1,9
Комбикорм Compound feed	–	32,3±4,1	33,4±3,1	–	30,1±3,3	36,7±3,7
Молоко / Milk	8,1±0,6	6,3±0,5	5,3±0,3	8,5±0,7	6,0±0,4	5,2±0,4
Мясо крс / Cattle meat	7,9±1,0	6,1±0,8	–	15,2±1,5	18,3±1,9	18,4±2,2
Кость крс / Cattle bone	1156±67,0	1141±44,6	981±36,3	–	–	–

Таблица 5. Результаты серологических и гематологических исследований на лейкоз крупного рогатого скота в хозяйствах республики Дагестан с 1988 по 2008 гг.**Table 5.** Results of serological and hematological studies on bovine leukemia in farms of the Republic of Dagestan from 1988 to 2008

Годы Years	Исследовано серологическим методом Investigated by serological method			Исследовано гематологическим методом Investigated by hematological method		
	Всего голов Total goals	(+) в РИД (+) in RID	% инфицированности скота % of livestock infection rate	Пробы крови Blood samples	Выявлен высокий персистентный лейкоцитоз High persistent leukocytosis detected	%
1988	9248	2977	32,2	9451	888	9,4
1989	31823	6783	21,3	9127	1031	11,3
1990	18592	3678	19,8	4657	512	11,0
1991	8613	2006	23,3	1277	168	13,2
1992	8777	1161	13,2	755	26	3,4
1993	5157	1186	23,0	1039	21	2,0
1994	11413	1538	13,5	401	16	4,0
1995	9575	1219	12,7	733	8	1,1
1996	6773	979	14,5	145	—	0
1997	6041	462	7,6	18	—	0
1998	5162	384	7,4	128	—	0
1999	4112	151	3,7	72	—	0
2000	2553	48	1,9	511	—	0
2001	2300	68	3,0	49	—	0
2002	2610	197	7,5	60	13	21,7
2003	2133	23	1,1	20	—	0
2004	3287	60	1,8	72	—	0
2005	3127	758	24,2	286	53	18,5
2006	2658	335	12,6	—	—	—
2007	—	—	—	—	—	—
2008	20007	581	2,9	—	—	—
Всего / Total	163961	24594	14,9	28801	2736	9,5

Как видно из таблицы, исследования проводились выборочно и не в полной мере отражают общую ситуацию по лейкозу на данный период времени (с 1988 по 2008 гг.). Тем не менее, высокий уровень гемобольных и инфицированных вирусом лейкоза крупного рогатого скота животных отмечен и в 2005 г. (24,2%), в 1996 г. (14,5%) и т.д.

Для сравнительного аспекта мы сопоставили данные по радиоактивности ^{90}Sr , ^{137}Cs в республике до техногенной аварии на ЧАЭС (в 1985 г.) и после происшествия (в 1986 г.) с уровнем распространения вируса лейкоза крупного рогатого скота с 1988 годом. Полученные результаты нами отображены на рисунке 1.

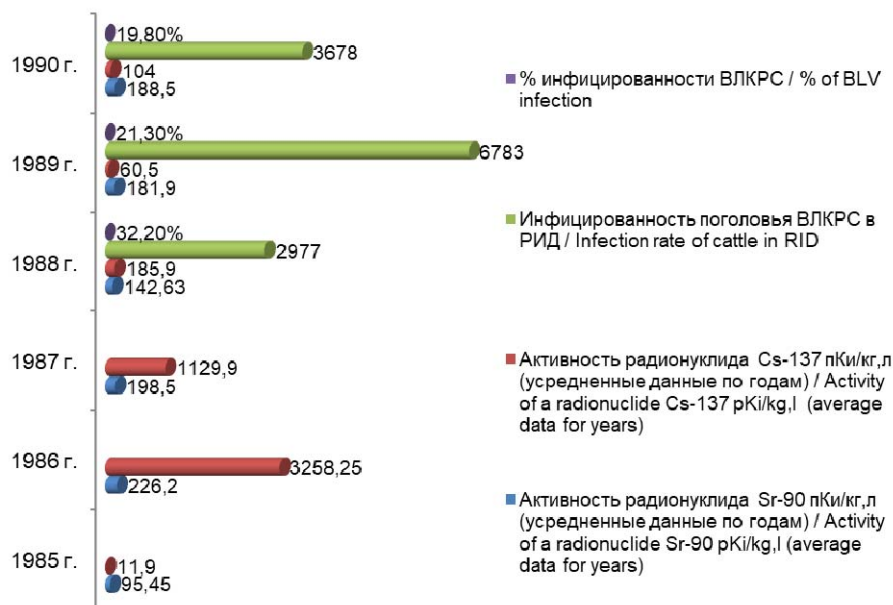


Рисунок 1. Графическое изображение повышенной активности радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs по годам, а также колебание инфицированности вирусом лейкоза крупного рогатого скота (ВЛКРС) в республике
Figure 1. Graphic representation of increased activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs radionuclides by years, as well as fluctuation of bovine leukemia virus (BLV) infection in the republic

Из рисунка 1 видно, что содержание радионуклидов ^{90}Sr , ^{137}Cs в объектах (пробах) внешней среды в республике резко возросло в 1986 и 1987 гг., а в 1988 году уровень радиоактивности снизился. Возможно, влияние радиоизотопов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{131}I и др.) стало причиной снижения иммунного статуса животных, что могло дать толчок к большему распространению вируса лейкоза крупного рогатого скота и увеличению количества гемо-больных среди крупного рогатого скота в последующие годы.

ВЫВОДЫ

В свете вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Высокий уровень радиоактивности изотопов ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb в республике выявлен в исследованных объектах (пробах) после происшествия на ЧАЭС с 1986 и 1987 гг.
2. При кругообороте радионуклидов в экосистеме (биогеоценозе) республики, в начале радиоактивные вещества аккумулировались в почве, а затем через корневую систему попадали в растения и по цепочке переходили и накапливались в организме животных.
3. Сопоставление статистических данных по лейкозу крупного рогатого скота и содержание радиоактивных изотопов в объектах внешней среды в республике выявили причинно-следственную связь с увеличением содержанием радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb и др.) в биогеоценозе в 1986–1987 гг. и высоким процентом (32,2%) распространения ВЛКРС среди животных в 1988 году.
4. По сравнению с 1985 годом суммарная β -активность радионуклидов в объектах внешней среды резко возросла, особенно в пробах животного происхождения.

Таким образом, активность радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb и др.) в объектах внешней среды после происшествия на ЧАЭС в 1986 г. превышала предельно допустимые нормы, что повлияло на экологическую ситуацию в республике.

БИБЛИГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология. Москва: Дрофа, 2005. 367 с.
2. Михайловская Л.Н., Гусева В.П., Рукавишников О.В., Михайловская З.Б. Техногенные радионуклиды в почвах и растениях наземных экосистем в зоне воздействия атомных предприятий // Экология. 2020. N2. С. 110-118. DOI: 10.31857/S0367059720020092
3. Фокин А.Д., Торшин С.П., Бебнева Ю.М., Гаджагаева Р.А., Толдыкина Л.А. Роль растений в пространственной дифференциации состояния ^{137}Cs и ^{90}Sr на агрегатном уровне // Почвоведение. 2016. N4. С. 448-458. DOI: 10.7868/S0032180X16020039
4. Крячюнас В.В., Кузнецова И.А., Котова Е.И., Игловский С.А., Мироненко К.А., Суханов С.Г. Содержание и особенности распределения естественных и техногенных радионуклидов в почвах малого арктического города // Экология человека. 2020. N 5. С. 11-20. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-11-20
5. Gillet N., Florins A., Boxus M. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: prospects for novel anti-retroviral therapies in human // Retrovirology. 2007. V. 4. N18. P. 1-3.

6. Мустафаев А.Р., Салихов Ю.С. К вопросу о распространении лейкоза крупного рогатого скота и злокачественных новообразований человека в республике Дагестан // Горное сельское хозяйство. 2019. N3. С. 149-153. DOI: 10.25691/GSH.2019.3.031
7. Мирзоев Э.Б., Кобялко В.О., Исамов Н.Н., Губина О.А., Фролова Н.А. Клинико-гематологические показатели и общее состояние крыс, получавших гексацианоферрат (II), калия железа (III) в качестве сорбента радионуклидов // Сельскохозяйственная биология. 2015. N2. С. 237-244. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.237rus
8. Mirsky M.L., Olmstead C.A., Da Y., Lewin H.A. The prevalence of proviral bovine leukemia virus in peripheral blood mononuclear cells at two subclinical stages of infection // J. Virol. 1996. V. 70. Iss. 4. P. 2178-2183. DOI: 10.1128/JVI.70.4.2178-2183.1996
9. Мустафаев А.Р., Гулюкин М. И., Гайдарбекова Х.М. Анализ эпизоотической обстановки вируса лейкоза крупного рогатого скота в республике Дагестан // Ветеринария и кормление. 2017. N5. С. 25-27.
10. Данные по СанПиН-2.3.2.1078-01. URL: <https://files.stroyinf.ru/> (дата обращения: 25.12.2020)
11. Мустафаев А.Р., Джамбулатов З.М., Гаджиев Б.М. Изменение степени распространения лейкоза крупного рогатого скота за последние годы в республике Дагестан // Проблемы развития АПК региона. 2020. N3(43). С. 144-149. DOI: 10.15217/issn2079-0996.2020.3.144
12. Мустафаев А.Р., Гулюкин М.И., Салихов Ю.С. Мониторинг по распространению вируса лейкоза крупного рогатого скота в республике Дагестан за 2018 год // Ветеринария и кормление. 2019. N4. С. 18-21. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-4-5
13. Мустафаев А.Р. Сравнительный анализ распространения лейкоза крупного рогатого скота в республике Дагестан // Ветеринарный врач. 2019. N2. С. 25-29. DOI: 10.33632/1998-698X.2019-2-25-30
14. Михайлов Ю.Я. Инструктивно-методические указания по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора. М.: ВИАВ им. Я.Р. Коваленко, 1984. 48 с.
15. Михайлов Ю.Я. Методика определения цезия – 137 и цезия – 134 в молоке, мясе и субпродуктах радиохимическим методом. М.: ВИАВ им. Я.Р. Коваленко, 1987. 30 с.
16. Гулюкин М.И., Симонян Г.А., Замараева Н.В. Методические указания по диагностике лейкоза крупного рогатого скота. М.: ВНИИЭВ, 2000. 22 с.
17. Гулюкин М.И., Смирнов П.Н., Разумовская В.В. Методические рекомендации по эпизоотологическому исследованию при лейкозе крупного рогатого скота. М.: РАСХН. Отд. вет. медицины, 2001. 28 с.
18. Лукина Л.И., Моисеев Д.В., Фролова М.А. Радиоэкологический мониторинг радиационного состояния почв чернойбыльской зоны отчуждения // Электрические установки и технологии. 2016. N1. С. 88-92.

REFERENCES

1. Fokin A.D., Lurie A.A., Torshin S.P. *Sel'skokhozyaistvennaya radiologiya* [Agricultural radiology]. Moscow, Drofa Publ., 2005, 367 p. (In Russian)
2. Mikhailovskaya L.N., Guseva V.P., Rukavishnikova O.V., Mikhailovskaya Z.B. Technogenic radionuclides in soils and plants of terrestrial ecosystems in the zone of impact of

- nuclear enterprises. *Ecology*, 2020, no. 2, pp. 110-118. (In Russian) DOI: 10.31857/S0367059720020092
3. Fokin A.D., Torshin S.P., Bebnova Yu.M., Gadzhiagaeva R.A., Taldykina L.A. The role of plants in the spatial differentiation of the ^{137}Cs and ^{90}Sr state at the aggregate level. *Eurasian Soil Science*, 2016, no. 4, pp. 448-458. (In Russian) DOI: 10.7868/S0032180X16020039
 4. Kryauchinas V.V., Kuznetsova I.A., Kotova E.I., Iglovsky S.A., Mironenko K.A., Sukhanov S.G. Natural and technogenic radionuclide in soils in a small Russian arctic town. *Human ecology*, 2020, no. 5, pp. 11-20. (In Russian) DOI: 10.33396/1728-0869-2020-5-11-20
 5. Gillet N., Florins A., Boxus M. Mechanisms of leukemogenesis induced by bovine leukemia virus: prospects for novel anti-retroviral therapies in human. *Retrovirology*. 2007, vol. 4, no.18, pp. 1-3.
 6. Mustafaev A.R., Salikhov Yu.S. To the question of the spread of the leucosis of cattle and human malignant neoplasm in the Republic of Dagestan. *Mountain agriculture*, 2019, no. 3, pp. 149-153. (In Russian) DOI: 10.25691/GSH. 2019.3.031
 7. Mirzoev E.B., Kobayko V.O., Isamov N.N., Gubina O.A., Frolova N.A. The influence of hexacyanoferrate (II) potassium ferric (III) as a radionuclide sorbent fed at different doses on clinical, hematological and physiological parameters in rats. *Agricultural Biology*, 2015, no. 2, pp. 237-244. (In Russian) DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.237rus
 8. Mirsky M.L., Olmstead C.A., Da Y., Lewin H.A. The prevalence of proviral bovine leukemia virus in peripheral blood mononuclear cells at two subclinical stages of infection. *J. Virol.*, 1996, vol. 70, iss. 4, pp. 2178-2183. DOI: 10.1128/JVI.70.4.2178-2183.1996
 9. Mustafayev A.R., Gulyukin M.I., Gaydarbekova H.M. The analysis of an epizootic situation of a virus of a leukosis of cattle in the Republic of Dagestan. *Veterinariya i kormlenie* [Veterinary science and feeding]. 2017, no. 5, pp. 25-27. (In Russian)
 10. *Dannye po SanPiN-2.3.2.1078-01* [Data on SanPiN-2.3.2.1078-01]. Available at: <https://files.stroyinf.ru/> (accessed 25.12.2020)
 11. Mustafaev A.R., Dzhambulatov Z.M., Gadzhiev B.M. Changes in the degree of spread of bovine leukemia in recent years in the Republic of Dagestan. *Problems of development of the agro-industrial complex of the region*, 2020, no. 3(43), pp. 144-149. (In Russian) DOI: 10.15217/issn 2079-0996.2020.3.144
 12. Mustafayev A.R., Gulyukin M.I., Salikhov Yu.S. Monitoring of the spread of the bovine leukemia virus in the republic of Dagestan in 2018. *Veterinary science and feeding*, 2019, no. 4, pp. 18-20. (In Russian) DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-4-5
 13. Mustafayev A.R. Comparative analysis of the spread of bovine leukemia in the Republic of Dagestan. *Veterinarian*, 2019, no. 2, pp. 25-29. (In Russian) DOI: 10.33632/1998-698X.2019-2-25-30
 14. Mikhailov Yu.Ya. *Instruktivno-metodicheskie ukazaniya po radiokhimicheskim metodam opredeleniya radioaktivnosti v ob"ektakh vetnadzora* [Instructive and methodical instructions on radiochemical methods for determining radioactivity in the objects of veterinary supervision]. Moscow, I.R. Kovalenko RES Publ., 1984, 48 p. (In Russian)
 15. Mikhailov Yu.Ya. *Metodika opredeleniya tseziya – 137 i tseziya – 134 v moloche, myase i subproduktakh radiokhimicheskim metodom* [Method of determination of caesium-137 and caesium-134 in milk, meat and offal by radiochemical method]. Moscow, I.R. Kovalenko RES Publ., 1987, 30 p. (In Russian)
 16. Gulyukin M.I., Simonyan G.A., Zamaraeva N.V. *Metodicheskie ukazaniya po diagnostike leikoza krupnogo rogatogo skota* [Methodical instructions on diagnosis of a leukosis of cattle]. Moscow, VNIIEF Publ., 2000, 22 p. (In Russian)
 17. Gulyukin M.I., Smirnov P.N., Razumovskaya V.V. *Metodicheskie rekomendatsii po epizootologicheskomu issledovaniyu pri leikoze krupnogo rogatogo skota* [Methodical recommendations about an epizootologicheskoy research at a leukosis of cattle]. Moscow, Russian Academy of Agrarian Publ., 2001, 28 p. (In Russian)
 18. Lukina L.I., Moiseev D.V., Frolova M.A. Radioecological monitoring of the radiation state of soils of the Chernobyl exclusion zone. *Elektricheskie ustanovki i tekhnologii* [Electrical installations and technologies]. 2016, no. 1, pp. 88-92. (In Russian)

КРИТЕРИЯ АВТОРСТВА

Аркиф Р. Мустафеев внес вклад в проведение исследований проб крови животных методами серологии и гематологии на лейкоз крупного рогатого скота, а также подготовил и оформил статью.

Энвер А. Ивашев проводил исследования в лаборатории радиологии РВЛ РД с применением метода радиохимического анализа на содержание радиоактивных элементов в исследуемых пробах. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Arkif R. Mustafayev contributed to the research of animal blood samples by serology and hematology methods for bovine leukemia, and also prepared the article. Enver A. Ivashev conducted research in the laboratory of radiology of the RT RVL using the method of radiochemical analysis for the content of radioactive elements in research samples. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Аркиф Р. Мустафеев / Arkif R. Mustafayev <http://orcid.org/0000-0002-5142-8360>

Энвер А. Ивашев / Enver A. Ivashev <https://orcid.org/0000-0002-8146-5533>

Оригинальная статья / Original article
УДК 591.151:636.22/.28.082.13(470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах

Алимсолтан А. Оздемиров¹, Людмила Н. Чинова², Абдусалам А. Хожиков¹,
Евгения С. Суржикова², Антонина К. Михайленко²

¹Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, Махачкала, Россия

²Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Контактное лицо

Алимсолтан А. Оздемиров, ведущий научный сотрудник лаборатории геномных исследований, селекции и племенного дела, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр РД»; 367014 Россия, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, 30.

Тел. +79094806199

Email alim72@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

Формат цитирования

Оздемиров А.А., Чинова Л.Н., Хожиков А.А., Суржикова Е.С., Михайленко А.К. Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, N 4. С. 146-151. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

Получена 24 мая 2021 г.

Прошла рецензирование 19 августа 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Рациональное использование кормовых угодий Северного Кавказа, значительная часть которых располагается в условиях гор, является одной из важных задач в решении проблемы повышения эффективности ведения животноводческой отрасли. Сложность решения, которой заключается в недостаточной изученности механизмов адаптации сельскохозяйственных животных, в частности крупного рогатого скота, к эколого-климатическим особенностям этого региона. Так как гемопозитическая функция крови лежит в основе жизнедеятельности организма, а генетический полиморфизм является мерой его адаптивности, то изучение гематологического профиля и степени генетической изменчивости крупного рогатого скота кавказской бурой породы стало целью настоящих исследований.

Материал и методы. Гематологическими, генетико-статистическими методами анализа изучен гематологический профиль, генетическая структура генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* молочного скота кавказской бурой породы, разводимой в разных эколого-климатических зонах Дагестана.

Заключение. Впервые изучена гемопозитическая функция крови в контексте генетической изменчивости популяций молочного скота кавказской бурой породы, разводимых в условиях предгорья (100-200 м над уровнем моря) и гор (650-1250 м над уровнем моря). Полученная информация дает представление и ответ о роли гематологического профиля, степени генетической изменчивости при формировании приспособительно-компенсаторных механизмов к конкретным условиям среды. Использование гематологических, молекулярно-генетических методов позволяет более глубоко изучить адаптивные характеристики молочного скота кавказской бурой породы для дальнейшего его совершенствования.

Ключевые слова

Адаптация, условия содержания, популяция, гематологический профиль, генетическая изменчивость, молочный скот.

Haematological profile and genetic variation of brown Caucasian dairy cattle in different ecological and geographical zones

Alimsoltan A. Ozdemirov¹, Lyudmila N. Chizhova², Abdusalam A. Khozhokov¹, Evgeniya S. Surzhikova² and Antonina K. Mikhaylenko²

¹Federal Agrarian Scientific Centre of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

²North Caucasus Federal Scientific Agrarian Centre, Mikhaylovsk, Russia

Principal contact

Alimsoltan A. Ozdemirov, Leading Researcher, Laboratory of Genomic Research, Breeding and Breeding, Federal Agrarian Research Centre of the Republic of Dagestan; 30 A. Shakhbanova St, Makhachkala, Russia 367014.

Tel. +79094806199

Email alim72@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>

How to cite this article

Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Mikhaylenko A.K. Haematological profile and genetic variation of brown Caucasian dairy cattle in different ecological and geographical Zones. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 146-151. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-146-151

Received 24 May 2021

Revised 19 August 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. The rational use of North Caucasus forage lands, a large part of which is located in the mountains, is one of the important tasks in addressing the issue of improving the efficiency of cattle breeding. This appears quite challenging, as the mechanisms of adaptation of farm animals, in particular cattle, to the environmental and climatic peculiarities of a certain region have not been sufficiently explored. Since hematopoietic function of blood is the basis of organism's vital functions and genetic polymorphism is the measure of its adaptability, the present study is aimed at examining haematological profile and the degree of genetic variation in the Brown Caucasian cattle.

Materials and Methods. Haematological, genetic and statistical methods of analysis were used to examine the haematological profile and genetic structure of genes *GH*, *PIT-1*, *PRL* in Brown Caucasian dairy cattle, bred in different ecological and climatic zones of Dagestan.

Conclusion. This was the first time that hematopoietic function was studied in the context of genetic variation in Brown Caucasian dairy cattle bred in the foothills (100-200 m above sea level) and mountains (650-1,250 m above sea level). The information obtained gives an idea of and an answer to the question about the role of haematological profile and the degree of genetic variation in the development of adaptive and compensatory mechanisms to specific environmental conditions. The use of haematological, molecular and genetic methods allows the further exploration of the adaptation traits of Brown Caucasian dairy cattle for their further improvement.

Key Words

Adaptation, breeding conditions, population, haematological profile, genetic variation, dairy cattle.

ВВЕДЕНИЕ

Для животноводства Северного Кавказа, значительную территорию которого занимают горы, изучение механизмов адаптации сельскохозяйственных животных имеет особо важное практическое значение.

В условиях гор ультрафиолетовые лучи действуют более интенсивно, что сопровождается высокой ионизацией воздуха, низким содержанием кислорода, резкими колебаниями суточных и годовых температур, пониженным барометрическим давлением. Животные, находясь в таких суровых эколого-климатических условиях, одновременно несут и большую физическую нагрузку, обусловленную передвижением по горным склонам, добыванием корма из-под снега, преодолевая при этом длительные переходы из одной климатической зоны в другую [1].

Рациональное использование богатых кормовых угодий (альпийские луга) предполагает разведение хорошо приспособленных к горным условиям пород, популяций животных, которые бы легко переносили низкое парциальное давление, суровые климатические факторы, сложные условия кормления, содержания.

В горных условиях процесс адаптации животных, по литературным данным ряда авторов сопровождается изменениями функциональной деятельности различных функций и систем, в том числе и гемопоетической, которые направлены на поддержание физиологической нормы, обеспечивающей нормальную жизнедеятельность организма в создавшихся эколого-климатических условиях [2; 3]. Такой системой служит кровь. Весьма разнообразны функции крови. Являясь внутренней средой между организмом и внешней средой, выполняет роль буфера. Под влиянием целого ряда факторов, в том числе и природно-климатических, и происходящих в организме, кровь является одним из чувствительных показателей изменений при общей тенденции к сохранению постоянства морфологического состава [4].

Одним из основных факторов, играющих важную роль в жизнедеятельности организма в условиях гор, является обеспечение и насыщением кислородом, что сопровождается в циркулирующей крови увеличением объема, повышение в ней концентрации гемоглобина. Это, в первую очередь, способствует возрастанию его удельного веса в организме и для снабжения дополнительным количеством кислорода органов и тканей, в свою очередь, ослабляя тем самым недостаток кислорода, то есть отрицательное действие парциального давления [3; 5].

В последнее время большое внимание уделяется методам молекулярной генетики,

позволяющим изучать, выявлять, оценивать адаптационно-компенсаторные механизмы, обеспечивающие разведения животных в разных эколого-географических зонах. То есть, выявлять тот спектр адаптационных преобразований, который обеспечивает жизнедеятельность организма в создавшихся условиях обитания [6].

Значительная роль в процессе адаптации отводится генетическому полиморфизму, который является мерой генетической изменчивости, обеспечивая организму ту пластичность, которая необходима для выживания в создавшихся условиях [7; 8].

Молекулярно-генетические методы дают возможность выявить особо ценные генотипы, хорошо адаптированные к существующим условиям содержания для широко использования их в практической селекции [9; 10].

Вышеизложенное послужило целью изучения гематологического профиля, генетической изменчивости кавказского бурого скота, разводимого в разных эколого-климатических зонах Дагестана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская работа проводилась на кавказской бурой породе (коровы, $n=70$) молочного направления продуктивности, разводимого в разных эколого-климатических зонах Дагестана: предгорье – высота от 100 до 250 м над уровнем моря, горы – 650-1250 м над уровнем моря. Биоматериалом для определения гематологического профиля и выделения ДНК являлась цельная кровь. При использовании коммерческого набора реагентов «DIAtomtm DNA Prep 100» (ISOGENELAB, Москва) проводилась выделение ДНК, выход которой составил 3-5 мкг/100 мкл с OD 260/280 от 1,6 до 2,0. Для проведения методов ПЦР использовались специализированные коммерческие наборы «GenePak PCR Core», (ISOGENELAB, Москва) [11].

Генотипирование исследуемых популяций кавказской бурой породы для изучения полиморфизма генов соматотропина (GH), гипофизарного фактора транскрипции (PIT-1), пролактина (PRL) проведено методом полимеразно-цепной реакции – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) на программируемом четырехканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) [12; 13]. Постановка полимеразно-цепной реакции (ПЦР) осуществлялась с использованием синтезируемых специфических праймеров (табл. 1) [14].

Таблица 1. Индивидуальные характеристики условий ПЦР-ПДРФ

Table 1. Specifications for PCR-RFLP conditions

Нуклеотидные последовательности Nucleotide Sequences	T° C, отжига T° C, annealing	Амплификат, (п.н.) Amplification, (p.n.)	Эндонуклеаза Endonuclease	Замена нуклеотида Nucleotide replacement	Генотип Genotypes
<i>GH</i>					
<i>F: 5'-gct-gct-cct-gag-cct-tcg -3'</i> <i>R: 5'-gcggcggcacttcacgaccc-3'</i>	65	223	<i>AluI</i>	C→A	VV/ VL/ LL
<i>PIT-1</i>					
<i>F: 5'- caatgagaaagttggtgc -3'</i> <i>R: 5'-tctgcattcgagatgctc -3'</i>	55	660	<i>HinfI</i>	A→G	AA/ AB/ BB
<i>PRL</i>					
<i>F: 5'-cgagtccttatgagcttgattctt-3'</i> <i>R: 5'-gccttcacagaagtcgtgtgttttc -3'</i>	63	156	<i>RsaI</i>	A→G	AA/AB/BB

Методом горизонтального гель-электрофореза при УФ-свете определялось число и длина фрагментов рестрикции с использованием эндонуклеаз в агарозном геле разной концентрации от 1,8 до 2,5% после окрашивания этидием бромистым. Использовался стандартный коммерческий набор M50 «GenePakDNAMarkers» (ISOGENELAB, Москва) в качестве маркера молекулярных масс [11].

Морфологический состав крови определялся использованием общепринятых гематологических методов анализа и специальных расчетов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительный анализ морфологического состава крови исследуемого поголовья крупного рогатого скота

свидетельствуют о том, что периферическая кровь популяции, содержащейся в условиях гор, была более насыщена эритроцитами, лейкоцитами, гемоглобином, по сравнению с животными, находящимися в предгорье. Так, в периферической крови животных, разводимых и содержащихся в условиях гор, было на 7,7% больше содержание количества эритроцитов, на 11,8% с более высоким объемом одного эритроцита, содержания в нем гемоглобина с превосходством на 12,5%, что и обусловило большую его концентрацию в крови на 12,3%, по сравнению с аналогами популяции из разводимой в предгорье (табл. 2).

Таблица 2. Морфологическая картина и качественный состав крови кавказского бурого скота в разных условиях содержания

Table 2. Morphological pattern and blood quality composition of Brown Caucasian cattle under different breeding conditions

Условия содержания Holding conditions	Форменные элементы крови Formed elements of blood				Гемоглобин Haemoglobin	
	Эритроциты Erythrocytes			Уровень, г/л Level g/l	Количество в одном эритроците, Пг Quantity in one red blood cell	Концентрация, % Concentration, %
	Количество, $10^{12/l}$ Quantity, $10^{12/l}$	Объем одного эритроцита, мкм ² volume of a single red blood cell mkm ²	Лейкоциты, $10^9/l$ Leukocytes, $10^9/l$			
Предгорье Foothills	8,7±0,19	32,8±0,40	6,12±0,24	104,80±1,77	11,9±0,31	30,6±0,31
Горы Mountain	9,1±0,21	37,2±0,31	6,57±0,41	118,16±1,94	13,6±0,29	34,9±0,43

Выявленная закономерность, вероятно, обусловлена тем, что у животных в горных условиях в процессе адаптации происходят изменения функциональной деятельности различных систем, в том числе и кровообращения, которые направлены на поддержание постоянства порционного давления, уровня кислорода в крови, что обеспечивает им возможность существования в этих условиях.

При сопоставлении гематологического профиля исследуемых популяций с генетической структурой генов, контролирующих молочную продуктивность, более ярко выявленная закономерность проявилась.

Генотипированием установлено, что полиморфизм генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* исследуемых популяций, представлен двумя аллелями: ген *GH* – *GH^V* и *GH^L*; ген *PIT-1* – *PIT-1^A* и *PIT-1^B*; ген *PRL* – *PRL^A* и *PRL^B*; тремя генотипами: *GH^{VV}*, *GH^{LL}*, *GH^{LV}*; *PIT-1^{AA}*, *PIT-1^{BB}*, *PIT-1^{AB}*; *PRL^{AA}*, *PRL^{BB}*, *PRL^{AB}*, соответственно, с разной частотой встречаемости.

Сравнительный анализ гематологического профиля и констант, характеризующих генетическую структуру изученных генов в исследуемых популяциях, свидетельствует о неоднозначности величины сравниваемых показателей, зависящей как от среды обитания животных, так и от гена (табл. 3).

Сравнительным анализом установлено, что средняя степень гомозиготности (*Ca*, %) изучаемых

генов *GH*, *PIT-1*, *PRL* в популяции коров, содержащихся в условиях предгорья, была значительно выше (на 7,8%), по сравнению с популяцией, находящейся в горах, составив, в среднем, 71,9% – в предгорье, 66,9% – в горах ($P < 0,01$). При этом показатель уровня полиморфности, то есть число эффективно действующих аллелей (*Na*), в популяции, находящейся в горах был выше (на 10,8%), чем в популяции в предгорье ($P < 0,01$). Выявленная закономерность нашла отражение в степени генетической изменчивости (*V*, %), уровень которой оказался достаточно высоким в популяции, содержащейся в условиях гор и составил – 31,2%, против 23,0% – в условиях предгорья, с разницей в 35,6% ($P < 0,001$).

О недостатке гетерозигот в обеих популяциях свидетельствует тест гетерозиготности (ТГ).

Исследуемые популяции по локусам изучаемых генов находились в генетическом равновесии, так как фактическое распределение генотипов соответствует теоретически ожидаемому ($\chi^2 = 0,62-21,6$).

Таким образом, экологические нагрузки отражаются как на состоянии системы крови – её гемопоэтической функции, так и на генетической структуре генов, контролирующих молочную продуктивность.

Таблица 3. Генетическая структура кавказского бурого скота в разных условиях содержания**Table 3.** Genetic structure of Brown Caucasian cattle under different breeding conditions

Условия содержания Conditions of holding	Ген Gene	Показатель / Indicator					
		Ca, %	Na	V, %	Hobs	Hex	ТГ
Предгорье Foothills	GH	68,0	1,47	27,0	0	0,470	-0,47 Ф<Т
	PIT-1	70,5	1,42	24,5	0,538	0,870	+0,12 Ф>Т
	PRL	77,4	1,29	17,6	0,176	0,290	-0,11 Ф<Т
	Среднее Average	71,9	1,39	23,0	0,238	0,543	+0,12 Ф>Т -0,29 Ф<Т
Горы Mountain	GH	55,8	1,79	42,2	0,163	0,722	-0,56 Ф<Т
	PIT-1	82,0	1,22	16,0	0,190	0,620	-0,03 Ф<Т
	PRL	62,5	1,60	35,5	0,724	0,599	+0,13 Ф>Т
	Среднее Average	66,7	1,54	31,2	0,359	0,647	+0,13 Ф>Т -0,29 Ф<Т

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования, их анализ позволяют заключить, что информация о гематологическом профиле, о степени генетической изменчивости популяций особо важны для составления представления и получения ответа в изменяющихся условиях среды обитания особенностей формирования приспособительно-компенсаторных механизмов.

Исследования, проводимые на основании гематологического анализа, молекулярной генетики, позволяют более глубоко изучить адаптивные характеристики молочного скота кавказской бурой породы с целью дальнейшего его совершенствования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алимов Н.И., Павлов А.Ю., Попович В.И. и др. Клетки крови как индикатор токсического действия отравляющих веществ. М., 2003. 205 с.
- Барнаш Е.Н. Гематологический профиль каракаевских овец в онтогенезе в условиях высокогорья // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства 2010. Т. 3. N 1. С. 1-2.
- Силкина С.Ф., Барнаш Е.Н. Морфо-биохимические показатели крови овец каракаевской породы в разных условиях содержания // Овцы, козы, шерстяное дело. 2012. N 2. 83 с.
- Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: Oxygen carriers and regulators of local blood flow // The Journal of experimental biology. 2009. Iss. 212. N21. P. 3387-3393. DOI: 10.1242/jeb.023697
- Козинец Г.И., Высоцкий В.В., Захаров В.В. и др. Кровь и экология. М., 2007. 430 с.
- Янчуков И.Н., Ермилов А.Н., Харитонов С.Н., Глущенко М. Роль геномной оценки в разведении молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2013. N8. С. 6-8.
- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Михайленко А.К., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н. Оценка адаптационной перестройки овец в разных условиях на основе биомаркеров // Вестник АПК Ставрополья. 2019. N 2 (34). С. 19-25.
- Оздемиров А.А., Анаев М.С., Рамазанова Д.М. Влияние нарушений метаболического гомеостаза у

глубоко стельных коров на состояние естественной резистентности новорожденных телят и проявление у них болезней органов пищеварения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. N 11-3. С. 496-503.

- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Михайленко А.К. Перспективные генетические маркеры крупного рогатого скота // Вестник АПК Ставрополья. 2018. N 3 (31). С. 44-51. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
- Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического потенциала молодняка молочного скота по маркерным генам CSN3, GH, PIT-1, PRL // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. N 6. С. 40-47.
- Селионова М.И., Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н., Чудновец А.И. Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота // АгроЗooТехника. 2019. T. 2. N 1. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3 URL: http://azt-journal.ru/article/28091?_lang=en (дата обращения: 29.03.2021)
- Ильина А.В., Муштукова Ю.В., Хуртина О.А. Генетическая оценка состояния популяционного генофонда крупного рогатого скота ярославской породы в ОАО «Михайловское» Ярославского района // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. N 4 (28). С. 39-43.
- Safronova O., Babich E., Ovchinnikova L., Ovchinnikov A. Polymorphism of Kappa-Casein, Somatotropin, Beta-Lactoglobulin, Prolactin, and Thyreoglobulin Genes of Black and White Cattle of North Kazakhstan // J. Pharm. Sci. & Res. 2017. N 9 (5). P. 568-573.
- Методические рекомендации по проведению ДНК-тестирования племенных животных субъектов племенного животноводства по генам, определяющим продуктивные качества / сост. В.К. Пестис, О.А. Епишко и др. Гродно, ГГАУ. 2016. 30 с.

REFERENCES

- Alimov N.I., Pavlov A.Yu., Popovich V.I. et al. *Kletki krovi kak indikator toksicheskogo deistviya otravlyayushchikh veshchestv* [Blood cells as an indicator of the toxic effect of toxic substances]. Moscow, 2003, 205 p. (In Russian)

2. Barnash E.N. Hematological profile of Karachay sheep in ontogenesis in the conditions of the highlands. In: *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and feed production]. 2010, vol. 3, no. 1, pp. 1-2. (In Russian)
3. Silkina S.F., Barnash E.N. Morphobiochemical blood parameters of sheep of Karachay breed in different conditions of keeping. *Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo* [Sheep, goats, wool business]. 2012, no. 2, 83 p. (In Russian)
4. Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: Oxygen carriers and regulators of local blood flow. *The Journal of experimental biology*, 2009, iss. 212, no. 21, pp. 3387-3393. DOI: 10.1242/jeb.023697
5. Kozinets G.I., Vysotsky V.V., Zakharov V.V., et al. *Krov' i ekologiya* [Blood and ecology]. Moscow, 2007, 430 p. (In Russian)
6. Yanchukov I.N., Ermilov A.N., Kharitonov S.N., Glushchenko M. The role of genomic evaluation in the breeding of dairy cattle. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and meat cattle breeding]. 2013, no. 8, pp. 6-8. (In Russian)
7. Selionova M.I., Chizhova L.N., Mikhailenko A.K., Surzhikova E.S., Sharko G.N. Assessment of adaptive restructuring of sheep in different conditions based on biomarkers. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol]. 2019, no. 2(34), pp. 19-25. (In Russian)
8. Ozdemirov A.A., Anaev M.S., Ramazanov D.M. The effect of metabolic homeostasis disorders in deeply pregnant cows on the state of natural resistance of newborn calves and the manifestation of digestive diseases in them. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016, no. 11-3, pp. 496-503. (In Russian)
9. Selionova M.I., Chizhova L.N., Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Mikhailenko A.K. Promising genetic markers of cattle. *Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol*, 2018, no. 3 (31), pp. 44-51. (In Russian) DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
10. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Assessment of the genetic potential of young dairy cattle by marker genes CSN3, GH, PIT-1, PRL. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2020, no. 6, pp. 40-47. (In Russian)
11. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Sharko G.N., Mikhailenko T.N., Chudnovets A.I. Pedigree features of the allelic profile of genes controlling dairy productivity of cattle. *Agricultural and Livestock Technology*, 2019, vol. 2, iss. 1. (In Russian) DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3 Available at: http://azt-journal.ru/article/28091?_lang=en (accessed 29.03.2021)
12. Ilyina A.V., Mushtukova Yu.V., Khurtina O.A. Genetic assessment of the state of the population gene pool of cattle of the Yaroslavl breed in JSC "Mikhailovskoye" of the Yaroslavl district. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* [Bulletin of the Agroindustrial complex of the Upper Volga region]. 2014, no. 4 (28), pp. 39-43. (In Russian)
13. Safronova O., Babich E., Ovchinnikova L., Ovchinnikov A. Polymorphism of Kappa-Casein, Somatotropin, Beta-Lactoglobulin, Prolactin, and Thyreoglobulin Genes of Black and White Cattle of North Kazakhstan. *J. Pharm. Sci. & Res.* 2017, no. 9 (5), pp. 568-573.
14. Pestis V.K., Epishko O.A., et al. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu DNK-testirovaniya plemennykh zhivotnykh sub"ektov plemennogo zhivotnovodstva po genam, opredelyayushchim produktivnye kachestva* [Methodological recommendations for conducting DNA testing of breeding animals of livestock breeding subjects by genes that determine productive qualities]. Grodno, GSAU Publ., 2016, 30 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алимсолтан А. Оздемиров, Людмила Н. Чижова, Абдусалам А. Хожиков, Евгения С. Суржилова и Антонина К. Михайленко провели ДНК-исследования, гематологические и проанализировали данные. Все авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alimsoltan A. Ozdemirov, Lyudmila N. Chizhova, Abdusalam A. Khozhikov, Evgeniya S. Surzhikova and Antonina K. Mikhaylenko conducted DNA and haematological research and analysed the data. 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

Алимсолтан А. Оздемиров / Alimsoltan A. Ozdemirov <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>
 Людмила Н. Чижова / Lyudmila N. Chizhova <https://orcid.org/0000-0002-4029-0482>
 Абдусалам А. Хожиков / Abdusalam A. Khozhikov <https://orcid.org/0000-0002-7303-0222>
 Евгения С. Суржилова / Evgeniya S. Surzhikova <https://orcid.org/0000-0002-3955-0902>
 Антонина К. Михайленко / Antonina K. Mikhaylenko <https://orcid.org/0000-0002-4424-2461>

Оригинальная статья / Original article
УДК 616.993.192.1-06:574.24 (470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-152-158

Эколого-эпидемиологические особенности распространения токсоплазмоза на территории Дагестана

Альбина Н. Джалилова, Тамара В. Царуева, Динара Н. Джалилова,
Магомед С. Саидов, Гази М. Газиев, Роза И. Исаева, Аминат М. Касумова,
Асма М. Моллаева, Барият М. Саидова

Дагестанский государственный медицинский университет Минздрава Российской Федерации, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Альбина Н. Джалилова, кандидат медицинских наук, доцент кафедры акушерства и гинекологии лечебного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет» Минздрава Российской Федерации; 367000 Россия, г. Махачкала, пл. Расула Гамзатова, 1. Тел. +79286754517
Email albina.nur102@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3790-9042>

Формат цитирования

Джалилова А.Н., Царуева Т.В., Джалилова Д.Н., Саидов М.С., Газиев Г.М., Исаева Р.И., Касумова А.М., Моллаева А.М., Саидова Б.М. Эколого-эпидемиологические особенности распространения токсоплазмоза на территории Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 152-158. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-152-158

Получена 17 мая 2021 г.
Прошла рецензирование 23 июля 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Изучение эколого-эпидемиологических особенностей распространения токсоплазмоза на территории Республики Дагестан.

Материал и методы. Обследовано на токсоплазмоз 3152 человек в возрастном диапазоне от 7 до 50 лет, проживающих в Махачкале, Каспийске, Дербенте и сельских населенных пунктах различных климато-географических зон республики. Среди обследованных 1817 женщин и 82 ребенка. Заболевание токсоплазмозом диагностировали по лабораторным и клинико-эпидемиологическим данным. Из серологических методов исследования использованы РИФ (реакция иммунофлюоресценции) и ИФА (иммуноферментный анализ). По результатам обследований заполнялись эколого-эпидемиологические карты.

Результаты. Выявлено, что жители низменности в 1,7 раза чаще инфицированы токсоплазмозом, чем горных поселений. Неодинаковая частота инфицированности токсоплазмозом жителей горных и предгорных территорий зависит не только от высоты местности над уровнем моря, но и от увлажнения почвы (равнины и предгорья), интенсивности инсоляции (высокогорье), а также контакта с инфицированными домашними и сельскохозяйственными животными. Зараженность токсоплазменной инвазией на различных территориях варьировалась в пределах 17,3%-29,1%.

Заключение. Проведена типизация очагов токсоплазменной инвазии, используя регионально-ориентированные методы решения по профилактике заболевания. Использованные методы типизации очагов токсоплазмоза заключались в санации очагов использования недостаточно термически обработанных пищевых продуктов, обязательное мытье рук после работы с почвой, контакта с домашними животными, особый санитарный и ветеринарный контроль за лицами, имеющими контакт с животными, а также санитарно-медицинское обслуживание пациентов и беременных женщин.

Ключевые слова

Токсоплазмоз, *Toxoplasma gondii* Nicolle & Manceaux, инвазия, экологические и эпидемиологические особенности, типизация очагов.

Ecological and epidemiological features of the distribution of toxoplasmosis in the territory of Dagestan

Albina N. Dzhililova, Tamara V. Tsarueva, Dinara N. Dzhililova,
Magomed S. Saidov, Gazi M. Gaziev, Roza I. Isaeva, Aminat M. Kasumova,
Asma M. Mollaeva and Bariyat M. Saidova

Dagestan State Medical University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Albina N. Dzhililova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of General Medicine, Dagestan State Medical University; Rasul Gamzatov square 1, Makhachkala, Russia, 367000. Tel. +79286754517

Email albina.nur102@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3790-9042>

How to cite this article

Dzhililova A.N., Tsarueva T.V., Dzhililova D.N., Saidov M.S., Gaziev G.M., Isaeva R.I., Kasumova A.M., Mollaeva A.M., Saidova B.M. Ecological and epidemiological features of the distribution of toxoplasmosis in the territory of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 152-158. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-152-158

Received 17 May 2021

Revised 23 July 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To study the ecological and epidemiological features of the spread of toxoplasmosis in the territory of the Republic of Dagestan.

Material and Methods. A total of 3152 people in the 7-50 years age range living in Makhachkala, Kaspiysk, Derbent and rural settlements of different climatic and geographical zones of the republic, were examined for toxoplasmosis. Among those surveyed were 1817 women and 82 children. Disease with toxoplasmosis was diagnosed according to laboratory and clinical and epidemiological data. Of the serological research methods, RIF (immunofluorescence reaction) and ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) were used. Based on the survey results, ecological and epidemiological maps were compiled

Results. It was revealed that the inhabitants of lowlands are 1,7 times more likely to be infected with toxoplasmosis than mountain settlements. The unequal frequency of toxoplasmosis infection in residents of mountainous and foothill areas depends not only on the altitude of the area above sea level, but also on soil moisture (plains and foothills), the intensity of isolation (highlands), as well as contact with infected domestic and agricultural animals. Infection with toxoplasma invasion in different territories varied within the range of 17.3%-29.1%.

Conclusion. Identification of the sources of toxoplasma invasion was undertaken structured around regionally-oriented methods for the prevention of the disease. Typifying the sources of toxoplasmosis included monitoring: levels of sanitation when in contact with insufficiently thermally processed food products; obligatory hand washing after working with the soil; contact with pets; special sanitary and veterinary control over persons in contact with animals, as well as sanitary and medical care of patients and pregnant women.

Key Words

Toxoplasmosis, *Toxoplasma gondii* Nicolle & Manceaux, invasion, ecological and epidemiological features, typification of sources.

ВВЕДЕНИЕ

Токсоплазмоз – инфекционное паразитарное заболевание, возбудителем которого является внутриклеточный паразит токсоплазмы *Toxoplasma gondii* Nicolle & Manseaux, 1908. Источником инвазии в основном являются дикие и домашние млекопитающие животные (преимущественно кошки). В связи с широкой распространенностью паразита, его высокой инвазированностью и заболеваемостью населения данное инфекционное заболевание является актуальной проблемой здравоохранения. Для токсоплазмоза отмечены большое разнообразие вариантов течения и полиморфизм клинических проявлений [1; 2].

В последние годы из-за неблагоприятной социальной обстановки, интенсивных миграционных процессов, социальной неустойчивости мигрантов, а также появления большого количества бездомных кошек и собак, проблема заболеваемости токсоплазмозом стала острее.

В большинстве случаев токсоплазмоз переходит в хроническую форму, протекает латентно и способна к реактивации [3].

Отмечается неравномерное распространение токсоплазмоза среди популяции населения в различных регионах России – рост инфицированности токсоплазменной инвазии с севера на юг и составляет 15,1% на Камчатке и 34,4% в Республике Дагестан [4].

Инфицированность беременных женщин в среднем мировом значении составляет примерно 40%, причем количество зависит от применяемых методов исследования и тестирования, например, в Израиле отмечено 22%, а на Мадагаскаре более 85%.

Актуальность изучения токсоплазмоза продиктовано связью данной инвазии с иммунодефицитными состояниями, в частности с ВИЧ-инфекцией (вирус иммунодефицита человека) [5]. Токсоплазмоз, как и ВИЧ-инфекция не имеет никаких патогномических черт, но имеет множество клинических форм, т.е. токсоплазмоз имеет многоликий портрет [6; 7].

Выявлено, что на инфицированность населения токсоплазмозом влияют климато-географические особенности, хозяйственная деятельность, пол, возраст обследуемых.

В связи с вышеизложенным, целью исследования было изучение влияния некоторых эколого-эпидемиологических факторов на инфицированность токсоплазмозом населения Республики Дагестан.

Следует отметить, что у 90-95% инфицированных заболевание проходит без особых клинических проявлений, т.е. бессимптомно или малосимптомно. У 5-10% зараженных лиц с лабораторно доказанным токсоплазмозом, картина болезни характеризуется полиморфизмом клинических проявлений гриппоподобного синдрома, миалгий, энтероколита, пневмонита, бруцеллеза, хламидиоза и др. При первичном заражении токсоплазмозом наступает аллергическая перестройка организма (инфекционная аллергия или гиперчувствительность замедленного типа).

В диагностику беременных в обязательном порядке включают TORCH-комплекс (токсоплазмоз, орнитоз, краснуха, цитомегало- и герпесвирусы) в связи

с потенциальным риском инфицирования плода и новорожденного. Для прогнозирования опасности развития токсоплазмоза при вертикальной передаче возбудителя важное значение имеет определение специфических противотоксоплазменных антител при скрининге внутриутробных инфекций. Для диагностики токсоплазменной инфекции необходимо определить avidность антител IgG к токсоплазмам.

Факторами, приводящими к носительству, рецидиву, хронизации инфекционно-воспалительной патологии (ИВП), нарушению иммунорегуляторных механизмов при токсоплазмозе являются широкая распространенность заболевания, отсутствие эффективной этиопатогенетической терапии, иммунного контроля и длительное пребывание токсоплазмы в организме человека в виде цист и псевдоцист. Иммунный дисбаланс и иммуносупрессия, изменение гормонального фона способствуют активации патогенной микробиоты и при этом возбудитель может оказывать цитопатогенное действие (ЦПД) на органы репродукции инфицированных *Toxoplasma gondii* лиц [8].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено клинко-лабораторное обследование 3152 жителя Махачкалы, Каспийска, Дербента и сельских поселений в возрастном диапазоне от 7 до 50 лет, из них 1817 женщин, 1253 мужчины и 82 ребенка.

Критерии включения в исследование: наличие клинко-лабораторных признаков токсоплазмоза, род деятельности, согласие обследуемых на участие в исследовании.

Критерии исключения: наличие тяжелой соматической патологии: аутоиммунные заболевания, сифилис, гонорея, ВИЧ-инфекция.

Наблюдаемым нами лицам проводили клинко-лабораторное и эколого-эпидемиологическое исследование. Диагностику токсоплазмоза проводили серологическим методом (ИФА-иммуноферментный анализ, РНИФ-реакция непрямого иммунофлуоресценции-экспресс-метод). Для выявления антител классов IgM, IgG и IgA в сыворотке крови использованы такие тест-системы, как «ТоксоплаСтрип», «ТоксоплаСтрип М», «Ниармедик Плюс» (Москва), «Вектор Токсо-IgA», «Вектор-Бест» (Новосибирск) и «Токсофлюоскрин» согласно инструкциям к наборам.

На каждого обследуемого заполняли карту клинко-лабораторного и эколого-эпидемиологического обследования.

При математико-статистической обработке результатов исследования использован компьютерный инструментальный обработки цифровых данных – программа «Биостат-4.03». Численные показатели представлены через среднее значение ($M \pm m$) со стандартными отклонениями s . Для проверки статистических критериев применено t -распределение Стьюдента. Различия достоверны максимально на 5% ($p < 0,05$) уровне значимости.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Клинко-лабораторные исследования на токсоплазмоз лиц, проживающих в разных климато-географических зонах выявило повсеместное распространение токсоплазменной инвазии, характеризующиеся

неравномерностью ее интенсивности в различных поселениях.

Уровень инфицированности людей в популяции зависит от климатических, географических условий, профессии, что было выявлено по результатам наших исследований особенностей жизни и хозяйственно-экономической деятельности жителей Дагестана, в том числе занятости сельскохозяйственной деятельностью.

На рис. 1 приведены данные по количеству (%) инфицированных токсоплазмами жителей в разных климатических и географических зонах:

Низменный Дагестан (на уровне Каспийского моря) представлен Дербентским и Кизилюртовским районами, а также городами Махачкала, Каспийск, Дербент; Предгорным Дагестан (высота 200-600 м) – Буйнакский, Кайтагский, Сулейман-Стальский, Магарамкентский районы; Внутреннегорный Дагестан (высота 1500 м) – Гергебильский, Левашинский, Табасаранский районы; Высокогорный Дагестан (высота 1500 м и выше) Хунзахский, Ахтынский районы.

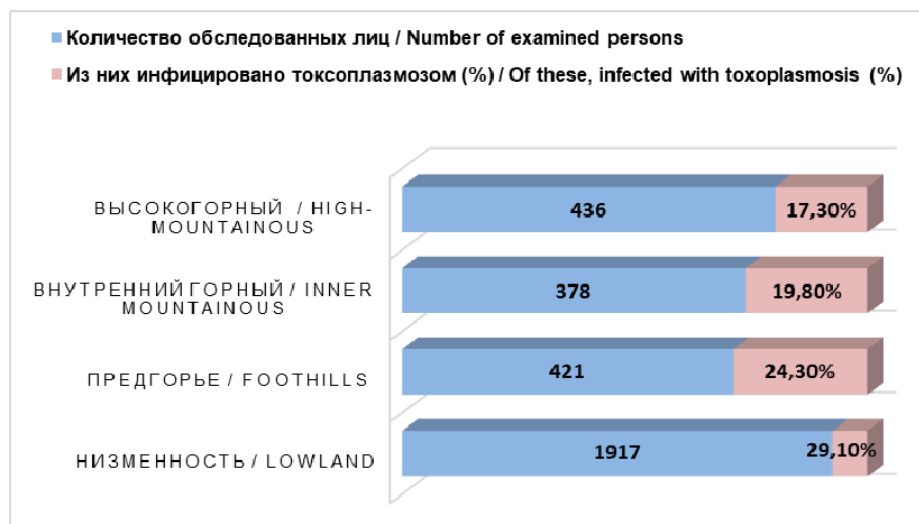


Рисунок 1. Инфицированность токсоплазмозом жителей Республики Дагестан в разных климато-географических зонах
Figure 1. Toxoplasmosis infection of the population of the Republic of Dagestan in different climatic and geographical zones

По данным рисунка 2 видно, что инфицированность токсоплазмозом жителей плоскостных районов в 1,7 раза выше, чем населения горных районов. Неодинаковая частота инфицированности токсоплазмозом жителей горных и предгорных территорий зависит не только от высоты местности над уровнем моря, но и от увлажненности почвы (для

равнинной и предгорной местности), инсоляции (для высокогорья).

У 54,7% обследованных лиц женского пола, имеющих привычку дегустировать сырой мясной фарш, обнаружен токсоплазмоз, а у употребляющих в пищу полусырые мясные продукты зараженность достигает 61,9% (рис. 2).

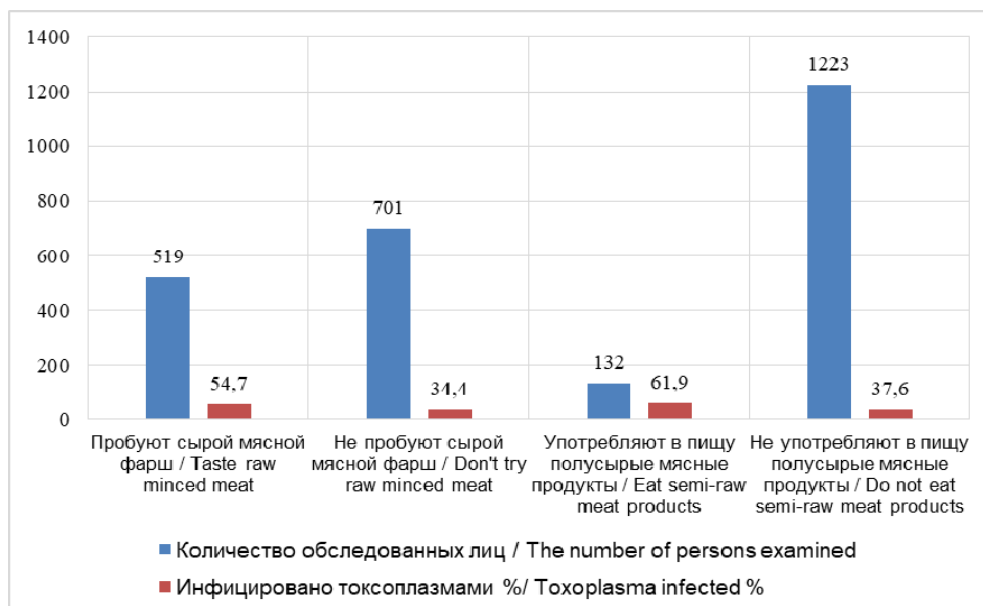


Рисунок 2. Инфицированность токсоплазмами женщин в зависимости от привычки дегустировать сырые и полусырые мясные продукты и субпродукты
Figure 2. Toxoplasma infection in women, depending on the habit of tasting raw and semi-raw meat products and offal

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, зараженность токсоплазмами лиц, пробующих сырой мясной фарш на посол и употребляющих в пищу сырые и полусырые мясные продукты и субпродукты домашней заготовки, почти в 1,5-2,0 раза выше, чем у жителей, не имеющих таких привычек ($p < 0,05$).

В различных очагах токсоплазмоза существенную роль играют в эпидемиологии заболевания цисты и ооцисты токсоплазм. Кошки являются окончательным хозяином, выделяющих ооцисты

токсоплазм в почву, инфицируют детей, играющих в песочницах и лиц, имеющих контакт с почвой.

В исследовании Frenkel J.K. с соавт. [9] было установлено, что в почве или песке массой около 13-15 мг, попавшей в подногтевое пространство на пальцах взрослых или детей во время игр или работы в земле, содержатся от 10 до 100 ооцист, которые вызывают инвазию токсоплазмой. В таблице 1 представлены показатели инфицированности женщин в зависимости от контакта с почвой.

Таблица 1. Показатели инфицированности токсоплазмами лиц женского пола в зависимости от контакта с почвой
Table 1. Indicators of toxoplasma infection in females depending on contact with soil

Группы лиц женского пола Female groups	Количество обследованных Number of those examined	% инфицированных токсоплазмами % of those infected with toxoplasma
Число контактировавших с почвой женщин Number of women in contact with soil	227	57,1
Число женщин, не контактировавших с почвой Number of women not in contact with the soil	335	23,8

Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют, что инфицированность токсоплазмой женщин, работающих на приусадебных участках (огородах) в 2,4 раза больше (57,1%), чем лиц, не имеющих контакт с почвой (23,8%)

Лица, имеющие контакт с животными (животноводы, ветеринары, работники мясокомбинатов) подвержены высокому риску инфицирования токсоплазмами. Нами обследованы работники мясокомбината г. Махачкалы (рис. 3) [4].



Рисунок 3. Показатели инфицированности токсоплазмами работников мясокомбината г. Махачкалы [4]
Figure 3. Indicators of toxoplasma infection among workers of the Makhachkala meat processing plant [4]

Определение показателей инфицированности токсоплазмами работников мясокомбината №1 г. Махачкалы (Республика Дагестан) выявило, что у лиц, контактирующих в силу своей профессиональной деятельности с сырым мясом, фаршем, высокая вероятность инфицирования токсоплазмой, например, более 53,5% работников убойного цеха были инфицированы, а колбасного – 48,3%.

Полученные данные позволяют нам констатировать, что зараженность токсоплазмой зависит от различных факторов. Инфицированность токсоплазменной инвазией на различных территориях находилась в пределах 17,3%-29,1%. Вероятно, одними из причин неравномерности распространения токсоплазмоза являются климато-географические

особенности местности, род занятия населения, контакт с домашними и сельскохозяйственными животными.

Схожие климатические, географические факторы, социально-бытовые условия в изученных поселениях создают сходные условия для заражения токсоплазмами, что обусловлено урбанизацией и сходством образа жизни населения в городской и сельской местности.

На инфицированность населения токсоплазмами оказывают влияние и такие факторы как содержание в квартирах и домах кошек (кошки выделяют в окружающую среду ооцисты токсоплазм-инфицируют песочницы в детских садах), привычка пробовать продукты из сырого мяса при приготовлении пищи, употребление полусырых мясных субпродуктов. Возможность заражения токсоплазмами через почву,

которая содержит ооцисты токсоплазм, доказана в результатах наших предыдущих исследований. Распространению токсоплазмоза среди населения способствует и неэффективная деятельность ветеринарной службы по контролю за диагностикой заболевания у животных, в результате чего зараженная цистами токсоплазм мясо реализуется населению. Недостаточная осведомленность населения об основных источниках заражения токсоплазмами также является одной из экологических проблем относительно высокой инфицированности населения этой инвазией.

Полученные результаты эколого-эпидемиологического исследования населения на инфицированность токсоплазмозом могут быть использованы при разработке мер профилактики приобретённого и врожденного токсоплазмоза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В мире токсоплазмой инфицированы около 2 млрд. человек, и, учитывая отсутствие специфической клинической картины заболевания [10], затруднена быстрая диагностика, поэтому токсоплазмоз представляет серьезную проблему. Есть данные, что при токсоплазмозе меняются поведенческие реакции людей, например, отмечены замедленная реакция, худшая концентрация внимания у пациентов, также высокий процент инфицированностью паразитом встречается у больных шизофренией [11].

Зараженность паразитом в Республике Дагестан одна из самых высоких в стране и приближается к 34% [4].

Нами проведена типизация очагов токсоплазменной инвазии, используя регионально-ориентированные методы решения по профилактике заболевания. Используемые методы типизации очагов токсоплазмоза заключались в санации очагов использования недостаточно термически обработанных пищевых продуктов (мясного фарша, шашлыка, сушеного мяса и колбасы), обязательное мытье рук после работы с почвой, контакта с домашними животными, особый санитарный и ветеринарный контроль за лицами, имеющими контакт с животными (ветеринары, дояры), а также санитарно-медицинское обслуживание пациентов и беременных женщин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгих Т.И. Токсоплазмоз: возвращение к проблеме // Лаборатория ЛПУ (специальный выпуск). 2014. N4. С. 57-60.
2. Flegr J. How and why toxoplasma makes us crazy // *Trends in Parasitology*. 2013. V. 29. N4. P. 156-163. DOI: 10.1016/j.pt.2013.01.007
3. Plot I., Amital H., Barzilai O., Ram M., Bizzaro N., Shoenfeld Y. Infections may have a protective role in the etiopathogenesis of celiac disease // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009. V. 1173. P. 670-674. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04814.x
4. Царуева Т.В., Саидов М.С., Джалилова А.Н., Джалилова Д.Н., Саидова Б.М., Саидова З.М., Газиев Г.М. Эколого-эпидемиологические особенности токсоплазмоза в Республике Дагестан // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2013. Т. 8. N3. С. 79-81.
5. Козина О.В., Огородова Л.М., Раенко В.Ф., Ломан Э.А. Распространенность и клиническое значение

герпетической инфекции, токсоплазмоза и хламидиоза у жителей Камчатской области // *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2005. N2. С. 8-11.

6. Nessapatorn V., Lee C., Qvek V.E., Leona C., Leong C. L., Mahmud R., Abdullah K.A. Toxoplasmosis in HIV/Aids patients a current situation // *Japanese Journal at Infections disease*. 2004. V. 57. N4. P. 160-165.
7. Ермак Т.Н., Перегудова А.Б. Катамнез больных ВИЧ-инфекцией, перенесших церебральный токсоплазмоз // *Терапевтический архив*. 2015. Т. 87. N11. С. 42-45. DOI: 10.17116/terarkh2015871142-45
8. Боронина Л.Г., Блинова С.М., Саматова Е.В. Серологическая диагностика токсоплазмоза у детей и беременных женщин иммунно-химическими методами на тест-системах разных производителей // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2018. Т. 63. N1. С. 41-44. DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-1-41-44
9. Frenkel J.K., Ruiz A. Human toxoplasmosis and cat contact in Costa Rican // *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 1980. V. 29. Iss. 6. P. 1167-1980. DOI: 10.4269/ajtmh.1980.29.1167
10. Трякина И.П. Токсоплазмоз как сложная дифференциально-диагностическая проблема // *Медицинский алфавит*. 2018. Т. 1. N10. С. 55-59.
11. Stepanova E.V., Kondrashin A.V., Sergiev V.P., Morozova L.F., Turbabina N.A., Maksimova M.S., Romanov V.D., Kinkulkina M.A., Lazareva A.V., Morozov E.N. Toxoplasmosis and mental disorders in the Russian Federation (with special reference to schizoprenia) // *PLoS ONE*. 2019. V. 14. N7. e0219454. DOI: 10.1371/journal.pone.0219454

REFERENCES

1. Dolgikh T.I. Toxoplasmosis: a return to the problem. *Laboratoriya LPU [LPU Laboratory]*. 2014, no. 4, special issue, pp. 57-60. (In Russian)
2. Flegr J. How and why toxoplasma makes us crazy. *Trends in Parasitology*, 2013, vol. 29, no. 4, pp. 156-163. DOI: 10.1016/j.pt.2013.01.007
3. Plot I., Amital H., Barzilai O., Ram M., Bizzaro N., Shoenfeld Y. Infections may have a protective role in the etiopathogenesis of celiac disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, vol. 1173, pp. 670-674. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04814.x
4. Tsarueva T.V., Saidov M.S., Dzhililova A.N., Dzhililova D.N., Saidova B. M., Saidova Z. M., Gaziev G.M. Epidemiological features of toxoplasmosis in Dagestan Republic. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza [Medical Bulletin of the North Caucasus]*. 2013, vol. 8, no. 3, pp. 79-81 (In Russian)
5. Kozina O.V., Ogorodova L.M., Raenko V.F., Loman E.A. Prevalence and clinical value of herpetic infection, toxoplasmosis and chlamydial infection in the inhabitants of the Kamchatka area. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni [Epidemiology and infectious diseases]*. 2005, no. 2, pp. 8-11. (In Russian)
6. Nessapatorn V., Lee C., Qvek V.E., Leona C., Leong C. L., Mahmud R., Abdullah K. A. Toxoplasmosis in HIV/Aids patients a current situation. *Japanese Journal at Infections disease*. 2004, vol. 57, no. 4, pp. 160-165.
7. Ermak T.N., Peregudova A.B. Follow-up study of HIV-infected patients with prior cerebral toxoplasmosis. *Therapeutic archive*, 2015, vol. 87, no. 11, pp. 42-45. (In Russian) DOI: 10.17116/terarkh2015871142-45
8. Boronina L.G., Blinova S.M., Samatova E.V. The serological diagnostic of toxoplasmosis in children and

pregnant women using immune chemical technique by test-systems of various manufacturers. *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*, 2018, vol. 63, no. 1, pp. 41-44. (In Russian) DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-1-41-44

9. Frenkel J.K., Ruiz A. Human toxoplasmosis and cat contact in Costa Rican. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1980, vol. 29, iss. 6, pp. 1167-1980. DOI: 10.4269/ajtmh.1980.29.1167

10. Triakina I.P. Toxoplasmosis as complex problem of

differential diagnostics. *Meditinskii alfavit* [Medical alphabet]. 2018, vol. 1, no. 10, pp. 55-59. (In Russian)

11. Stepanova E.V., Kondrashin A.V., Sergiev V.P., Morozova L.F., Turbabin N.A., Maksimova M.S., Romanov V.D., Kinkulkina M.A., Lazareva A.V., Morozov E.N. Toxoplasmosis and mental disorders in the Russian Federation (with special reference to schizophrenia). *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 7, e0219454. DOI: 10.1371/journal.pone.0219454

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Альбина Н. Джалилова разработала алгоритм исследований, проанализировала данные, написала рукопись. Тамара В. Царуева, Динара Н. Джалилова, Магомед С. Саидов, Гази М. Газиев, Роза И. Исаева, Аминат М. Касумова, Асма М. Моллаева, Барият М. Саидова собирали материал, анализировали данные и принимали участие в написании рукописи. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Albina N. Dzhaliilova developed an algorithm for the research, analysed the data and wrote the manuscript. Tamara V. Tsarueva, Dinara N. Dzhaliilova, Magomed S. Saidov, Gazi M. Gaziev, Roza I. Isaeva, Aminat M. Kasumova, Asma M. Mollaeva and Bariyat M. Saidova collected material, analysed data and participated in writing 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

Альбина Н. Джалилова / Albina N. Dzhaliilova <https://orcid.org/0000-0003-3790-9042>

Тамара В. Царуева / Tamara V. Tsarueva <https://orcid.org/0000-0001-8121-100X>

Динара Н. Джалилова / Dinara N. Dzhaliilova <https://orcid.org/0000-0002-4754-6794>

Магомед С. Саидов / Magomed S. Saidov <https://orcid.org/0000-0002-1519-3189>

Гази М. Газиев / Gazi M. Gaziev <https://orcid.org/0000-0002-9396-6749>

Роза И. Исаева / Roza I. Isaeva <https://orcid.org/0000-0001-5959-2125>

Аминат М. Касумова / Aminat M. Kasumova <https://orcid.org/0000-0002-6468-8743>

Асма М. Моллаева / Asma M. Mollaeva <https://orcid.org/0000-0003-4384-3959>

Барият М. Саидова / Bariyat M. Saidova <https://orcid.org/0000-0002-4516-3562>

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.5: 528.8
DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-159-172

Изучение апвеллинга по содержанию хлорофилла *a* в фитопланктоне западного Каспия за 2017 г. по данным дистанционного зондирования

Надира О. Гусейнова, Абдулмеджид А. Багомаев, Лейла Ш. Ахмедова, Башир М. Курамагомедов
Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Надира О. Гусейнова, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21.
Тел. +79887715041
Email nadira_guseynova@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>

Формат цитирования

Гусейнова Н.О., Багомаев А.А., Ахмедова Л.Ш., Курамагомедов Б.М. Изучение апвеллинга по содержанию хлорофилла *a* в фитопланктоне западного Каспия за 2017 г. по данным дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 159-172. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-159-172

Получена 28 июня 2021 г.
Прошла рецензирование 4 сентября 2021 г.
Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Изучение апвеллинга на основе пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла *a* в западной части Каспия за 2017 по материалам космических съемок.

Материалы и методы. Космоснимки получены из специализированных центров Ocean Color NASA, Earth Science Data Systems NASA и SATIN. Данные дистанционного зондирования обработаны в программах SeaDAS и ArcGIS. Наземные данные получены из фондов Единой государственной системы информации об обстановке в мировом океане (ЕСИМО). Создана база данных в ArcGIS, составлены карты.

Результаты. Первый апвеллинг проявляется 9-17 июня. Минимальная температура воды в районе Махачкалы равна 14°C при повышении солёности до 12‰, площадью 1500 км². Зафиксировано увеличение содержания растворенного кислорода до 9,70 мг/л и pH 8,64. Вначале концентрация хлорофилла *a* более 10 мг/м³, затем снижается до 2,5 мг/м³, но при этом значительно увеличивается площадь распространения хлорофилла с таким показателем. Для прибрежной полосы показатель хлорофилла 5 мг/м³. Второй апвеллинг средней интенсивности был с 19 июня по 1 июля при минимуме t=17,9°C при повышении солёности на 1‰. Площадь поверхности 454 км². Концентрация хлорофилла *a* повысилась с 4 до 8-12 мг/м³, доходя 24 июня до 23 мг/м³. Третий случай апвеллинга зафиксирован с 26 августа по 1 сентября и характеризуется снижением температуры воды на 7,4°C и у берега составила 17,1°C. Среднее повышение солёности на 0,32‰, концентрация O₂ – 8 мг/л, площадь акватории – 500 км². Резкое увеличение площади и концентрации хлорофилла *a* наблюдается к 29 августа. В последующем концентрация хлорофилла на всей акватории равномерно распределено в диапазоне 1-5 мг/м³.

Заключение. Для Каспийского моря характерна пространственная неоднородность океанологических параметров, что можно зафиксировать по результатам обработки космоснимков и их верификации по наземным данным. В западной части апвеллинг носит периодический и разномасштабный характер. Всего на базе возможностей многофакторного геоинформационного моделирования выделены и подтверждены по спутниковым данным 3 апвеллинга.

Ключевые слова

Геоданные, космические снимки, дистанционное зондирование, ГИС, ArcGIS, Каспийское море, апвеллинг, хлорофилл, пигменты, фитопланктон, биопродуктивность.

Upwelling study of chlorophyll *a* content in phytoplankton of the western Caspian in 2017 based on remote sensing data

Nadira O. Guseynova, Abdulmedzhid A. Bagomaev, Leyla Sh. Akhmedova and Bashir M. Kuramagomedov

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal Contact

Nadira O. Guseynova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaev St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79887715041

Email nadira_guseynova@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>

How to cite this article

Guseynova N.O., Bagomaev A.A., Akhmedova L.Sh., Kuramagomedov B.M. Upwelling study of chlorophyll *a* content in phytoplankton of the western Caspian in 2017 based on remote sensing data. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 159-172. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-159-172

Received 28 June 2021

Revised 4 September 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. Study of upwelling based on spatio-temporal variability of chlorophyll *a* concentration in the western part of the Caspian Sea in 2017 based on space survey images.

Materials and methods. Space images were obtained from the specialized centers of Ocean Color NASA, Earth Science Data Systems NASA and SATIN. Remote sensing data was processed using SeaDAS and ArcGIS programmes. Ground data were obtained from the Unified State System of Information on the Situation in the World Ocean (ESIMO). ESIMO is an inter-agency information system designed to integrate data and services of marine systems of Russia and to provide integrated information support to maritime activities of the Russian Federation. The database was created in ArcGIS and maps compiled accordingly.

Results. The first upwelling occurred on 9-17 June 2017. The minimum water temperature registered in the Makhachkala region was 14°C with an increase in salinity to 12‰, over an area of 1.500 km². There was an increase in the content of dissolved oxygen up to 9.70 mg/l and a pH of 8.64 was recorded. At first, the concentration of chlorophyll *a* was more than 10 mg/m³, then it decreased to 2.5 mg/m³, while at the same time the area of distribution of chlorophyll with this indicator significantly increased. For the coastal strip, the chlorophyll index was 5 mg/m³. The second upwelling of medium intensity was from 19 June to 1 July 1 2017 with a minimum of *t* = 17.9°C with an increase in salinity of 1‰. The surface area was 454 km². The concentration of chlorophyll *a* increased from 4 to 8-12 mg/m³, reaching 23 mg/m³ on 24 June. The third case of upwelling was recorded from 26 August to 1 September 2017 and was characterized by a decrease in water temperature by 7.4°C (near the coast by 17.1°C). The average salinity increase was 0.32‰, while the O₂ concentration was 8 mg/l and the water area 500 km². A sharp increase in the area and concentration of chlorophyll was observed on 29 August 2017. Subsequently, the concentration of chlorophyll throughout the entire water area was evenly distributed in the range of 1-5 mg/m³.

Conclusion. The Caspian Sea is characterized by spatial heterogeneity of oceanological parameters, which can be recorded based on the results of processing satellite images and their verification using ground data. In the western part of the sea, the upwelling is periodic and of different scales. In total, on the basis of the capabilities of multifactor geoinformation modeling, 3 upwellings were identified and confirmed using satellite data.

Key Words

Geodata, satellite imagery, remote sensing, GIS, ArcGIS, Caspian Sea, upwelling, chlorophyll, pigments, phytoplankton, bioproductivity.

ВВЕДЕНИЕ

Важное место в функционировании экосистем моря занимает явление вертикального движения водных масс – апвеллинг и даунвеллинг. Апвеллингом принято считать процесс подъема глубинных масс воды на поверхность водоема, т.е. вертикальное перемещение водных объемов с различными свойствами. Эти свойства могут быть выражены через характеристики: температура, соленость, плотность и т.д. [1].

Научное обоснование механизма возникновения апвеллинга впервые нашло отражение в работах норвежского мореплавателя и исследователя Отто Свердрупа. Данное явление он связывал с дрейфовыми течениями в океане, природа которых объяснена в 1905 г. шведским геофизиком Экманом [2].

Механизм возникновения апвеллинга до сих пор однозначно не установлен. Некоторые исследователи считают, что данных океанологических наблюдений, подтверждающих генерацию апвеллинга ветром, очень мало, но гораздо больше информации, ставящей эту гипотезу под сомнение. Это дало основание предполагать, что основное явление, генерирующее апвеллинг и даунвеллинг – не ветер, а вдольбереговые течения.

О проявлении апвеллинга судят по резкому изменению параметров воды в течение суток: температуры, гидрохимическому составу и биологической продуктивности.

Первый параметр, позволяющий выявить апвеллинг – это температура. При апвеллинге наблюдается опускание тёплых поверхностных вод на глубину с замещением их более холодными глубинными водами. Т.е. для района с апвеллингом характерна значительная отрицательная аномалия температуры в районе его проявления.

Вторым важным параметром апвеллинга выступает химический состав воды. При погружении теплых вод на глубину на поверхность поднимаются богатые биогенными веществами (фосфор и азот) водные массы. Соответственно, меняется и солевой состав водной толщи [2; 3].

Основным видом апвеллинга является прибрежный апвеллинг, при котором на поверхность поднимаются воды в узкой вдольбереговой зоне. Масштабы подъема зависят от параметров ветра, а именно: скорости, продолжительности, разгона и направления. Однако поднявшиеся воды и их влияние на океанографические условия могут распространяться на десятки километров. Кроме того, интенсификация проявления апвеллинга зависит от времени года.

Наконец, третьим признаком, по которому можно идентифицировать апвеллинг, является содержание фитопланктона в воде. Фитопланктон фиксируется видимой и ближней инфракрасной частями электромагнитного излучения с точностью до 5%. Это становится возможным благодаря прекращению процесса фотосинтеза, когда пигмент хлорофилл начинает флуоресцировать.

Зоны апвеллинга отличаются высокой биологической продуктивностью из-за быстрого развития фитопланктона, активно потребляющего биогенные вещества, диоксид углерода и солнечную энергию для процесса фотосинтеза. Массово размножившийся фитопланктон является начальным звеном пищевых цепей, поставляя энергию для

последующих звеньев: для популяций мелких и крупных животных, находящихся выше в пищевой цепи, включая рыб, морских млекопитающих и морских птиц. Благодаря такому взаимодействию районы апвеллинга – самые богатые районы с рыбными ресурсами. Следовательно, высокая биопродуктивность с частицами донных отложений приводит к изменению оптических характеристик воды, что является еще одним индикатором апвеллинга.

Главным продуцентом, синтезирующим органические вещества в водоёмах, является фитопланктон. В клетках фитопланктона содержатся различные пигменты – органические вещества белковой природы, благодаря которым осуществляется фотосинтез – несколько разновидностей хлорофилла, каротиноиды, фикобилины, фикоцианины и т.д.

По современным данным о биохимическом механизме фотосинтеза для его осуществления необходим хлорофилл *a*, другие виды хлорофилла и растительных пигментов поглощают энергию солнечного света, трансформируют и передают её той фотосистеме основных фотосинтетических реакций, в которых участвует хлорофилл *a* [4].

По концентрации хлорофилла *a* в составе морского фитопланктона можно оценить первичную биопродуктивность вод Мирового океана: выявлена закономерная связь между количеством хлорофилла и величиной биопродукции фитопланктона [5; 6].

Целью нашей статьи является изучение апвеллинга на основе пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла *a* в западной части Каспия за 2017 по материалам космических съемок.

На распределение фитопланктона в море, следовательно, и хлорофилла, оказывают влияние такие факторы, как освещённость, концентрация биогенных элементов, плотностная стратификация и т.д. Интенсивность фотосинтетических процессов связана с рядом условий, определяющих проникновение световых лучей через толщу воды, облачности, прозрачности воздуха, угла падения солнечных лучей на поверхность воды, прозрачности воды и т.д. В море основная роль в обогащении биогенными веществами принадлежит глубинным водам, поднимающимся в верхние слои при вертикальной конвекции водных масс и апвеллинга [7]. В водах с сезонными колебаниями температуры временно возникающая стратификация в период активного прогрева вод оказывает положительное влияние на размножение фитопланктона и биопродуктивность фотосинтеза [8].

Физические основы космической съёмки параметров морей
Первые космические снимки океана начали получать в 1970 г. с помощью специальных спутников Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA).

К началу 1980-х г. на фоне успехов космических методов слежения за состоянием окружающей среды выделилось новое научное направление – дистанционное зондирование океана. Космическая съёмка позволяет выполнять исследования процессов, происходящих как в океанах, так и процессов, возникающих во взаимодействии с другими геосферами [9; 10].

Съемочные сенсоры, которыми оснащены спутники, предназначены для съемки объектов в различных диапазонах электромагнитного излучения. При изучении гидрофизических и гидробиологических параметров воды особо информативен инфракрасный диапазон. Посредством определения содержания в воде фитопланктона, можно рассчитать характеристики биомассы фитопланктона и первичной продукции океанов. Для этого используют голубой (0,44 мкм) и красный (0,675 мкм) каналы спектра, которые поглощаются хлорофиллом.

Различные участки инфракрасного диапазона позволяют фиксировать такие параметры воды, как температура, скорость и направление течения, структура водной поверхности. В микроволновом диапазоне определяются параметры солёности, температуры поверхности и т.д. Кроме того, инфракрасный канал хорошо подходит при разграничении линии вода-суша за счет поглощения водой этой части электромагнитного спектра [9; 11].

Обзор современных съёмочных систем

Существует большое количество спутников, оснащенных сенсорами для фиксации различных диапазонов электромагнитного излучения.

Из функционирующих съёмочных систем специального назначения чаще всего используется гиперспектральный радиометр MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer). Он установлен на спутниках серии Terra и Aqua и производит съемку в 36-ти каналах с пространственным разрешением 250-1000 м (диапазон съемки от 0,45 до 14,36 мкм). Получаемые снимки с помощью этой системы в тепловой инфракрасной зоне дают возможность определять температуру водной поверхности с точностью до 0,5°C при пространственном разрешении 1000 м [12].

Другой специальный спутник для океанических исследований – Envisat (Environmental Satellite), на котором установлен датчик MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer), фиксирующий оптический диапазон. Основная цель спектрометра – изучать цвет океана, например, для того, чтобы дать оценку концентрации хлорофилла и твёрдых частиц. Спектрометр предназначен для получения изображений со средним спектральным разрешением в 15 каналах. Также спутник Envisat был оснащен усовершенствованным сканирующим радиометром AATSR, предназначенный главным образом для измерения температуры поверхности моря (SST). Данные AATSR имеют разрешение 1 км и получены из измерений отраженного и испущенного излучения, проведенного на следующих длинах волн: 0,55 мкм, 0,66 мкм, 0,87 мкм, 1,6 мкм, 3,7 мкм, 11 мкм и 12 мкм.

Для изучения глобальных процессов широко применяются спутники серии NOAA – NOAA-18 и NOAA-19. На них установлена сканирующая система – радиометр AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Он производит съемку в узком диапазоне (6 каналов VIS, NIR, IR) и позволяет проводить мониторинг, как морей, так и облаков, подстилающей поверхности, в том числе детектировать пожары, мощные кучево-дождевые облака, границы снежного покрова, а также определять температуру верхней границы облачности [3; 10; 13; 14].

Для крупномасштабных исследований с малым охватом территорий используются большое количество

спутников ресурсного типа как Landsat, Santinel и т.д. Эти спутники производят съемку высокого пространственного разрешения и оснащены датчиками оптического диапазона, в частности, тепловым каналом [15].

Анализ работ по изучению температуры водной поверхности и других индикаторов апвеллинга показывает разнообразие применяемых методов обработки данных космической съемки.

Применяя сочетания методов оптической и радиолокационной съемки, выполненных летом 2006 г., исследуются параметры апвеллинга в юго-восточной части Балтийского моря в работе [16]. Результаты работ показывают корреляционную связь прибрежного апвеллинга и выносов рек через сигнатуру на радиолокационных снимках, тепловых и оптических снимках моря в зонах вихрей, грибовидных структур.

Вопросу изучения апвеллинга в Каспийском море также посвящено много работ. В работах [15; 17] рассматривается использование космических снимков в геоинформационной среде для изучения апвеллинга у западного побережья Среднего Каспия. Результаты этих работы позволили выявить на основе снимков с датчика MODIS и подспутниковых гидрометеорологических наблюдений масштабы и периоды проявления апвеллингов.

Многостороннему изучению апвеллинга Каспийского региона посвящен ряд работ Института космических исследований РАН. В работе Гинзбурга А.И. и др. [18] изучается структура апвеллинга по снимкам в инфракрасном канале со спутников NOAA-15, 16, 17 (пространственное разрешение – примерно 1 км, разрешение по температуре – около 0,1°C) для мая-сентября 2002 и 2003 гг., данные о скорости и направлении ветра в Махачкале использованы для получения картины ветроуправляемого апвеллинга и его характерных особенностей в ряде пунктов вдоль западного побережья Среднего Каспия.

Общая физико-географическая характеристика западной части Среднего Каспия

Каспийское море представляет собой замкнутый водоем протяженностью с севера на юг более 1000 км. В наиболее широкой части достигает 435 км, наименьшая ширина – 196 км. Водосборный бассейн составляет площадь 1380 тыс. км².

Каспийское море по своим характеристикам делится на 3 условных сектора: Северный, Средний и Южный [19].

Средний Каспий – это обособленная котловина, максимальная глубина которого достигает 788 м в Дербентской котловине. Западный берег Каспия имеет равномерный характер.

В целом Каспий располагается в нескольких климатических районах: северная часть – континентальная зона, западная часть – умеренно теплая зона, юго-запад – субтропическая влажная и восток – пустынная. Этим объясняются сезонные особенности синоптических процессов и погоды в Каспии. Атмосферная циркуляция определяется барическими центрами: зимой отрогом азиатского максимума, а в весенне-летний период – гребнем азорского максимума.

Для акватории Каспия характерен избыток тепла и высокий радиационный баланс – в среднем 60 ккал/см². Это приводит к интенсивному испарению и

теплообмену с атмосферой. Радиационный баланс достигает максимума в июне-июле ($11-12 \text{ ккал/см}^2$), а минимального значения ($1-2 \text{ ккал/см}^2$) в декабре.

Орографические условия, в которых располагается Каспийское море, способствует воздействию различных воздушных масс. Из полярных областей вторгаются холодные массы, а со стороны Северной Атлантики – влажные массы, Сибири – сухие континентальные. Также акватория подвержена субтропическим массам с юго-запада (Средиземноморье).

Ветровой режим разных частей Каспия существенно различается. На Среднем Каспии господствуют ветры северо-западного и юго-восточных направлений со среднегодовой скоростью от 2 до 5 м/с [19; 20].

Над открытым морем преобладают ветры со скоростями до 10 м/с (65-80%), тогда как повторяемость штормовых ветров составляет 1,0-1,5%. Наибольшая повторяемость штормовых ветров наблюдается в направлении с северо-востока на юго-запад, создавая циркулирующие течения.

Крайне неравномерно распределены по акватории моря осадки, что объясняется особенностями орографии, которая определяет направление и интенсивность воздушного потока, и, как следствие, уровнем конденсации паров, что зависит от температуры воздуха и дефицита влажности [20].

Температура воды хорошо выражена в зимний период, когда в Северной части температура может достигать 0°C , а на юге – более 10°C . Летом поверхностный слой воды нагревается до $28-32^\circ\text{C}$ и в этот период наблюдается проявление апвеллинга. Начало апвеллинга приходится на июнь, однако наибольшей интенсивности он достигает в июле-августе. Как следствие, на поверхности воды наблюдается понижение температуры ($7-15^\circ\text{C}$).

Солевой состав вод Каспия зависит от материкового стока, испарения и т.д. В зоне влияния материкового стока воды содержат преимущественно карбонаты и сульфаты кальция, которые являются основными компонентами в химическом составе речных вод. Резко меняется солёность северной части от 0,1‰ в устьевых областях Волги и Урала до 10-11‰ на границе со Средним Каспием. В открытых районах моря солёность не превышает 15‰ [20].

Для моря важное значение имеют течения, имеющие сложную структуру. Формируют их, главным образом, ветры, плотность, особенности береговая линия и рельеф дна. Течения имеют скорость 15-30 см/с. Вдоль западных берегов Среднего и Южного Каспия в слое от поверхности до дна доминируют течения южного направления [19; 21].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во второй половине XX в. стали широко использовать зондирующую аппаратуру, позволяющую регистрировать флуоресценцию хлорофилла *a* для получения картины распределения фитопланктона в водной толще и детального анализа слоёв его максимального скопления [22-24].

В силу своей доступности, оперативности, достаточно подробному пространственно-временному разрешению спутниковая информация может существенно

дополнять данные, полученные традиционными контактными методами [8].

Источники данных и методика исследования апвеллинга

Поиск и подбор данных производился из достоверных источников, таких как государственные информационные ресурсы или международные источники данных. Материалами для работы послужили космические снимки с метеорологических и океанологических спутников за летний сезон 2017 г., а также данные наземных гидрологических измерений. Работа основывается на стандартных методах и методиках, изложенных в работах зарубежных и отечественных исследователей.

Методика выявления апвеллинга основывалась на аналогичных исследованиях, изложенных в нижеприведенных работах [15-18]. Для обнаружения явления в первую очередь использовались температурные показатели при резком понижении среднесуточной температуры более чем на 2°C . Подтверждался этот факт по космическим снимкам и наземным данным.

Классификация апвеллинга производилась по критериям продолжительности, интенсивности и масштабу. При продолжительности он делится на короткий (менее 3-х суток), нормальный (4-6 суток) и длительный (более 7). Интенсивность определялась по разности температурных показателей в последние сутки до его появления и минимальной температурой во время самого апвеллинга. В случае фиксации разности менее 3°C апвеллинг считается слабым, $3-5^\circ\text{C}$ – средним, более 5°C – сильным.

Если при фиксировании падения температуры в одном пункте наблюдения апвеллинг считается локальным, одновременно в 2-х пунктах – субрегиональным и в 3-х и более пунктах – региональным.

Материалы наземных гидрометеорологических наблюдений

Наземные данные получены в ходе гидрометеорологических наблюдений на постах в прибрежной зоне, а в открытом море данные измерены на судах. Эти данные сосредоточены в государственном информационном фонде – Единой государственной системе информации об обстановке в мировом океане (ЕСИМО).

Поиск возможен в следующих тематических разделах: температура воды; температура воздуха; солёность; скорость ветра; высота волн; уровень моря и содержание кислорода. Эти данные разделены для прибрежной зоны и открытого моря в виде статистики и трендов.

Из массива данных произведен поиск показателей для Среднего Каспия с 2010 по 2018 г и выгружен в формате *.csv. На их основе была создана автономная база пространственных данных в среде ArcGIS. В качестве ключевого поля установлен идентификатор станций, по которому производилась нормализация с тематическими данными: среднесуточная температура и солёность (на станциях наблюдения Махачкала, Избербаш и Дербент), сведения об уровне моря (на станциях Махачкала и Тюлений).

Станции наблюдений на дагестанском побережье приведены на рисунке 1 [17].



Рисунок 1. Станции наблюдения на Дагестанском побережье (Россия) [17]

Figure 1. Observation stations on the Dagestan coast (Russia) [17]

База геопространственных данных организована с возможностью расширения путем добавления новых данных, например, гидрохимических параметров (pH, содержание растворенного кислорода и биогенных элементов).

Данные дистанционного зондирования

Космические снимки получены из специализированных центров Ocean Color NASA (данные съемочных систем MODIS), Earth Science Data Systems (ESDS) NASA и SATIN [10; 25; 26]. Эти данные организованы по-разному, отражая различные пространственные, временные и параметрические группировки. В общем случае эти службы производят сбор, обработку, калибровку, проверку, архивацию и распространение продуктов, связанных с океаном, из большого числа оперативных спутниковых миссий дистанционного зондирования, которые предоставляют данные о цвете океана, температуре и солености поверхности моря для международных исследований с 1996 года.

В каталоге Ocean Color NASA представлены несколько вариантов данных разных уровней обработки. В разделе уровень 0 (Level 0) содержатся необработанные данные, полученные непосредственно с сенсора MODIS. Работа с этими данными достаточно трудоемкая.

Данные уровня 1A (Level 1A) проходят некоторую предварительную обработку, например, привязываются ко времени и снабжаются аннотацией с вспомогательной информацией, включая радиометрические и калибровочные коэффициенты, параметры географической привязки (например, данные эфемерид платформы). Именно этот факт делает уровень 1A предпочтительным уровнем архивных данных. Прошедшие радиометрическую коррекцию снимки относятся к уровню 1B (Level 1B).

Второй уровень данных (Level 2) составляют продукты, полученные из данных предыдущего уровня. Как правило, это геофизические переменные с тем же разрешением, что и исходные данные уровня 1. Эти переменные сгруппированы в несколько наборов продуктов (например, цвет океана или температура).

Данные уровня 3 – это производные геофизические переменные, которые были агрегированы на четко определенную пространственную сетку в течение определенного периода времени (например, ежедневно, 8 дней, ежемесячно и т.д.).

Данные уровня 4 представляют собой выходные данные модели или результаты анализа данных более низкого уровня (например, переменных, полученных из нескольких измерений).

Были отобраны данные 2 и 3 уровней, полученные с помощью спутников Terra и Aqua в интервале с 10.30 до 14.00 (MSK). Поиск производился на летний период с учетом облачности. Было отобрано более 200 сцен, пригодных для дальнейшей работы [14].

Технология обработки данных дистанционного зондирования

Обработка данных заключалась в геометрической коррекции и синтезе каналов в программе SeaDAS. Данная программа разработана для целей дешифрирования снимков при океанологических исследованиях. Заложенные в программу алгоритмы позволяют идентифицировать продукты MODIS и подбирать для них параметры коррекции.

Для получения тепловых полей использовались каналы в инфракрасном диапазоне с пространственным разрешением в 1 км и точностью температуры 0,3-0,5°C.

Расширение файлов для продуктов уровня обработки 2 также воспроизводится и визуализируется пакетом SeaDAS. Для этих продуктов производился расчет минимальных и максимальных показателей, исходя из чего подбирается тип шкалы в легенде. Для данных концентрации хлорофилла *a* оптимальным оказалась шкала логарифмического типа с шагом 10 мг/м^3 . Для определения количества взвеси в воде и характера распределения производилась обработка слоя – коэффициент диффузного ослабления для длины волны 490 нм (K_d_{490}), что характеризует степень прозрачности морской воды. Для этого использовались красный, ближний инфракрасный и синий каналы MODIS.

Создание тематического геоинформационного проекта
Обработанные космические снимки и файлы с геофизическими параметрами имеют пространственную привязку в проекции WGS-84, что позволяет их легко адаптировать в ранее созданную базу геопространственных данных.

В базу геоданных внесено 95 изображений с температурными полями.

По внесенным в базу геоданным наземных наблюдений производилось создание серий интерполяционных карт, по которым производится верификация спутниковых данных, что показало незначительное отклонение показателей, полученных наземным и спутниковыми методами.

ГИС-проект имеет в своей структуре 3 блока.

В первый блок включены базовые пространственные слои, куда входят наборы векторной батиметрической карты Каспийского моря и космический снимок высокого пространственного разрешения. Также предусмотрена возможность подключения посредством WMS-подключения базовых слоев глобального охвата, предоставляемых ArcGIS Online.

Второй блок состоит из слоев наземных наблюдений. Данные организованы в атрибутивных таблицах с возможностью пространственного анализа и моделирования. По этим данным создается растровые привязанные карты измеренных величин методом кригинга.

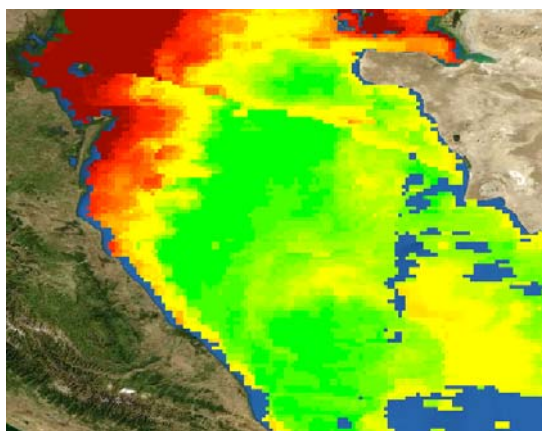
Следующий блок данных – тематические данные, полученные со спутника и обработанные в программе SeaDAS. Они имеют ту же пространственную привязку, что и предыдущие слои и могут быть интегрированы в базу данных. По этим данным в последующем производились картометрические работы по определению характеристик апвеллинга (площадей, интенсивности и т.д.).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

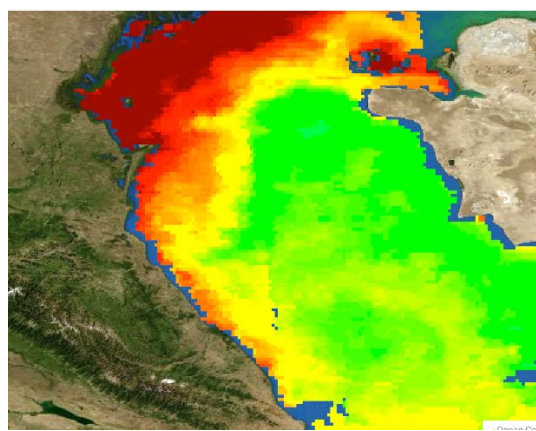
*Оценка содержания хлорофилла *a* по спутниковым данным*
Признаком, по которому можно идентифицировать апвеллинг, является содержание в воде фитопланктона. Фитопланктон фиксируется видимой и ближней инфракрасной частями электромагнитного излучения с точностью до 5%. Это становится возможным благодаря прекращению процесса фотосинтеза, когда пигмент хлорофилл начинает флюоресцировать.

К началу летнего сезона в целом для Северного Каспия концентрация хлорофилла *a* находится на уровне более 10 мг/м^3 и такой показатель сохраняется в водной массе до станции Лопатина. По состоянию на 1 июня в Среднем Каспии содержание хлорофилла составляет $4-5 \text{ мг/м}^3$. Водные массы с такими показателями тянутся узкой полосой вдоль дагестанского побережья на юг. К 8 июня концентрация хлорофилла снижается до среднего показателя $2,5 \text{ мг/м}^3$, но при этом значительно увеличивается площадь распространения хлорофилла с таким показателем. Такое состояние сохраняется до 13 июня, после чего падает концентрация хлорофилла и уменьшается площадь с такими данными. При этом для прибрежной полосы показатель хлорофилла в этот период держится на уровне до 5 мг/м^3 (рис. 2).

До 25 июня концентрация хлорофилла *a* держится на уровне $1-2 \text{ мг/м}^3$, после чего резко возрастает до 6 мг/м^3 , постепенно увеличивая площадь содержания. На расстоянии около 80 км от дагестанского побережья в направлении с запада на восток концентрация снижается до 1 мг/м^3 . К 30 числу этот показатель достигает значения $1,5-2 \text{ мг/м}^3$ почти для всей акватории Среднего Каспия (рис. 3).



a)



b)

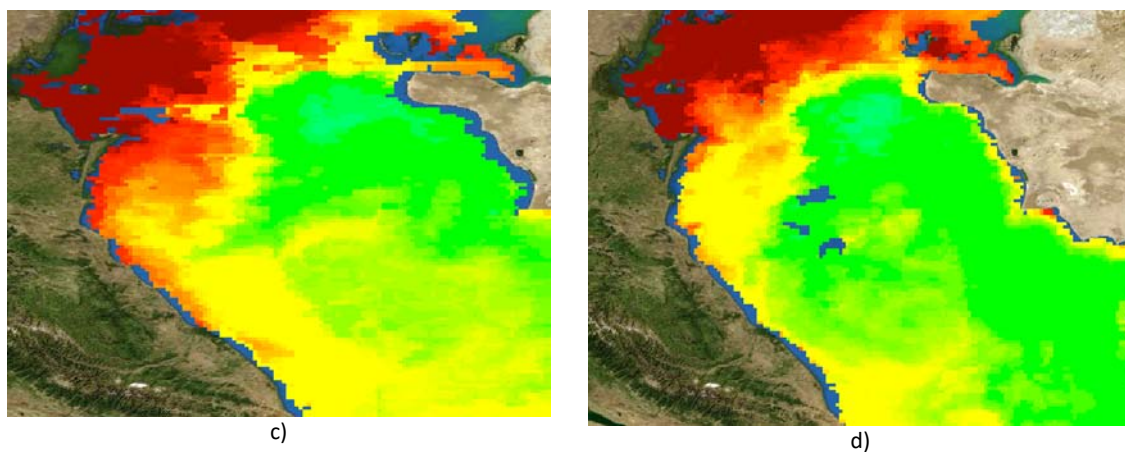


Рисунок 1. Фрагменты карт концентрации хлорофилла *a*: а – 01 июня; б – 08 июня; с – 12 июня; д – 17 июня
Figure 2. Sections of maps of chlorophyll *a* concentration: а – 01 June; б – 08 June; с – 12 June; д – 17 June 2017

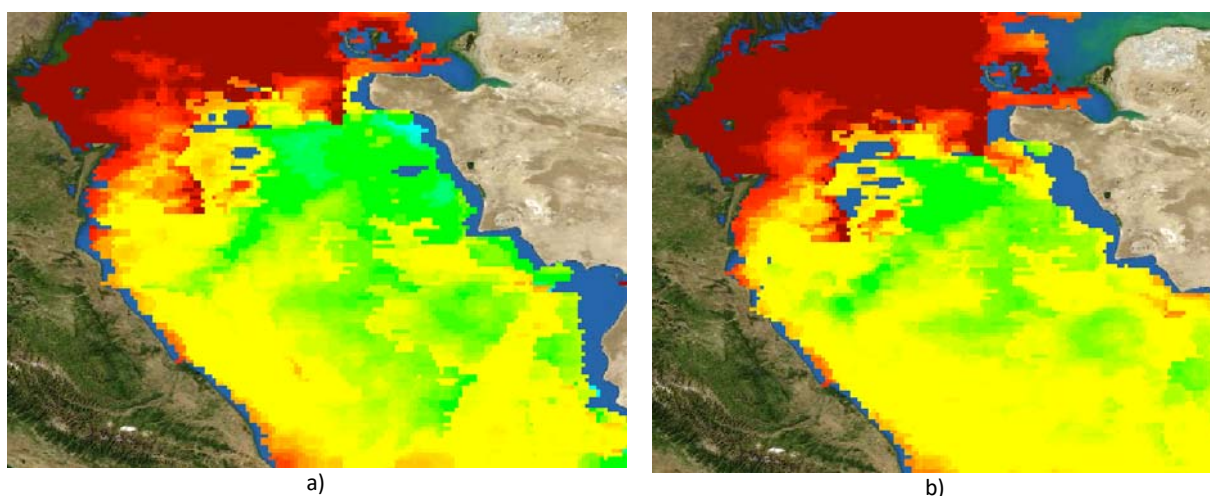
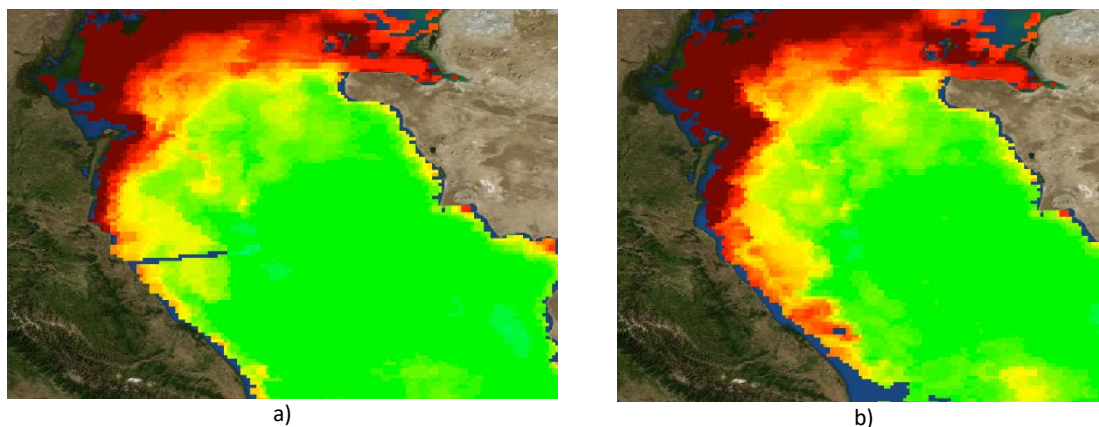


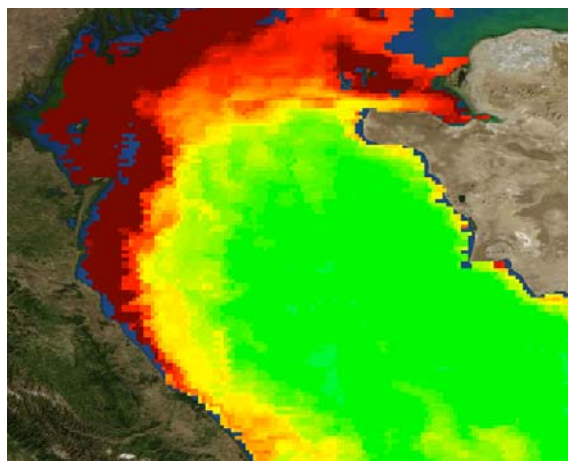
Рисунок 3. Фрагменты карт концентрации хлорофилла *a*: а – 28 июня; б – 30 июня
Figure 3. Sections of maps of chlorophyll *a* concentration: а – 28 June 28; б – 30 June 2017

Начиная с 7 июля, содержание хлорофилла повышается до 7-8 мг/м³ к северу от Махачкалы, а к югу достигает 2 мг/м³ в районе устья реки Самур. К 13 июня концентрация хлорофилла значительно снижается. 16 июня этот показатель достигает 10 мг/м³ в пятнадцатикилометровой полосе к северу от Махачкалы. В то же время, к югу от Махачкалы показатель хлорофилла держится на уровне 3-5 мг/м³. Такая картина сохраняется до 20 июля, а 21 июля заметно увеличивается площадь с показателем 5 мг/м³,

что продолжается до 29-30 июля. Зоне к северу от Избербаша в этот период характерна концентрация более 10 мг/м³ (рис. 4).

Такое пространственное распределение хлорофилла наблюдается до 1 августа, после которого его концентрация начинает снижаться. В прибрежной тридцатикилометровой полосе до устья Самур спутники зафиксировали показатель содержания хлорофилла более 10 мг/м³ (рис. 5).

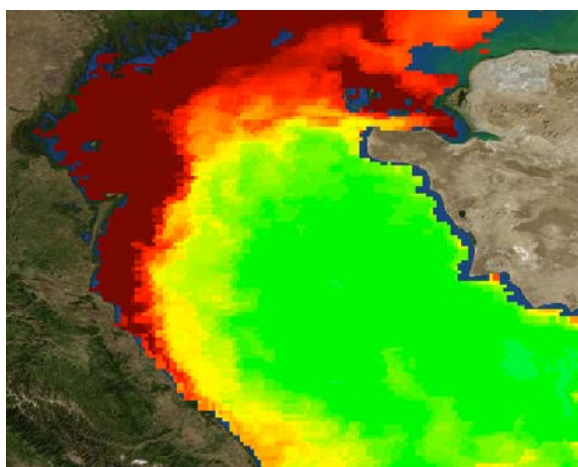




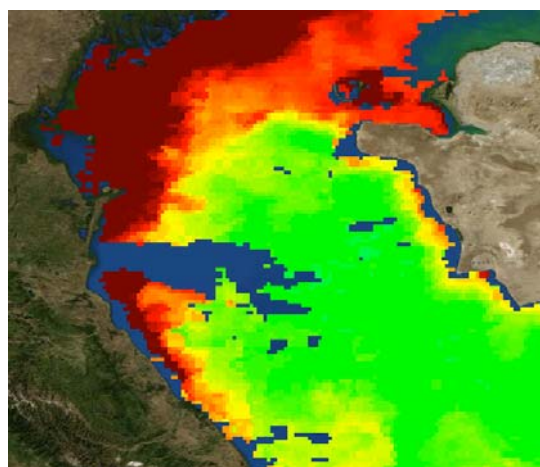
с)

Рисунок 4. Фрагменты карт концентрации хлорофилла а: а – 19 июля; б – 21 июля; с – 29 июля

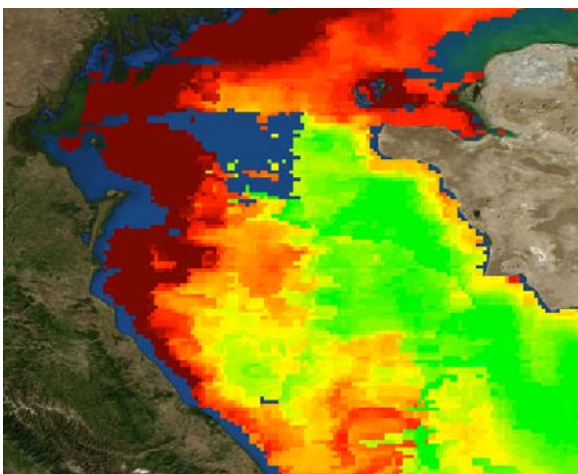
Figure 4. Sections of maps of chlorophyll *a* concentration: а – 19 July; б – 21 July; с – 29 July 2017



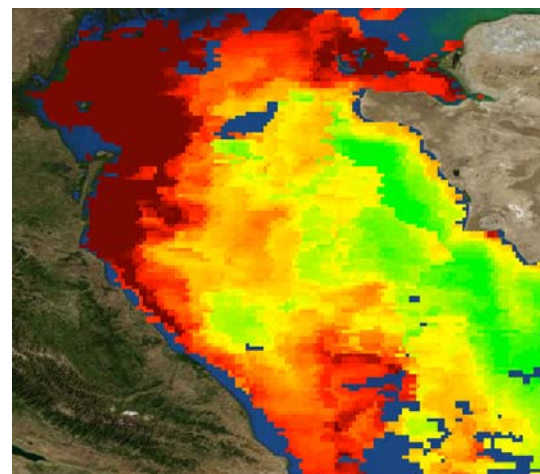
а)



б)



с)



д)

Рисунок 5. Фрагменты карт концентрации хлорофилла а: а – 01 августа; б – 11 августа; с – 13 августа; д – 16 августа

Figure 5. Sections of maps of chlorophyll *a* concentration: а – 01 August 01; б – 11 August; с – 13 August; д – 16 August 2017

В последующем наблюдается увеличение площади с концентрацией больше $4,5-5 \text{ мг/м}^3$, достигая максимума к 16 августа. Уменьшение площади начинается с 20 августа, при этом в прибрежной полосе сохраняется концентрация на уровне $7-8 \text{ мг/м}^3$. Следующее резкое увеличение площади и концентрации наблюдается к 29 августа (рис. 6). В последующие дни и в течение осеннего сезона

концентрации хлорофилла на всей акватории Среднего Каспия равномерно распределено в поверхностном слое в диапазоне $1-5 \text{ мг/м}^3$.

Флюоресценция фитопланктона заметна на снимках оптического диапазона, но из-за облачности или дымки их использование затруднено (рис. 7). Яркое свечение свидетельствует о завершении фотосинтеза и гибели фитопланктона.

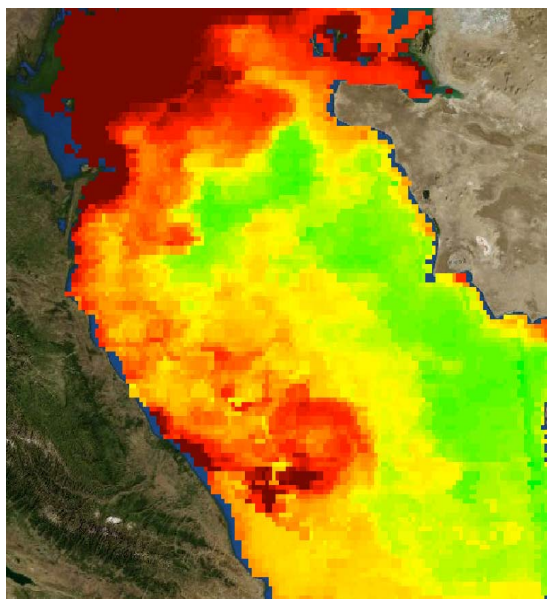


Рисунок 6. Фрагменты карт концентрации хлорофилла *a* 29 августа

Figure 6. Section of map of chlorophyll *a* concentration on 29 August 2017

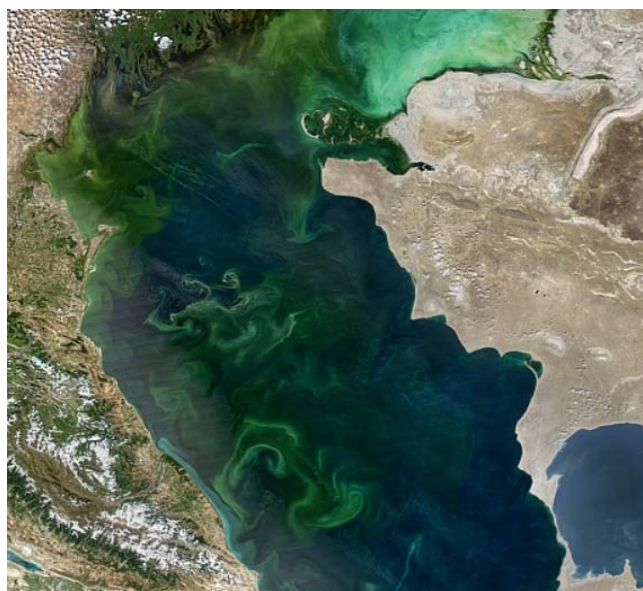


Рисунок 7. Снимок с флуоресценцией фитопланктона 3 августа

Figure 7. Image with phytoplankton fluorescence on 3 August 2017

Анализ и оценка интенсивности проявления апвеллинга с помощью ГИС-проекта

Выявление сроков, размеров и интенсивности апвеллингов за исследуемый период производится с привлечением в дополнение к ранее обработанным космическим снимкам данных наземных наблюдений, сведенных в базу геоданных. По этим данным в исследуемый период в западной части Среднего Каспия подъем холодных и обогащенных биогенными элементами глубинных вод наблюдался 3 раза.

Первый случай апвеллинга проявляется 9-17 июня. В это время температура зафиксированная минимальная температура в районе Махачкалы составляет 14°C, при повышении солёности до 12‰ (рис. 8).

По космическим снимкам замечено, что этот апвеллинг начался в районе Лопатина, на три дня раньше, чем на станции Махачкала и впоследствии (09 июня) охватил площадь 1500 км². Здесь апвеллинг сохранялся вплоть до 16 июня. По интенсивности он относится к категории сильный, а по продолжительности – длительный. Так как более слабый апвеллинг был замечен в этот же период (12 июня) у станции Дербент с минимальной температурой 18°C, то можно утверждать, что явление имеет региональный масштаб. Также в поверхностном слое этой массы воды зафиксировано постепенное увеличение содержания растворенного кислорода и величины pH. Максимальные значения этих показателей составляет 9,70 мг/л – растворенного

кислорода и $pH=8,64$. Также зафиксировано повышение содержания хлорофилла и взвеси (рис. 9).

Следующий апвеллинг, наблюдавшийся с 19 июня по 1 июля, был средней интенсивности, но отличался продолжительностью. Минимум среднесуточной температуры за это время составил $17,9^{\circ}C$. Падение температуры в начале апвеллинга составило $2,8^{\circ}C$ при повышении солёности на 1‰ (рис. 9).

Площадь поверхности с данными показателями составила 253 км^2 , а 26 числа достигла максимума – 454 км^2 . По охвату акватории этот апвеллинг относится к субрегиональному. Гидрохимические показатели также изменились. 20 июня было зафиксировано высокое содержание растворенного кислорода. Концентрация хлорофилла a повысилась с 4 до $8-12 \text{ мг/м}^3$, доходя 24 июня до значения 23 мг/м^3 (рис. 10).

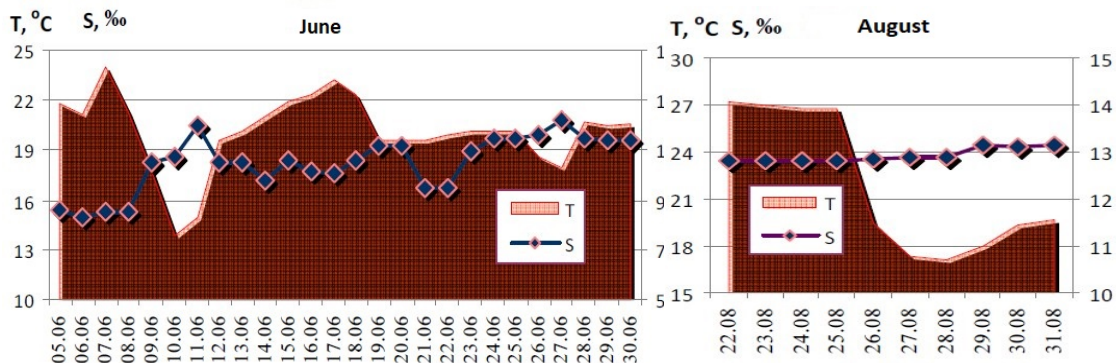


Рисунок 8. График среднесуточных значений солёности и температуры в районе станции Махачкала (по данным Росгидромета)

Figure 8. Diagram of daily average salinity and temperature values in the area of the Makhachkala station (according to Roshydromet data)

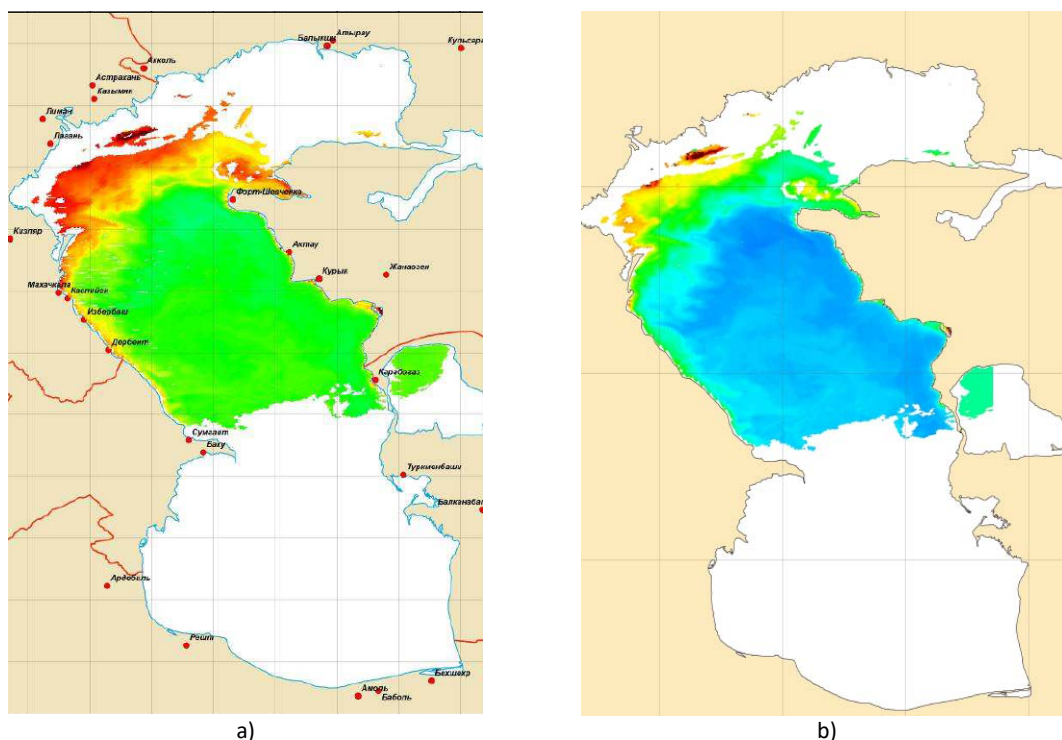


Рисунок 9. Карты концентрации хлорофилла a (a) и взвеси (b) (12 июня)

Figure 9. Maps of the concentration of chlorophyll a (a) and suspended matter (b) (12 June 2017)

Третий случай апвеллинга в исследуемой области зафиксирован в конце августа (26 августа). Этот апвеллинг характеризуется снижением температуры на $7,4^{\circ}C$, что у берега составила $17,1^{\circ}C$ (рис. 10). Апвеллинг длился до 1 сентября. Данный апвеллинг является сильным и длительным.

Для данного апвеллинга не характерен сильный скачок солёности (на $0,32\text{‰}$), как в предыдущих

случаях. Площадь акватории, на котором проявился апвеллинг, составила около 500 км^2 .

Гидрохимическое состояние воды отличается ростом содержания растворенного кислорода и величины pH накануне апвеллинга. Растворенный кислород достиг максимума в 8 мг/л к 26 августа.

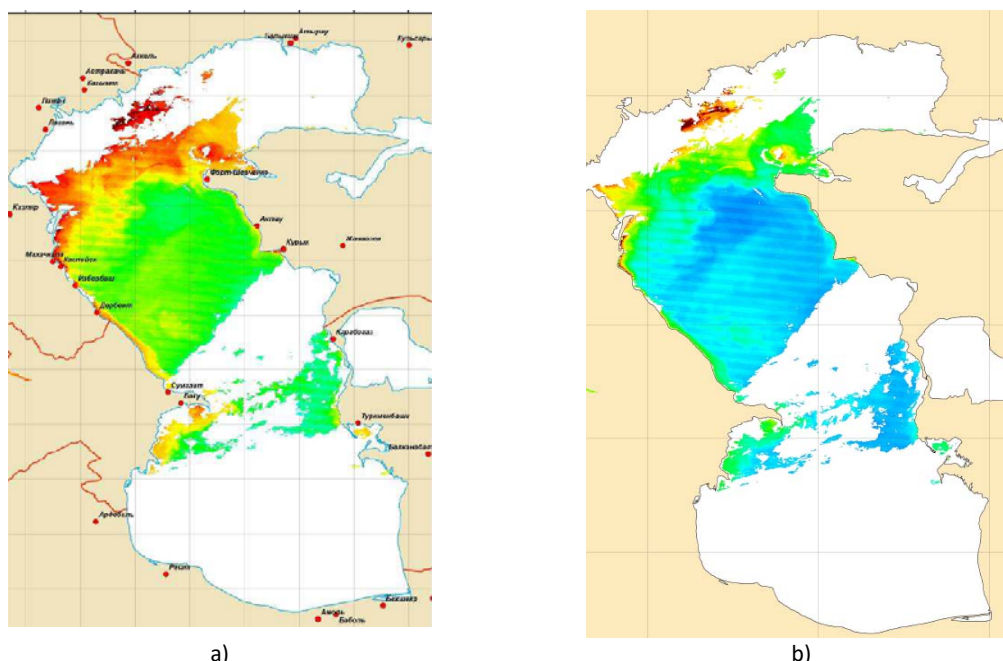


Рисунок 10. Карты концентрации хлорофилла *a* (а) и взвеси (б) (24 июня)

Figure 10. Maps of the concentration of chlorophyll *a* (a) and suspended matter (b) (24 June 2017)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Апвеллинг оказывает существенное влияние на пространственное распределение и структуру морских экосистем, что выявляется посредством многофакторного анализа гидрофизических и гидрохимических показателей на основе геоинформационного подхода. Анализ литературы по данному направлению показал повсеместное использование космических снимков, а также возможности и ограничения их применения в исследовании апвеллинга.

Работа по подбору материалов космосъемок показала существование большое количества спутниковых систем, пригодных для проведения подобных работ. Это обуславливает необходимость разработки алгоритмов интеграции данных с этих спутников. Для выявления самих гидрофизических показателей и концентрации хлорофилла *a* эффективными оказались способы алгебры изображений, что позволило выявить многие параметры, недоступные для прямого визуального дешифрирования.

Для Каспийского моря, ввиду его больших размеров, характерна пространственная неоднородность океанологических параметров. Это можно проследить по результатам обработки космических снимков и их верификации по наземным данным. В то время как для Восточной части Среднего Каспия апвеллинг за изучаемый сезон являлся устойчивым явлением, сохраняя аномальные температуры весь период, то в западной части он носит периодический и разномасштабный характер. Всего по наземным данным выделено и подтвержден по спутниковым данным 3 апвеллинга [27].

Значительные трудности составили пропуски в данных как на космических снимках, обусловленные облачностью, так и на наземных станциях наблюдений.

В целом проделанная работа не подтвердила именно дрейфовую природу апвеллинга на западном

Каспии, что говорит о необходимости проведения долговременного изучения материалов космической съемки и наземных наблюдений. Выполнение такой работы возможно на базе возможностей многофакторного геоинформационного моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Океанографическая энциклопедия, 1974, С. 20-22.
URL: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html>
(Дата обращения: 13.02.2021)
2. Жуков Л.А. Общая океанология. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 376 с.
3. Gaines S., Airame S. Upwelling. URL: <https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/02quest/background/upwelling/upwelling.html> (дата обращения: 01.03.2021)
4. Рабинович Ю., Говинджи К. Роль хлорофилла в фотосинтезе. Молекулы и клетки. Москва: Мир, 1967. С. 72-83.
5. Карл Г. Предсказания продукции фитопланктона по показаниям среды обитания // Материалы II Международного океанографического конгресса, Москва: Наука, 1966. С. 188-189.
6. Steemann N.E. Marine Photosynthesis with Special Emphasis on the Ecological Aspects. Amsterdam, New York, Elsevier Scientific Pub., Co., 1975, 141 p.
7. Семина Г.И. Вертикальное распределение жизни в океане. Пелагиаль. Фитопланктон // Биология океана. Т. 1. Биологическая структура океана. М.: Наука. 1977. С. 117-124.
8. Мордасова Н. В. Косвенная оценка продуктивности вод по содержанию хлорофилла // Труды ВНИРО. Комплексные исследования экосистемы Берингова моря. 2014. Т. 152. С. 41-54
9. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С. А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н. А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. Москва: ИКИ РАН, 2011. 480 с.

10. Ocean Color Data. URL: <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/directaccess> (дата обращения: 12.01.2021)
11. Костяной А.Г. Спутниковый мониторинг климатических параметров океана. Часть 2 // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 2. С. 63-85.
12. Кравцова В.И., Тутубалина О.В., Балдина Е.А. Гиперспектральная система MODIS: обзор областей применения // Межуниверситетский аэрокосмический центр при Географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. URL: http://www.geogr.msu.ru/science/aero/acentr/int_sem4/modis_appl.htm (дата обращения: 24.01.2021)
13. Earth Science Data Systems (ESDS) Program. URL: <https://earthdata.nasa.gov/esds> (Дата обращения: 23.03.2021)
14. JPL MUR MEaSUREs Project. 2015. GHRSSST Level 4 MUR Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (v4.1). Ver. 4.1. PO.DAAC, CA, USA. URL: <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/MUR-JPL-L4-GLOBv4.1> (дата обращения: 09.01.2021) DOI: 10.5067/GHGM-4FJ04
15. Курамагомедов Б.М., Монахова Г.А., Гаджиев А.А., Ахмедова Г.А. Опыт использования геоинформационных технологий в исследованиях апвеллинга в Каспийском море // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. N 4. С. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-121-125
16. Гурова Е.С., Иванов А.Ю. Особенности проявления гидродинамических структур в юго-восточной части Балтийского моря по данным спектрорадиометров MODIS и космической радиолокации // Исследование Земли из космоса. 2011. N 4. С. 41-54.
17. Монахова Г.А., Курамагомедов Б.М., Расулова М.М., Бекشوкова П.А. Геоинформационные системы в изучении особенностей апвеллинга у западного побережья среднего Каспия // Юг России: экология, развитие. 2012. Т. 7. N 3. С. 116-119. DOI: 10.18470/1992-1098-2012-3-116-119
18. Гинзбург А. И., Костяной А.Г., Соловьев Д.М., Шеремет Н.А. Структура апвеллинга у западного побережья Среднего Каспия (по спутниковым наблюдениям) // Исследование Земли из космоса. 2005. N 4. С. 76-85.
19. Нестеров Е.С. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз. Москва: Трида лтд, 2016. 378 с.
20. Электронный атлас Каспийского моря. Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2015. URL: <http://www.geogr.msu.ru/casp/> (дата обращения: 21.01.2021)
21. Электронный справочник по природной среде Каспия / Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане. URL: http://www.esimo.ru/atlas/new/Kasp/1_1.html (дата обращения: 24.01.2021)
22. Кутузов А.В. Оперативный спутниковый мониторинг скоплений планктонных водорослей и количественная оценка их плотности // Географический вестник. 2016. Т. 38. N 3. С. 160-168. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-3-160-168
23. Цхай Ж.Р., Хен Г.В. Оценка общего содержания хлорофилла *a* в Охотском море с использованием спутниковых данных // Исследование Земли из космоса. 2020. N 6. С. 34-46. DOI: 10.31857/S0205961420060056
24. Suslin V.V., Churilova T.Ya. Regional algorithm for separating light absorption by chlorophyll-a and coloured detrital matter in the Black Sea, using 480-560 nm bands from ocean colour scanners. International Journal of Remote Sensing, 2016, vol. 37, no. 18, pp. 4380-4400. DOI: 10.1080/01431161.2016.1211350
25. SATIN: каталог данных / Лаборатория спутниковой океанографии РГГМУ. URL: <http://satin.rshu.ru/> (дата обращения: 14.03.2021)
26. Worldview Earth Data NASA. URL: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> (дата обращения: 11.01.2021)
27. Багомаев А.А., Гусейнова Н.О. Выявление температурных аномалий на западном Каспии за 2017 г. по данным дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. N 4. С. 63-74. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-63-74

REFERENCES

1. *Okeanograficheskaya entsiklopediya* [Oceanographic encyclopedia]. 1974, pp. 20-22. Available at: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/upwelling.html> (accessed 13.02.2021) (In Russian)
2. Zhukov L.A. *Obshchaya okeanologiya* [General Oceanology]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1976, 376 p. (In Russian)
3. Gaines S., Airame S. Upwelling. Available at: <https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/02quest/bac kground/upwelling/upwelling.html> (accessed 01.03.2021)
4. Rabinovich Yu., Govindzhi K. *Rol' khlorofilla v fotosinteze. Molekuly i kletki* [The role of chlorophyll in photosynthesis. Molecules and cells]. Moscow, Mir Publ., 1967, pp. 72-83. (In Russian)
5. Karl G. *Predskazaniya produktzii fitoplanktona po pokazaniyam sredy obitaniya* [Predictions of phytoplankton production based on habitat indications]. *Materialy II Mezhdunarodnogo okeanograficheskogo kongressa, Moskva, 1966* [Proceedings of the II International Oceanographic Congress, Moscow, 1966]. Moscow, 1966, pp. 188-189. (In Russian)
6. Steemann N.E. *Marine Photosynthesis with Special Emphasis on the Ecological Aspects*. Amsterdam, New York, Elsevier Scientific Pub., Co., 1975, 141 p.
7. Semina G.I. *Vertikal'noe raspredelenie zhizni v okeane. Pelagial'. Fitoplankton. Biologiya okeana. Biologicheskaya struktura okeana* [Vertical distribution of life in the ocean. Pelagial. Phytoplankton. Ocean Biology. Biological structure of the ocean]. Moscow, Nauka Publ., 1977, vol. 1, pp. 117-124. (In Russian)
8. Mordasova N.V. [Indirect assessment of water productivity by chlorophyll content]. In: *Trudy VNIRO. Kompleksnye issledovaniya ekosistemy Beringova morya* [Proceedings of VNIRO. Comprehensive studies of the ecosystem of the Bering Sea]. 2014, vol. 152, pp. 41-54 (In Russian)
9. Lavrova O.Yu., Kostyanov A.G., Lebedev S.A., Mityagina M.I., Ginzburg A.I., Sheremet N.A. *Kompleksnyi sputnikovyi monitoring morei Rossii* [Integrated satellite monitoring of the seas of Russia]. Moscow, Space Research Institute RAS Publ., 2011, 480 p. (In Russian)
10. Ocean Color Data. Available at: <https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/directaccess> (accessed 12.01.2021)

11. Kostyanoy A.G. Satellite monitoring of climatic parameters of the ocean. Part 2. Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya [Fundamental and applied climatology]. 2017, no. 2, pp. 63-85. (In Russian)
12. Kravtsova V.I., Tutubalina O.V., Baldina E.A. *Giperspektral'naya sistema MODIS: obzor oblastei primeneniya* [Hyperspectral system MODIS: an overview of applications]. Interuniversity Aerospace Center at the Faculty of Geography, Moscow State University of M.V. Lomonosov. Available at: http://www.geogr.msu.ru/science/aero/acentr/int_sem4/modis_appl.htm (accessed 24.01.2021) (In Russian)
13. Earth Science Data Systems (ESDS) Program. Available at: <https://earthdata.nasa.gov/esds> (accessed 23.03.2021)
14. JPL MUR MEASURES Project. 2015. GHRST Level 4 MUR Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (v4.1). Ver. 4.1. PO.DAAC, CA, USA Available at: <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/MUR-JPL-L4-GLOBv4.1> (accessed 09.01.2021). DOI 10.5067/GHGMR-4FJ04
15. Kuramagomedov B.M., Monakhova G.A., Gadzhiev A.A., Akhmedova G.A. The experience of using of the geoinformation technologies in the Investigation of upwelling in the Caspian Sea. *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 4, pp. 121-125. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-121-125
16. Gurova E.S., Ivanov A.Yu. Appearance of Sea Surface Signatures and Current Features in the South East Baltic Sea on the MODIS and SAR images. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Research of the Earth from space]. 2011, vol. 9, no. 4, pp. 41-54. (In Russian)
17. Monakhova G.A., Kuramagomedov B.M., Rasulova M.M., Bekshokova P.A. Geoinformation systems in the study of the peculiarities of the upwelling at the western coast of the middle Caspian. *South of Russia: ecology, development*, 2012, vol. 7, no. 3, pp. 116-119. (In Russian) DOI 10.18470/1992-1098-2012-3-116-119
18. Ginzburg A.I., Kostyanoy A.G., Soloviev D.M., Sheremet N.A. The structure of upwelling near the western coast of the Middle Caspian (according to satellite observations). *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Research of the Earth from space]. 2005, no. 4, pp. 76-85. (In Russian)
19. Nesterov E.S. *Vodnyi balans i kolebaniya urovnya Kaspiiskogo morya. Modelirovanie i prognoz* [Water balance and fluctuations in the level of the Caspian Sea. Modeling and forecasting]. Moscow, Triada Ltd. Publ., 2016, 378 p. (In Russian)
20. *Elektronnyi atlas Kaspiiskogo moriya. Geograficheskii fakul'tet MGU imeni M.V. Lomonosova* [Electronic atlas of the Caspian Sea. Faculty of Geography, Moscow State University named after M.V. Lomonosov]. 2015. Available at: <http://www.geogr.msu.ru/casp/> (accessed 21.01.2021)
21. *Elektronnyi spravochnik po prirodnoi srede Kaspiya. Edinaya gosudarstvennaya sistema informatsii ob obstanovke v Mirovom okeane* [Electronic reference book on the natural environment of the Caspian. Unified state information system on the situation in the World Ocean]. Available at: http://www.esimo.ru/atlas/new/Kasp/1_1.html (accessed 24.01.2021)
22. Kutuzov A.V. Operational satellite monitoring of plankton algae accumulation and quantitative estimation of their density. *Geographical bulletin*, 2016, vol. 38, no. 3, pp. 160-168. DOI: 10.17072/2079-7877-2016-3-160-168
23. Tskhai Zh.R., Khen G.V., Estimation of the total chlorophyll-a content in the Sea of Okhotsk using satellite data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2020, no. 6, pp. 34-46. (In Russian). DOI: 10.31857/S0205961420060056
24. Suslin V.V., Churilova T.Ya. Regional algorithm for separating light absorption by chlorophyll-a and coloured detrital matter in the Black Sea, using 480-560 nm bands from ocean colour scanners. *International Journal of Remote Sensing*, 2016, vol. 37, no. 18, pp. 4380-4400. DOI: 10.1080/01431161.2016.1211350
25. *SATIN: katalog dannykh / Laboratoriya sputnikovoi okeanografii RGGMU* [SATIN: data catalog / Laboratory of Satellite Oceanography, Russian State Hydrometeorological University]. Available at: <http://satin.rshu.ru/> (accessed 14.03.2021)
26. Worldview Earth Data NASA. Available at: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> (accessed 11.01.2021)
27. Bagomaev A.A., Guseynova N.O. Identification of temperature anomalies in the western Caspian Sea in 2017 based on remote sensing data. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 63-74. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-63-74

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени участвовали в написании статьи, и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

Надира О. Гусейнова / Nadira O. Guseynova <https://orcid.org/0000-0003-3979-4293>
 Абдулмеджид А. Багомаев / Abdulmedzhid A. Bagomaev <https://orcid.org/0000-0001-5043-6345>
 Лейла Ш. Ахмедова / Leyla Sh. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0003-1347-1429>
 Башир М. Курамагомедов / Bashir M. Kuramagomedov <https://orcid.org/0000-0002-4446-0645>

Оригинальная статья / Original article

УДК 433:591.543.4

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа

Виталий В. Братков^{1,3}, Светлана В. Савинова², Павел В. Ключин²,
Ибрагим А. Керимов^{3,4}, Луиза Р. Бекмурзаева³

¹Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия,

²Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия,

³ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

⁴ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

Контактное лицо

Павел В. Ключин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экономики недвижимости, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; 105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, 15. Тел. +79647989844

Email klyushinpv@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

Формат цитирования

Братков В.В., Савинова С.В., Ключин П.В., Керимов И.А., Бекмурзаева Л.Р. Картографирование современной изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 173-181. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Получена 1 сентября 2021 г.

Прошла рецензирование 10 октября 2021 г.

Принята 10 ноября 2021 г.

Резюме

Цель. Оценка современных климатических, а на этой основе картографических изменений территории Северного Кавказа для эффективного ее использования.

Методы. Оценка влияния климатических изменений и их последствий с точки зрения условий тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода на биологическую продуктивность региона, а на этой основе создание карт динамики агроклиматических условий.

Результаты. Площади территорий с разными условиями увлажнения довольно значительно изменяются во времени. Так, сухая зона на территории Северного Кавказа может практически полностью исчезать в отдельные годы. Тогда как остальные зоны увлажнения представлены гораздо более стабильно. Минимальную площадь за весь рассматриваемый период времени имеют территории, где могут отмечаться наиболее засушливые условия. Изменения последнего времени привели к сокращению лесостепных условий за счет увеличения площади степных и сухостепных, что также можно отнести к улучшению климатических условий для производства зерновых культур.

Заключение. Проведенное нами исследование показало, что для территории Северного Кавказа характерна довольно существенная изменчивость условий тепло- и влагообеспеченности периода активной вегетации приводит к тому, что степные условия стали преобладать на большей части Западного и Центрального Предкавказья, а это благоприятствует повышению урожайности зерновых культур.

Ключевые слова

Россия, Северный Кавказ, картографирование, климат, температура, осадки, гидротермический коэффициент, рекомендации.

Mapping of modern variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus

Vitaly V. Bratkov¹, Svetlana V. Savinova², Pavel V. Klyushin²,
Ibragim A. Kerimov³ and Luiza R. Bekmurzaeva³

¹Moscow state University geodesy and cartography, Moscow, Russia

²State University of Land Management, Moscow, Russia,

³Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, Russia

⁴S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the RAS, Moscow, Russia

Principal contact

Pavel V. Klyushin, doctor of agricultural Sciences,
Professor of the Department of real estate
Economics State University of Land Use Planning;
15 Kazakova str., Moscow, Russia 105064.
Tel. +79647989844

Email klyushinpv@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

How to cite this article

Bratkov V.V., Savinova S.V., Klyushin P.V., Kerimov
I.A., Bekmurzaeva L.R. Mapping of modern
variability of agro-climatic conditions of the North
Caucasus. *South of Russia: ecology, development*.
2021, vol. 16, no. 4, pp. 173-181. (In Russian) DOI:
10.18470/1992-1098-2021-4-173-181

Received 1 September 2021

Revised 10 October 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. Assessment of modern climatic and corresponding cartographic changes in the territory of the North Caucasus for its effective use.

Methods. Assessment of the impact of climatic changes and their consequences from the point of view of the conditions of heat and moisture availability of the growing season on the biological productivity of the region, and on this basis the creation of maps of the dynamics of agro-climatic conditions.

Results. The areas of territories with different humidity conditions vary quite significantly over time. Thus, the dry zone of the North Caucasus can almost completely disappear in some years, while other humidity zones are much more stable. The territories where the most arid conditions can be observed have the minimum area for the entire period of time under consideration. Recent changes have led to a reduction in forest-steppe conditions due to an increase in the area of steppe and dry steppe, which can also be attributed to an improvement in climatic conditions for the production of grain crops.

Conclusion. Our research has shown that the territory of the North Caucasus is characterized by a rather significant variability in the conditions of heat and moisture supply during the active vegetation period, which leads to the fact that steppe conditions began to prevail in most of the Western and Central Caucasus, and this favors an increase in grain yields.

Key Words

Russia, North Caucasus, mapping, climate, temperature, precipitation, HTC, recommendations.

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство опирается, прежде всего, на природные условия и ресурсы региона. Они, в свою очередь, связаны с рельефом и климатом. Характер рельефа определяет возможности ведения хозяйства с точки зрения абсолютной высоты, уклона и экспозиции поверхностей, с которыми связаны многие, в том числе и неблагоприятные факторы, которые практически не меняются с течением времени, но могут оказывать влияние на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Климат как осредненный за многолетний период режим погод также характеризуется определенными статистическими показателями, которые, в отличие от рельефа существенно изменяются от года и, в конечном итоге, сказываются на таком важнейшем показателе сельскохозяйственных угодий, как продуктивность.

В последние десятилетия внимание не только научного сообщества, но и широкой общественности привлекают проблемы изменения климата и их возможные последствия. Традиционно упоминается глобальное потепление и его возможные последствия. Однако почему-то за скобками остается другой аспект изменения климата, от которого зависит продуктивность не только природных систем, но и сельскохозяйственных угодий: изменение температуры воздуха сопровождается также изменением количества и характером выпадения атмосферных осадков. Итогом этих сочетаний являются определенные циклы, приводящие к изменению пространственной структуры природных ландшафтов. Так, в 1970-е годы на территории Северного Кавказа отмечалось снижение температуры воздуха и сокращение количества выпадающих осадков, что привело как к усилению аридизации климата, так и к снижению уровня Каспийского моря, для стабилизации которого планировалась переброска стока рек из других бассейнов. В конце XX – начале XXI века тренд климатических изменений стал меняться: на фоне роста температуры воздуха стал отмечаться рост атмосферных осадков. Это привело, во-первых, к повышению уровня Каспийского моря почти на 2 м, и, во-вторых, к увеличению участия степных элементов в полупустынных ландшафтах. Данные изменения нашли отражение, например, в ежегодных докладах о состоянии окружающей природной среды субъектов Южного федерального округа.

Как уже отмечалось, в настоящее время продолжается рост температуры воздуха, который в пределах Северного Кавказа сопровождается в разной степени увеличением количества выпадающих осадков. Итогом этих изменений является то, что условия влагообеспеченности территории в период активной вегетации, выражаемые через такой интегральный

показатель, как гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), остаются сопоставимыми с предыдущими периодами, но при этом увеличилась продолжительность периода активной вегетации и несколько изменился характер выпадения осадков во времени. Эти природные изменения способствовали увеличению продуктивности сельскохозяйственных угодий и валовому сбору зерновых на Северном Кавказе [1-5].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами для оценки влияния климатических изменений и их последствий с точки зрения условий тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода были проанализированы данные, отражающие величину гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова за 1976-2015 годы, рассчитанные на основе месячных данных, имеющих свободный доступ на портале WorldClim.org, и отражающие климатические условия на территории земного шара. Сопоставление указанных данных с традиционными данными, собираемых на опорных метеостанциях изучаемой территории, показало, что для равнинной и предгорно-холмистой ее части их точность достаточна [6].

Исходные данные опирались на раздел указанного сайта, где хранятся исторические климатические данные месячного разрешения растры за период 1960-2018 гг. в формате GeoTIFF (.tif) с пространственным разрешением 2,5 минуты (~21 км²). Посредством маски была выделена изучаемая территория. Под Северным Кавказом традиционно понимается территория северного склона Большого Кавказа с южной границей по Главному Кавказскому хребту и прилегающая часть Предкавказья с северной границей по Кума-Манычской впадине.

Для создания карт динамики агроклиматических условий обрабатывались ежемесячные данные о температурах и количестве осадков за период активной вегетации, которая в условиях равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа длится с апреля по октябрь. Вычисление величины ГТК осуществлялась с применением модуля «Калькулятор растров» в среде ГИС по традиционной формуле:

$$ГТК = \frac{10 \cdot \sum T}{\sum T_c} = \frac{\sum T}{\sum T_c / 10}$$

где $\sum T$ – сумма осадков за период активной вегетации; $\sum T_c$ – сумма активных температур воздуха за тот же период вегетации.

Ранжирование данные также осуществлялось на основе исследований Г.Т. Селянинова, который по условиям тепло- и влагообеспеченности выделял зоны и подзоны увлажнения (табл. 1).

Таблица 1. Зоны увлажнения согласно ГТК по Г.Т. Селянинову**Table 1.** Humidity zones according HTC to G.T. Selyaninov

Зона увлажнения Humidity zone	Подзона Subzone	Природная зона Natural zone	ГТК HTC
Влажная / Wet	Избыточно влажная Excessively wet	Тайга / Taiga	≥1,6
	Влажная / Wet	Тайга и лиственные леса Taiga and deciduous forests	1,6-1,3
Засушливая / Arid	Слабо засушливая / Slightly arid	Лесостепь / Forest steppe	1,3-1,0
	Засушливая / Arid	Степь / Plain	1,0-0,7
	Очень засушливая / Very arid		0,7-0,4
Сухая / Dry	Сухая / Dry	Полупустыня / Semi-desert	0,4-0,2
	Очень сухая / Very dry	Пустыня / Desert	<0,2

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Традиционно климатические изменения фиксируются через сравнение статистических данных, фиксируемых на метеостанциях. Они характеризуют метеорологические параметры (прежде всего температуры и осадки), усредняемые за определенные промежутки времени. В результате выявления трендов на основании связи между климатическими параметрами и их влиянии на растительный покров делаются выводы о том, в какую сторону могут изменяться природные комплексы [7-9]. Так, аридизация климата потенциально может приводить к расширению площади полупустынных ландшафтов и доли пустынных элементов в растительном покрове. Гумидизация климата приводит к обратным последствиям: может увеличиться площадь, занятая степными элементами на равнине, увеличиться площадь лесов или повысится верхняя граница леса. Для выявления изменений такого рода (оценку площадных изменений, обусловленных изменением климатических параметров) необходимы другие методы. На наш взгляд, они должны опираться не только на точечные наблюдения гидрометеорологической сети, но и на пространственную

интерполяцию и экстраполяцию этих данных для определенных территорий.

Такую возможность дают современные ГИС-технологии, которые в настоящее время активно применяемые для картографирования климата и его параметров. Так, по точечным данным можно строить различные изолинии (температур, осадков, различных коэффициентов и индексов) и на основе анализа их положения в разные временные промежутки делать выводы об изменении параметров и влиянии их на природные комплексы. Также при картографировании, наряду с изолиниями, возможно создание разнообразных полигонов, моделирующих пространственно-временное положение того или иного климатического параметра и позволяющего определить площадь картографируемого параметра [7; 10-12].

Полученные растры, отражающие пространственное распределение величины ГТК, были усреднены по пятилетним отрезкам с 1976 по 2015 гг. Последним этапом обработки данных стало вычисление площадей, соответствующим разным подзонам увлажнения и природным зонам (от полупустынь до лесостепей) (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2. Изменение площадей с разными величинами ГТК в пределах равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа в 1976-2015 гг.

Table 2. Change of areas with different values of HTC within the flat and foothill-hilly parts of the North Caucasus in 1976-2015

ГТК HTC	Годы / Years							
	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015
0,2-0,4	658	1169	4319	61	1373	68	3768	4382
0,4-0,7	31857	34159	36032	29448	38252	27651	55520	48700
0,7-1,0	58697	107282	97401	60125	100903	101265	104946	110237
1,0-1,3	85398	39231	46941	81099	44608	48706	27764	29949
Итого / Total	176610	181841	184693	170733	185136	177690	191998	193268

Примечание: площади определены для территорий, где летние температуры превышают +10°C, а не для заданной территории, поэтому сумма площадей не является величиной постоянной

Note: the areas are defined for territories where summer temperatures exceed +10°C, and not for a given territory, so the sum of the areas is not a constant value

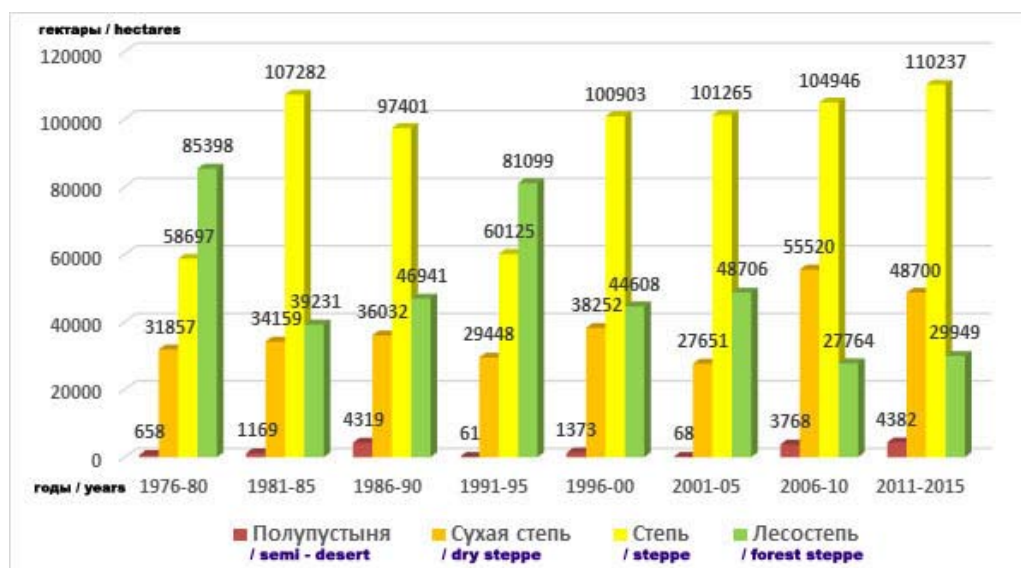


Рисунок 2. Соотношение площадей с разными величинами ГТК в пределах равнинной и предгорно-холмистой частей Северного Кавказа в 1976-2015 гг.

Figure 1. The ratio of areas with different values of HTC within the flat and foothill-hilly parts of the North Caucasus in 1976-2015

Как видно из представленных данных, площади территорий с разными условиями увлажнения довольно значительно изменяются во времени. Сухая зона на территории Северного Кавказа может практически полностью исчезать в отдельные годы, тогда как остальные зоны увлажнения представлены гораздо более стабильно. Изменение метеорологических условий конкретных лет и периодов приводит к разному сочетанию условий увлажнения и соответствующим этим условиям площадям.

Минимальную площадь за весь рассматриваемый период времени имеют территории, где могут отмечаться наиболее засушливые условия (*сухая и очень сухая зоны*, ГТК < 0,4). К ней относится часть Северного Кавказа, примыкающая к побережью Каспийского моря, особенно в северной части, а также остров Чечень. Минимальная площадь (около 60 км²) отмечалась в 1991-1995 и 2001-2005 гг. Довольно значительные площади с наиболее засушливыми условиями были в 1986-1990 и 2011-2015 гг., когда они отмечались на территориях более 4000 км².

Территория, занимаемая *очень засушливой зоной*, соответствующей сухим степям (ГТК=0,4-0,7) изменялась на территории Северного Кавказа от 27651 км² в 2001-2005 гг. до 55520 км² в 2006-2010 гг., то есть изменялась почти в два раза. В целом ее изменчивость стала возрастать с начала современных климатических изменений, которое началось с конца XX века.

Территория *засушливой зоны* (ГТК=0,7-1,0), соответствующей типичным степям, наиболее характерна для Северного Кавказа. Однако величина ее площади также существенно изменяется во времени: от

58697 км² в 1976-1980 гг. до 110237 км² в 2011-2015 гг. Существенно сокращение ее площади отмечалось также в 1991-1995 гг., тогда как в остальное время ее площадь приближалась к 100 тыс. км².

Территория *слабо засушливой зоны* (ГТК=1,0-1,3), соответствующей лесостепям, была минимальна в 2006-2010 гг. (27764 км²), а максимальна – в 1976-1980 гг. (85398 км²). После сухой зоны ее следует считать наиболее изменчивой на данной территории, поскольку, во-первых, площадь может изменяться почти в 3 раза, и, во-вторых, изменения происходят довольно быстро. Так, в 1976-1980 гг. отмечался максимум, а в 1981-1985 гг. ее площадь сократилась почти в два раза. Для выявления особенностей пространственного размещения зон различного увлажнения были составлены карты распределения ГТК по территории Северного Кавказа на отдельные временные отрезки (рис. 2а, 2б и легенда).

Картографическое представление данных, в отличие от статистического, дает наглядное представление об особенностях пространственных изменений величины ГТК. Так, на территории Западного Предкавказья, где типичной является степная зона, отмечалась изменчивость условия тепловлагообеспеченности периода активной вегетации от степных (иногда сухостепных) до лесостепных, причем последние отмечались довольно часто. Однако современные климатические изменения привели к тому, что здесь наиболее характерными являются типичные степные условия, наиболее благоприятные для выращивания зерновых культур.



а / а



б / в



в / с

Легенда: Зоны увлажнения / Legend: Humidity zones

Избыточно влажная, тайга (ГТК $\geq 1,6$)

Excessively wet, Taiga (HTC $\geq 1,6$)

Влажная, тайга и лиственные леса (ГТК = 1,6-1,3)

Excessively wet, Taiga and deciduous forests (HTC = 1,6-1,3)

Слабо засушливая, лесостепь (ГТК = 1,0-1,3)

Slightly arid, forest steppe (HTC = 1,3-1,0)

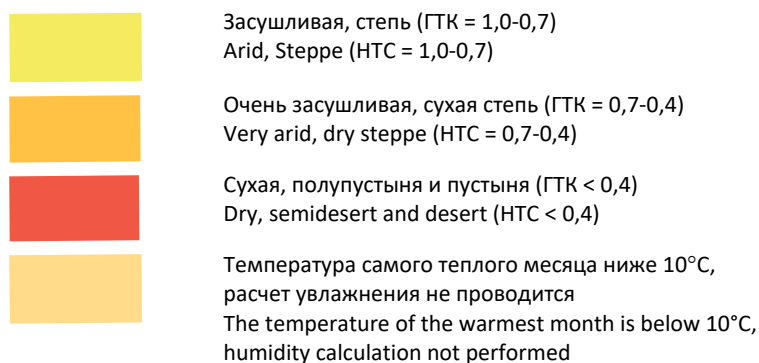


Рисунок 2. Агроклиматические условия увлажнения Северного Кавказа в 1976-1980 (а), 1991-1995 (б) и 2011-2015 (в) годы

Figure 2. Agro-climatic conditions of humidity of the North Caucasus in 1976-1980 (a), 1991-1995 (b) and 2011-2015 (c) years

Территория Центрального Предкавказья, осложненная Ставропольской возвышенностью с лесостепными ландшафтами, характеризуется вариацией условий теплообеспечения от степных до лесостепных, но, в отличие от Западного Предкавказья, здесь довольно часто могут отмечаться также сухостепные условия. Изменения последнего времени привели к сокращению лесостепных условий за счет увеличения площади степных и сухостепных, что также можно отнести к улучшению климатических условий для производства зерновых культур.

Восточное Предкавказье, для которого типичными являются сухие степи и полупустыни, характеризуется довольно существенной климатической изменчивостью, которая выражается в том, что периоды с увеличением количества осадков приводят существенному сокращению прежде условий, характерных для полупустынь. В целом в последнее время здесь имеются условия для выращивания зерновых культур в предгорных районах, а животноводческая специализация этого района Северного Кавказа в связи с современными климатическими изменениями не меняется, тем более что улучшение увлажнения приводит к увеличению продуктивности сухостепных ландшафтов [13-15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что для территории Северного Кавказа характерна довольно существенная изменчивость условий тепло- и влагообеспеченности периода активной вегетации, который традиционно оценивается посредством гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова. Картографирование данного показателя на основе пространственных данных низкого разрешения позволило выявить его пространственно-временную изменчивость. Расчет площадей, занимаемых величинами ГТК, соответствующим зонам увлажнения и природным зонам, позволил количественно оценить величину этой изменчивости. Так, на территории Северного Кавказа в наибольшей степени изменяются условия в пределах полупустынь на севере и северо-востоке и лесостепей, характерных для предгорной зоны.

Климатические изменения, которые начались в конце XX века и выразились в повышении температуры воздуха и в разной степени изменении количества атмосферных осадков в период активной вегетации привели к тому, что степные условия стали

преобладать на большей части Западного и Центрального Предкавказья, что является природным фактором, благоприятствующим повышению урожайности сельскохозяйственного производства зернового типа на данных территориях.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена в рамках госзадания ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова FZNU-2021-0002 «Оценка изменчивости агроклиматических условий Северного Кавказа в связи с глобальными изменениями климата».

ACKNOWLEDGMENT

The work was carried out within the framework of the state tasks of GGNTU Academician M.D. Millionshchikov FZNU-2021-0002 "Assessment of variability of agro-climatic conditions of the North Caucasus in connection with global climate changes".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. 1000 с.
3. О деятельности Росгидромета в 2018 году и задачах на 2019 год (итоговый доклад). Министерство природных ресурсов и экологии РФ. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М.: Росгидромет, 2019. 63 с.
4. Заурбеков Ш.Ш., Джандубаева Т.З. Тенденции климатических изменений в степных ландшафтах Западного Предкавказья // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2014. N3 (28). С.76-84.
5. Братков В.В., Атаев З.В. Оценка влияния современных климатических условий на природно-территориальные комплексы Северо-Восточного Кавказа (по материалам дистанционного зондирования Земли) // Мониторинг. Наука и технологии. 2017. N2 (31). С. 6-14.
6. Чирков Ю.И. Агрометеорология: учебник для вузов. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.

7. Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В. Мониторинг современных климатических изменений и оценка их последствий для ландшафтов Северного Кавказа // Вестник РАЕН. 2014. N2. С. 7-16.
8. Заурбеков Ш.Ш., Братков В.В., Атаев З.В., Бекмурзаева Л.Р. Сезонная динамика ландшафтов как интегральный показатель современных климатических изменений (на примере полупустынных и степных ландшафтов Восточного Предкавказья) // В сборнике: ТРУДЫ КНИИ РАН. Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН. Грозный, 2015. С. 230-245.
9. Атаев З.В., Братков В.В. Реакция ландшафтов Северного Кавказа на современные климатические изменения // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. N1. С. 141-157. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-1-141-157
10. Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Т. 3. Мониторинг и моделирование ландшафтов / под ред. акад. РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. Т. 3. 352 с.
11. Деградация земель и опустынивание в России: Новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей решения / Г. Куст (общ. ред.) М.: Издательство «Перо», 2019. 235 с.
12. Блюм И., Столбовой В.С. Оценка качества земель в Европе для устойчивой интенсификации сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. N7. С. 11-13.
13. Ключин П.В., Мурашева А.А., Широкова В.А., Хуторова А.О., Савинова С.В. Пути повышения эффективного использования сельскохозяйственных угодий на территории Северо-Кавказского федерального округа // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. N1. С. 4-7.
14. Ключин П.В., Братков В.В., Шаповалов Д.А., Савинова С.В., Мусаев М.Р. Состояние землепользования равнинных и предгорно-холмистых ландшафтов Северного Кавказа // Материалы Международного научно-практического форума, посвященного 240-летию со дня основания Государственного университета по землеустройству «Землеустроительное образование и наука: из XVIII в XXI век». М., ГУЗ. 2019. Т. 1. С. 199-207.
15. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A. et al. Problems and efficiency of land use in the North Caucasian federal district // GeoConference SGEM. 2018. V. 18. N 5.1. P. 667-674.
- Roshydromet in 2018 and tasks for 2019 (final report)]. Moscow, Roshydromet Publ., 2019, 63 p. (In Russian)
4. Zaurbekov Sh.Sh., Dzhandubaeva T.Z. Trends of climatic changes in the steppe landscapes of the Western Caucasus. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences]. 2014, no. 3 (28), pp. 76-84. (In Russian)
5. Bratkov V.V., Ataev Z.V. Assessment of the influence of modern climatic conditions on the natural-territorial complexes of the North-Eastern Caucasus (based on the materials of remote sensing of the Earth). *Monitoring. Nauka i tekhnologii* [Monitoring. Science and technology]. 2017, no. 2 (31), pp. 6-14. (In Russian)
6. Chirkov Yu.I. *Agrometeorologiya* [Agrometeorology]. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1986, 296 p. (In Russian)
7. Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Ataev Z.V. Monitoring of modern climate changes and assessment of their consequences for the landscapes of the North Caucasus. *Vestnik RAEN* [Bulletin of RAEN]. 2014, no. 2, pp. 7-16. (In Russian)
8. Zaurbekov Sh.Sh., Bratkov V.V., Ataev Z.V., Bekmurzaeva L.R. Sezonnaya dinamika landshaftov kak integral'nyi pokazatel' sovremennykh klimaticheskikh izmenenii (na primere polupustynnykh i stepnykh landshaftov Vostochnogo Predkavkaz'ya) [Seasonal dynamics of landscapes as an integral indicator of modern climatic changes (on the example of semi-desert and steppe landscapes of the Eastern Ciscaucasia)]. In: *Trudy Kompleksnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta im. Kh.I. Ibragimova RAN* [Proceedings of the Complex Research Institute named after H.I. Ibragimov RAS]. Grozny, 2015, pp. 230-245. (In Russian)
9. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Reaction of landscapes of the North Caucasus on the current climatic changes. *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 141-157. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-1-141-157
10. Sychev V.G., Muller L., eds. [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia (in five volumes)]. In: *Monitoring and modeling of landscapes*. Moscow, Research Institute of Agrochemistry Publ., 2018, vol. 3, 352 p. (In Russian)
11. Kust G., ed. *Degradatsiya zemel' i opustynivanie v Rossii: Noveishie podkhody k analizu pro-blemy i poisku putei resheniya* [Land degradation and desertification in Russia: The latest approaches to the analysis of the problem and the search for solutions]. Moscow, Pero Publ., 2019, 235 p. (In Russian)
12. Blum I., Stolbovoy V.S. Assessment of land quality in Europe for sustainable intensification of agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2016, vol. 30, no. 7, pp. 11-13. (In Russian)
13. Klyushin P.V., Murasheva A.A., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V. Ways to increase the effective use of agricultural land in the territory of the North Caucasus Federal District. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International Agricultural Journal]. 2018, no. 1, pp. 4-7. (In Russian)
14. Klyushin P.V., Bratkov V.V., Shapovalov D.A., Savinova S.V., Musaev M.R. Sostoyanie zemlepol'zovaniya ravninnykh i predgorno-kholmistykh landshaftov Severnogo Kavkaza [The state of land use of lowland foothill and hilly landscapes of the North Caucasus].

REFERENCES

1. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu»* [State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2018"]. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia, NPP "cAdastre" Publ., 2019, 844 p. (In Russian)
2. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2019 godu. Gos-udarstvennyi doklad* [On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2019. State Report]. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia, Lomonosov Moscow State University Publ., 2020, 1000 p. (In Russian)
3. *O deyatel'nosti Rosgidrometa v 2018 godu i zadachakh na 2019 god (itogovyi doklad)* [On the activities of

Materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo 240-letiyu so dnya osnovaniya Gosudarstvennogo universiteta po zemleustroistvu «Zemleustroitel'noe obrazovanie i nauka: iz XVIII v XXI vek», Moskva, 2019 [Materials of the International Scientific and Practical Forum dedicated to the 240th anniversary of the founding of the State University of Land Management

“Land management education and science: from the XVIII century to the XXI century”, Moscow, 2019]. Moscow, 2019, vol. 1, pp. 199-207. (In Russian)
15. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Shirokova V.A. and others. Problems and efficiency of land use in the North Caucasus Federal District. Geoconference SGEM. 2018, vol. 18, no. 5.1, pp. 667-674.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виталий В. Братков осуществил поиск исторических данных и литературный обзор, принимал участие в обработке данных. Светлана В. Савинова выполнила все полевые и лабораторные исследования. Павел В. Ключин анализировал и интерпретировал результаты исследований, подготовил рукопись. Ибрагим А. Керимов участвовал в обработке и изготовлении графического материала статьи. Луиза Р. Бекмурзаева осуществляла статистическую обработку материала. 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

Vitaly V. Bratkov carried out the search for historical data, reviewed the literary review, and participated in data processing. Svetlana V. Savinova undertook all field and laboratory studies. Pavel V. Klyushin analysed and interpreted the research results and prepared the manuscript. Ibragim A. Kerimov participated in the processing and production of the graphic material of the article. Luiza R. Bekmurzaeva carried out statistical processing of the 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

Виталий В. Братков / Vitaly V. Bratkov <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>
Светлана В. Савинова / Svetlana V. Savinova <https://orcid.org/0000-0003-4433-2528>
Павел В. Ключин / Pavel V. Klyushin <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>
Ибрагим А. Керимов / Ibragim A. Kerimov <https://orcid.org/0000-0001-9606-3775>
Луиза Р. Бекмурзаева / Luiza R. Bekmurzaeva <https://orcid.org/0000-0002-4904-0463>

Review article / Обзорная статья

УДК 01.10.2021

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-182-199

“University of the People” – the third mission of Dagestan State University: an innovative approach to sustainability policy

Guy Petherbridge, Murtazali Kh. Rabadanov, Alimurad A. Gadzhiev, Daitbek M. Saipov,

Abdulgamid A. Teymurov, Murtuzali R. Rabadanov and Madina G. Daudova

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Guy Petherbridge, Professor, Caspian Centre for Nature Conservation, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000. Tel. +79886340050

Email caspianconservation@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

How to cite this article

Petherbridge G., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Saipov D.M., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G. “University of the People” – the third mission of Dagestan State University: an innovative approach to sustainability policy. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 182-199. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-182-199

Received 7 September 2021

Revised 29 November 2021

Accepted 11 December 2021

Abstract

Aim. To develop an effective and innovative policy approach to Dagestan State University's third mandated mission to support sustainable community development by acknowledging and enhancing through specialist education the undervalued knowledge capital inherent in individuals and organizations throughout the community.

Discussion. Dagestan State University has 90 years of experience in providing support for the people of Dagestan in scientific research and higher education and is cognizant of the deep reservoir of community knowledge and competencies in articulating aspirations for sustainable development. On this basis, the university's Institute of Ecology and Sustainable Development is instituting an innovative community engagement program, the University of the People, to deliver effective scientific support for such development through co-creative collaborations which draw on and enhance community knowledge in the diverse regions of the republic. In consultation with the administration and community stakeholders of the alpine Tsumadinskiy district of the Dagestan Caucasus, through the present policy document a launch phase of the University of the People program has been formulated for 2022 which will provide year-long local vocational guidance to schools and an annual “Summer Field Faculty” which will undertake research, developmental needs analysis and offer in-service specialist training opportunities and support for local experts and administrations in implementing their desired sustainability initiatives. Following literature research and fieldwork in 2020-2021, the first outcome of the regional sustainability initiative, “Conserving the Koisu: Sustaining the Mountain Fastness of the Upper Andiiskoe River – A Uniquely Surviving Socio-Ecological Continuum in the Dagestan Caucasus”, has been completed

Conclusion. Implementation of the University of the People concept has the potential to effectively harness the vast resources of traditional knowledge of individuals and local bodies in regional sustainable development by providing communities with concrete support and interaction of university specialists and educators in ecology and sustainable development. It is hoped that the program will stimulate and enable members of the community to themselves attain tertiary qualifications in these fields, who, in turn, will create a future knowledge resource for continuing local applications of sustainable development principles. The concept has potential for application to other societies in the Caspian region which share similar histories and challenges.

Key Words

Community development, community engagement, educational outreach, ecological and economic sustainability, professional development, Dagestan, Caucasus and Caspian regions.

«Университет народа» – третья миссия Дагестанского государственного университета: инновационный подход к политике устойчивого развития

Гай Петербридж, Муртазали Х. Рабаданов, Алимурат А. Гаджиев, Даитбек М. Сайпов, Абдулгамид А. Теймуров, Муртузали Р. Рабаданов, Мадина Г. Даудова
Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Гай Петербридж, Профессор, Каспийский центр охраны природы, Институт экологии устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +79886340050
Email caspiansconservation@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

Формат цитирования

Петербург Г., Рабаданов М.Х., Гаджиев А.А., Сайпов Д.М., Теймуров А.А., Рабаданов М.Р., Даудова М.Г.
«Университет народа» – третья миссия Дагестанского государственного университета: инновационный подход к политике устойчивого развития // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 182-199. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-182-199

Получена 7 сентября 2021 г.

Прошла рецензирование 29 ноября 2021 г.

Принята 11 декабря 2021 г.

Резюме

Цель. Разработать эффективный и новаторский политический подход к выполнению третьей миссии Дагестанского государственного университета по поддержке устойчивого развития сообщества путем признания и повышения специального образования – недооцененного капитала знаний, присущего отдельным лицам и организациям во всем сообществе.

Обсуждения. Дагестанский государственный университет имеет 90-летний опыт оказания поддержки жителям Дагестана в научных исследованиях и высшем образовании, а также дает глубокие знания и умения обществу в области устойчивого развития и путей перехода к нему. Исходя из этого, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета создает инновационную программу вовлечения сообщества. «Университет народа» обеспечивает эффективную научную поддержку для реализации этой программы посредством совместного творческого сотрудничества, которое опирается на знания сообществ в различных районах республики и расширяет их. По согласованию с администрацией и заинтересованными сторонами высокогорного Цумадинского района Республики Дагестан в настоящем программном документе сформулирована стартовая фаза программы «Университет народа» на 2022 год, которая обеспечит круглогодичную местную профессиональную ориентацию школ и ежегодный «Летний полевой факультет», который будет проводить исследования и анализ необходимых потребностей для развития, а также предлагать возможности обучения без отрыва от производства и поддержку местным экспертам и администрациям в реализации желаемых инициатив в области устойчивого развития. В 2020-2021 гг. был проведен анализ литературных источников и полевые исследования, которые дали свои первые плоды региональной инициативы в области устойчивого развития «Сохранение Койсу: поддержание устойчивости верховья реки Андийское Койсу – уникально сохранившийся социально-экологический континуум на Кавказе в Дагестане».

Заключение. Реализация программы «Университет народа» имеет потенциал для эффективного использования обширных ресурсов, традиционных знаний населения и органов местного самоуправления в региональном устойчивом развитии путем предоставления сообществам конкретной поддержки университетских специалистов и преподавателей в области экологии и устойчивого развития. Есть надежда, что программа будет стимулировать и позволит членам сообщества повысить квалификацию в этих областях, что, в свою очередь, создаст будущий ресурс знаний для постоянного применения принципов устойчивого развития на местном уровне. Программу «Университет народов» можно применять в других обществах Каспийского региона, которые имеют схожую историю и проблемы.

Ключевые слова

Развитие сообщества, вовлечение сообщества, образовательная деятельность, экологическая и экономическая устойчивость, профессиональное развитие, Дагестан, Кавказ и Каспийские регионы.

INTRODUCTION

Background: The Concept of a Third Mission and the University of the People

Dagestan State University (DSU) was founded in 1931 as a Teachers' Training Institute and achieved university status in 1957. It is of key significance for the Republic of Dagestan as its oldest and largest institution of higher learning. Through its official mandate the university provides a broad spectrum of educational programs and research which are key resources for the republic. DSU's

fundamental responsibility is to ensure citizens and residents the delivery of a diversity and depth of higher and further education and research opportunities necessary for the functioning and development of a healthy, knowledge-based society. It represents a primary state investment in social and human capital necessary to underpin a sustainable economy, the maintenance of desirable levels of employment and the viability of the unique character of the republic itself (Figs. 1, 2).



Figure 1. Graduate students from DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development consulting with local residents when preparing the Ecological Passport for the Dakhadaevskiy District of south-eastern Dagestan



Figure 2. Graduate students from DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development consulting with local residents when preparing the Ecological Passport for the Untsukul'skiy District of Dagestan. Photo by Yu.Yu. Ivanushenko

In this regard, Russian President Vladimir Putin has clarified directions in which national education requires particular attention, stressing the need to modernize the system of professional education and to achieve qualitative change in the preparation of students – with a particular focus on knowledge and skills underpinning technological development. In this context, he has stated the necessity of providing applied degree qualifications for working occupations that require an educational background (e.g. in engineering) as well as the creation of centres providing advanced learning opportunities for working citizens.

Dagestan State University considers that it has three core missions to the people of the Republic of Dagestan:

- Mission 1 – Education
- Mission 2 – Research (Science)
- Mission 3 – Community Engagement.

All are interrelated and are of fundamental importance to the maintenance and growth of a healthy, robust society. While it has made major contributions over the years of its existence as a research and teaching institution, the university faces significant challenges in responding in sustainable ways to community development and income generation needs in a transformational era of globalization and rapidly evolving technologies.

The University of the People: Harnessing the Strength of Community Knowledge Resources in Sustainable Development

The university is thus embarking in an innovative spirit in responding to the demands of its third mission, Community Engagement, through the "University of the People" initiative. This initiative is centred in the understanding that throughout the Republic of Dagestan there is a multitude of existing human knowledge resources aggregated in local

communities and entities of various kinds which have great potential to contribute to sustainable regional development (and thus national development), if effectively supported and coordinated within the framework of the concepts of the Green Economy.

Human knowledge resources in Dagestan range from specialists with deep traditional knowledge of agriculture, animal husbandry, trades and crafts, local teachers and scholars who are avid and reliable observers of their community life and their relationship with their natural environment, local entrepreneurs engaged in the realities of building reliable incomes based on the provision of services to visitors (e.g. through ecological and cultural tourism), clerics with a deep knowledge of key issues of concern to their congregations to local municipal and district administrations who are thoroughly versed in the realities of responding to key sustainability issues in their territories. The majority of Dagestan's territory consists of mountains and associated piedmonts which constitute integrated eco systems (indeed the republic's name means "Land of Mountains"), its inhabitants living in rural villages and small towns pursuing mostly traditional agriculture and pastoralism, supported by local service industries.

Most of its urban population is concentrated in the capital city of Makhachkala and in Kaspiysk, Khasavyurt, Kizlyar, Izberbash and Derbent which are centres of essential services, business, trading and small industries serving their regions. There are strong personal family and business connections between those living in these cities and those living in the countryside where so many Dagestanis have strong family roots. Active personal links and ubiquitous access to modern communication technologies across the republic mean that its rural inhabitants are generally as well informed about issues

relating to development and resources as the urban citizenry.

Though possessing a wealth of knowledge and expertise, these community level resources have long been insufficiently understood or acknowledged as reliable and competent drivers of collaborative development or under-supported in both policy and financial terms at higher levels of government.

"The University of the People" concept is based on the recognition of these vast and under-utilized community competencies and reservoirs of knowledge and aims at the co-creation of educational mechanisms to help grow sustainable regional economies – in essence by enabling a university of the people by the people.

In terms of identifying and articulating local sustainable developmental needs, it is critically important to acknowledge that throughout the regions of Dagestan local citizens are the real experts in respect of their home territories and are fully able to articulate their needs. Besides drawing on rich popular reservoirs of local traditional knowledge, this expertise is also to a considerable degree the outcome of the specialist higher education received by many locals who are graduates of DSU and other Russian institutions of higher learning, who have returned to live in their home communities or maintain a close emotional links with them while living elsewhere. What they seek above all is to be heard and provided with access to expert technical or scientific advice in implementing solutions to their requirements through committed official state management or investment support.

Too often innovative and viable proposals or needs expressed on the local regional level have withered without encouragement or tangible support higher up the bureaucratic system; creative energies naturally dissipate in such an environment

This is where the "University of the People" initiative is intended to make a difference in community development by strengthening popular expertise by bringing educational support to facilitate and enhance the ability to effectively implement solutions at the community level. This should be done in a visible way with a commitment to collaborative assistance and practical follow-through.

Among the myriad of publications relating to the concept of a "third mission" for universities, Campagnucci and Spigarelli have provided an excellent analysis of a range of related programs already instituted internationally [1]. Most of these, however, focus on the concept of increased generation of revenues through coopting the advanced knowledge and capabilities of universities – without accounting for environmental impacts. However, the policy approach of DSU is fundamentally different in that it considers that there can be no state university community development engagement responsibly labelled as 'Third Mission' in a functioning traditional society which has a limited capitalist developmental infrastructure or mindset in the western sense (e.g. the post-Soviet economy of Dagestan) without an inbuilt concern for sustainable environmental management and without acknowledging the depth of knowledge inherent in the community itself.

DSU's approach is not entrepreneurial and primarily driven by economic considerations but lies within the counter concept of the third university mission which perceives sustainable community development as being

the primary driver and is informed by societal requirements and demands [2]. The university responds through reciprocal community engagement in activities that are inclusive of civil society and focus on social justice and the promotion of sustainability [3-9]. DSU's policy reflects the vision expressed by Trencher et al of a university engaged with diverse social actors in co-creating social transformations in pursuit of materializing sustainable development in a specific location, region or societal sub-sector. It does so by incorporating sustainable development and place-based co-creation with government, industry and civil society [10].

That is to say that in the model of DSU's University of the People knowledge transfer is both equitable and cyclical. Knowledge cycles from the community to the university and from the university back to the community and so on.

The "University of the People" and the Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University

The "University of the People" concept in the context of sustainable development revolves around the beneficial complementarity of the knowledge inherent in local communities and the knowledge inherent in institutions of higher education. They should be recognized as of equivalent value and be mutually supporting. In this dynamic, community-based knowledge informs learning in primary, secondary and tertiary level education which leads to the development of graduate specialists who in their turn enhance the knowledge base and competencies of the communities from which they came.

The concept has grown out of the experiences and observations of the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University in interacting with local communities in the course of its activities. Without these communities' intimate knowledge of their environment, little could have been achieved in formulating solutions. A prominent example of such collaboration has been the Institute's examination with detailed input from the fishing communities along the northwestern coast of Dagestan into the causes of the decrease in populations of the Caspian seal. This ultimately resulted in the inclusion of the Caspian seal in the Red Book of the Republic of Dagestan and the Russian Federation in 2020 as a key strategy for marine biodiversity sustainability and the development of a Centre for the Rehabilitation of the Caspian Seal (Figs. 3-6).

Another has been the successful rehabilitation of the natural environment and fisheries resources of the Lake Adzhi-Papas wetlands in south-central Dagestan (Figs. 7, 8). The Institute is also current engaged with the community of Verkhnee Gakvari in the upper reaches of the Andiiskoe Koisu (River) in the alpine Tsumadinskiy District of Dagestan in documenting and supporting their exemplary 50 year long program of local ecological conservation and regional advocacy forums conducted largely through their public school [11] (Figs. 9-11).

In modern conditions of climate change and deleterious anthropogenic impacts on the environment, where it is clear that scientific education in environmental sustainability is becoming a fundamental strategic resource for development, the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University sees its mission in training highly qualified specialists not only in the Republic of Dagestan but also through multilateral interaction with leading universities and scientific

institutions of the region, taking into account the requirements of the Tehran Convention (the Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea), the strategies of the United Nations Environmental Programme and its own experience in the Caucasus and Caspian in environmental risk management and sustainable development procedures. During its history, apart from its many specialists who have

graduated at the master's level since its establishment as a faculty in 1998 (Institute from 2015), the Institute of Ecology and Sustainable Development has trained more than 40 doctors and candidates of biological sciences, including those from other higher educational institutions and scientific organizations of the North Caucasus and Southern Federal Districts.



Figure 3. Specialists from the Institute of Ecology and Sustainable Development in dialogue with fishermen at the fishing port of Briansk, situated on a narrow coastal channel in northeastern Dagestan



Figure 4. Rescuing a stricken Caspian seal for care in rehabilitation centre. Izberbash, Dagestan



Figure 5. Documenting remains of Caspian seal trapped in fishing net washed up on the beach at Briansk, north-eastern Dagestan



Figure 6. Caring for a wounded seal in the Aqua Complex of Dagestan State University, Makhachkala



Figure 7. Aerial view of the rehabilitated wetlands and new accommodation, nature-watching and fishing facilities for visitors to Lake Adzhi-Papas. South-central Dagestan



Figure 8. Lake Adzhi-Papas has become a favored venue for community fishing competitions. A group of fisherman from the Russian Geographic Society competing in the April 2018 Dagestan Fishing Championship



Figure 9. Village of Verkhnee Gakvari in the headwaters region of the Andiiskoe Koisu (River), Tsumadinskiy District, whose school teachers are collaborating with the Institute of Ecology and Sustainable Development in assessing the sustainable development potential of the district



Figure 10. Verkhnee Gakvari. A group of students and other villagers gathered for a tree planting subbotnik. The saplings they are holding were grown at the school



Figure 11. Participants at the 2017 community-initiated conference at Agvali, Tsumadinskiy District, Dagestan – “Ecology of the Mountain Districts of Dagestan: Problems and Pathways to Their Solution”. Organised by specialist staff of Verkhnee Gakvari School

A major partner of the Institute of Ecology and Sustainable Development is the Mountain Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences in Gunib, Dagestan, whose dedicated scientific research facilities are specifically engaged in contributing to the sustainable exploitation of natural resources in high mountain regions of the Caucasus.

All this activity has made it possible to consolidate through the state education system the entire structure of professional training of specialists in the field of ecology and nature management with competencies aimed at meeting all the related requirements and challenges facing the republic.

Currently, graduates of the Institute of Ecology and Sustainable Development work in a range of state environmental organizations, including the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Dagestan,

the Dagestan Centre for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, the Caspian Zonal Research Veterinary Institute, the Dagestan Federal Research Centre, the Junior Academy of Sciences of the Republic of Dagestan, JSC ChirkeyGESstroy, the Federal State Budgetary Institution for Water Management, Dagvodresursi, as well as administrations of cities and municipalities throughout the Republic of Dagestan.

The Institute of Ecology and Sustainable Development also has a special focus on the care of the cultural heritage in a society which is still closely linked to the land and, through strongly held Islamic religious beliefs, respectful of the natural world. In this regard the Institute is now working in close cooperation with specialists from the State of Qatar, through the Arabic Cultural Heritage Research Program at the newly established Dagestan-Qatar

Scientific-Education Centre at Dagestan State University, which it manages.

The Institute also provides authoritative, independent advisory support to state regulatory processes in situations where environmental issues are in contention (Fig. 12). The coordination of approaches to threats to Caspian marine ecosystems is of major concern in this region where littoral jurisdiction and management is

distributed among five individual states (the Russian Federation, Azerbaijan, Kazakhstan, Turkmenistan and Iran) and where problems range from understanding how best to address the challenges of the deposition of plastic waste, the conservation of the declining population of the iconic Caspian Seal, sustainability of traditional fisheries and the impacts of pollution from commercial fossil fuel extraction activities.



Figure 12. On-site consultation with local officials about environmental reservation regulations related to a projected new by-pass through a protected highland area west of the historic Naryn-Kala Fortress to relieve transit traffic pressures in the city of Derbent, southern Dagestan. Inset: Protected nature area behind fortress.

In the latter context, the Institute has recently completed for the Russian federal government an extensive, in-depth report, "Development of methods for the integrated monitoring, assessment and conservation of biological diversity and predictive calculations of the likelihood of damage to ecosystems of the coasts and waters of the Middle Caspian following an accidental discharge of oil on shelf fields".

The Institute believes that just as climate knows no borders, so education should know no borders and is an active member of the Association of Universities of Caspian Region States, heading the association's own Institute of Ecology and Sustainable Development. As such it is closely collaborating with the United Nations Environmental Programme (UNEP) through the mechanism of the Tehran Convention Secretariat in Geneva in developing educational opportunities aimed at developing a cadre of promising young scientists from across the Caspian region with common, shared competencies and knowledge of one another. An innovative two-year bilingual (Russian-English) Master of Environmental Science Program – "Managing the Challenges of Environmental Management and Sustainable Development in the Caspian Region" is planned when regional communications are re-opened post the COVID-19 pandemic.

Another innovation in terms of the sustainable management of the various regional environments in which the citizens of Dagestan live is the program for allocating electronic ecological passports to municipalities in Dagestan, which is being implemented by Dagestan State

University. According to the Resolution of the Government of the Republic of Dagestan No. 360 dated December 25, 2015 "On the implementation of priority development projects of the Republic of Dagestan in 2016", Dagestan State University was identified as one of the executors of the priority project "Effective Public Administration" within the framework of which it was planned to create electronic environmental passports for the municipalities of the Republic of Dagestan and to combine the associated data into a single electronic database. Through this program available medical, statistical and environmental information is gathered and evaluated in order to identify the leading environmental factors relating to Dagestan's districts, to determine trends in environmental change and to propose, on this basis, recommendations for improving the environment and preserving the health of the population. This also allows scenario modeling of the development of the socio-economic system of each district from the standpoint of its sustainability. To date, the university has already successfully completed and compiled pilot environmental passports for the mountainous Dakhadaevskiy, Kizilyurtovskiy and Untsukul'skiy Districts [12-16] (Figs. 1; 13-18). This kind of complex research and evaluation is being undertaken for the first time in Russia and is in conformity with President Putin's declaration to the Federal Assembly that "Despite the uniqueness and richness of Russian nature, its state today can hardly be called absolutely favorable. This problem can be solved only by creating a modern effective management system in the environmental sphere."

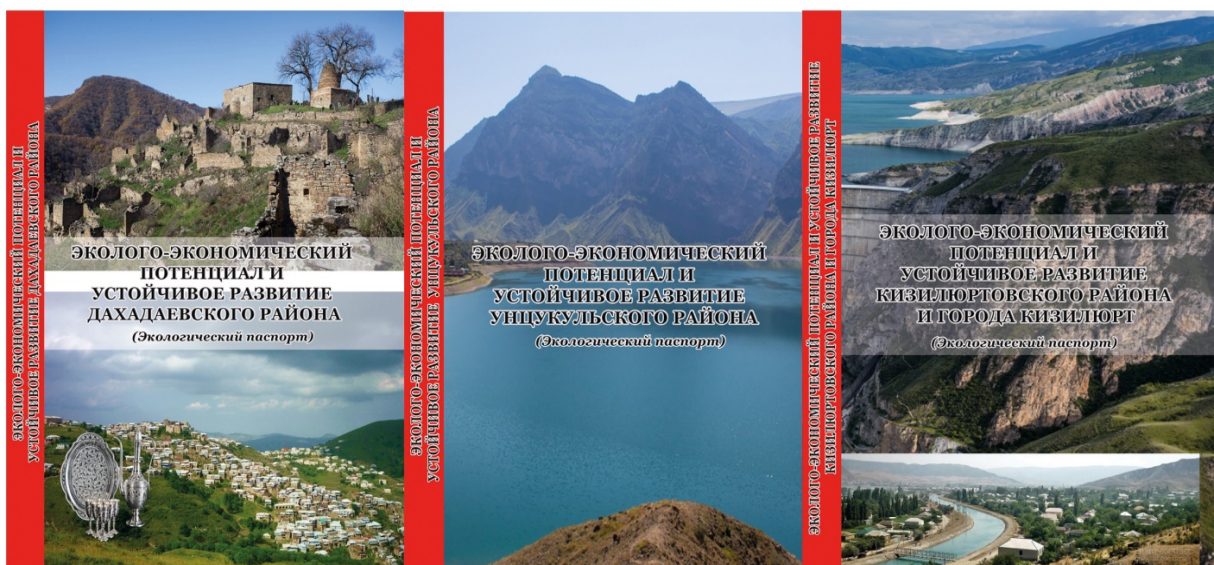


Figure 13. Ecological Passports for the Dakhadaevskiy, Untsukul'skiy and Kizilyurtovskiy Districts, Republic of Dagestan (2016)



Figure 14. Graduate students of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development engaging local residents in gathering viewpoints for the Ecological Passport of the Dakhadaevskiy District



Figure 15. Graduate student of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development in consultation with a local resident in preparing the Ecological Passport of the Dakhadaevskiy District



Figure 16. Graduate student of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development in consultation with a local resident in hospital in preparing the Ecological Passport of the Dakhadaevskiy District. Photo by Yu.Yu. Ivanushenko



Figure 17. Staff member of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development in consultation with a local official in the process of preparing the Ecological Passport of the Dakhadaevskiy District



Figure 18. Graduate students of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development in consultation with a local resident in preparing the Ecological Passport of the Dakhadaevskiy District, Dagestan

The university has also launched a program for compiling small ecological passports for schools in districts and cities of the Republic of Dagestan. This is a very significant project. In each school of the republic, water samples will be taken for complete chemical analysis from drinking water supply sources directly on the territory of the schools, soil samples will be taken from the territory adjacent to the school, as well as collection for the study of

the microelement composition of the hair of schoolchildren and teachers of different age groups. All studies will be carried out using modern physical and chemical methods of quantitative chemical analysis approved in accordance with the established procedure for monitoring and environmental control at DSU's Environmental Monitoring Laboratory at the Institute of Ecology and Sustainable Development (Figs. 19, 20).



Figure 19. Mobile Environmental Monitoring Laboratory of the Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University in use in the Dakhadaevskiy District. This enables scientific analyses to be carried out directly within the territories of regional communities and for local visitors to observe and discuss the process



Figure 20. Carrying out a water analysis in the Mobile Environmental Monitoring Laboratory

DISCUSSION

Engaging School Children in Environmental Conservation and Sustainability

In the Russian primary school curriculum, "The World Around Us" is a core subject which helps to sensitize all youngsters to our living environment. The Institute of Ecology and Sustainable Development builds on this by providing a range of activities to further engage school

students to the science of ecology and the protection of our environment. These include special open days for children when they can visit the institute and see exhibits and hear from teachers and students what it is that they do. Perhaps they may be stimulated to study these subjects as they grow up. The Institute's activities also include external school classes and visits, workshops and excursions with children (Figs. 21, 22).



Figure 21. Class on the care of the environment being taught in a Makhachkala school by a specialist from the Institute of Ecology and Sustainable Development



Figure 22. Students in class on the care of the environment at a Makhachkala school



Figure 23. Students participating in a gardening workshop given by the Institute of Ecology and Sustainable Development



Figure 24. School students in drone construction workshop organized by DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development



Figure 25. Drones of DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development being prepared for an in-service training program

It is active in support ecologically-related activities, such as the proper preparation and planting of gardens (Fig. 23). A popular venture has been a workshop on drone construction for children (the Institute itself has a fleet of advanced surveillance drones which it uses in heritage and ecological surveys) (Fig. 24, 25). Supporting awareness of the plight of the Caspian seal (which was once a common sight for swimmers at Makhachkala's city beaches) have been events such as the art class held at the Russia – My History museum, where students were provided with

easels and painting and drawing materials to depict seals (Figs. 26, 27). Classes of school children are also often taken to the city beaches to participate in the clean-up of plastic marine waste which defaces the shores – reinforcing their awareness of the need to properly dispose of plastic waste and to use recyclable materials in daily life where possible. (Fig. 28) Classes in the English language have been provided through private Dutch sponsorship at the Internat School for Orphans and Children without Parental Support in Makhachkala. (Fig. 29)



Figure 26. Seal Conservation Awareness Art Class at the Russia-My History Museum in Makhachkala, Dagestan



Figure 27. Participant in Seal Conservation Awareness Art Class at the Russia-My History Museum in Makhachkala, Dagestan



Figure 28. Students and faculty of the Institute of Ecology and Sustainable Development participating in a beach clean-up in Makhachkala



Figure 29. Students and teachers in an English language class at the Internat School for Orphans and Children without Parental Support provided by the Institute of Ecology and Sustainable Development with Dutch sponsorship

Community Concerns in Student Career Selection and Viable Employment following Graduation

It is evident that a key and pressing strategic concern of Dagestan State University as an institution so centrally placed at the heart of the republic's stability and growth must be to effectively engage communities in addressing an overriding preoccupation of the vast majority of its students – how to secure viable employment in Dagestan after graduation.

At the personal and community level, school leavers and their parents in Dagestan are often in a quandary as to which higher education specialization to select which will both match a student's own career interests and is likely to lead to productive employment following graduation. Through the "University of the People" initiative DSU will engage regional communities in

identifying local long term specialist human resource needs and provide locally-specific vocational and career guidance in secondary schools. The latter directions will be facilitated by sponsoring visits to primary and secondary schools by sending selected postgraduate students to inform and inspire pupils about the career choices they have made and are finding satisfying.

In this regard it is important to note the considerable current state investment in quality new school facilities in remoter areas of the republic, an investment strongly supported by local communities which are experiencing depopulation because of insufficient employment opportunities and who are hopeful that in the longer term education will be the key to their future re-invigoration and sustainability.

A related concern within certain faculties and institutes of the university is that the secondary school system in the republic is not producing a sufficient pool of candidates for university places with the prerequisite level of education or subjects studied. The result is reduced student intake – potentially inadequate to justify continuance of certain course offerings and thus with serious current or future implications for the viability of specialist educational offerings. Without a pool of adequately intellectually prepared students to draw upon an institution of higher learning has no practical foundation, it cannot effectively provide tertiary level education. A particular example is experienced by the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University because geography, which it considers as a basic knowledge platform for its courses, is no longer taught as a separate subject in many state schools.

Resolution of this dilemma of both inadequate pre-university preparation and uncertain employment prospects after graduation requires a process of thorough internal review and of dialogue between all concerned stakeholders and responsible parties. A solution might be DSU's establishment of a preparatory year prior to full university education within a "college" format. Although such a corporate structural innovation would be resource intensive in its establishment and operation, it could also provide an additional benefit to DSU through providing supplementary preparatory courses for foreign students, e.g. in English and Russian, as well as in specialist foundation competencies desirable for enrollment in particular faculties and institutes.

Dagestan State University, as a core republican-oriented state institution of higher education utilizing public funds, has a social responsibility to constructively engage in creating pathways for its graduating students to have a reasonable possibility of ongoing and productive employment and a living wage. Further precisely-targeted research and innovative thinking and planning are required, including investigating the potential and implications of correlating student intake in specific fields with actual predicted employment opportunities and socio-economic requirements for the republic's sustainable growth. Producing a glut of qualified young graduates in an already saturated employment sector contributes neither to a healthy economy nor to community well-being. The common practice across a broad range of sectors in Dagestan of graduates securing employment not primarily on the basis of merit and competence but on the basis of "who you know" also has a significant demoralizing and de-energizing influence on student outlooks and prospects and negatively affects many of those contemplating entering higher education.

Much could be done by engaging all stakeholders – in education, in the professions, in public administration and in corporate leadership – in a dialogue to address these issues and to attempt to reach constructive consensus towards healthier employment environments in Dagestan. In terms of sustainable development in Dagestan's rural districts it is particularly important to attempt to provide students with both career advice and future local employment pathways which could allow them to return and so reduce the detrimental consequences of migration to urban centres in search of a livelihood.

A positive current factor in this regard is that the state is currently investing considerably in the construction of high quality new schools with the strong support of local communities who believe that a good education will ultimately be the key to future population stability and

provide the basis for the reinvigoration and sustainability of their local economies.

Closely related to the above factors is a gender-related phenomenon. In some fields DSU is producing a disproportionately larger percentage of female postgraduates than males – with no clear avenues to maximize the future potential of these well-educated women when they have completed their studies and in whom the state has invested substantially. Young women with excellent professional master's level or joint specialization degrees yearn for career advancement and the productive application of their knowledge but are discouraged by the obstacles they face through certain entrenched societal attitudes and business structures. Many simply dissipate into the community to become educated young mothers – indeed a most valuable role – but have no pathways to integrate their skills beneficially within the broader community as life progresses.

Growing Opportunities for Further Education and Life-long Learning

Building on the basis of Dagestan State University's existing commitments and investments in these domains, the institution will expand its outreach and support for the community in further education and life-long learning through innovative programs of courses and workshops aimed at assisting individuals in acquiring new knowledge and skills for work, profit or purely personal fulfillment.

In the spirit of the concept of a university of the people by the people, local teachers with knowledge of specialist subjects of particular interest to their local communities will be assisted in contributing to the further education process.

Successfully implemented, this strategy also has the potential of stimulating "a want to learn culture" (already a noticeable characteristic of Dagestani citizen's generally) and thus to catalyze increased enrollments in tertiary education in Dagestan.

These offerings will support President Putin's current call for the creation of in-service educational opportunities for "working citizens". They will be of varying lengths, ranging from a single evening or weekend to those requiring attendance weekly throughout a semester. Some of these suggested programs are mutually supportive. Special summer programs are also envisaged.

Courses are proposed to provide further education in the following categories:

- Know our Dagestan – Become a Tourist Guide
- Sustainable Tourist Development
- Trade and Commerce: Doing Business with Neighbouring Countries
- Small Business Development and Management Skills
- Skills for Engaging with the Community
- Acquiring Advanced Computer Competencies
- Sustainable Agriculture

The above courses will provide information about available government assistance where relevant, e.g. the Presidential Grants Programme.

This community further education stream could include paid conferences and workshops of one or two day's duration to enhance the republic's capacity in sectors which have particularly high developmental potential.

Increased Opportunities for Part-Time Education

An unanticipated outcome of the pandemic has been the increased investment by Dagestan State University in the development of on-line education. This will be put at the service of greater access to part-time education to

encourage Dagestanis, particularly those who are in full-time employment or live away from the university's campuses, to study for specialist university qualifications.

It is intended to develop regionally-specific courses in consultation with regional communities.

Support Professional Development in Dagestan through In-Service and Advanced Learning Courses

Dagestan State University is positioned as a significant resource to develop and provide periodic in-service professional development and advanced learning courses required of professional specialists in both public and private sectors to maintain their competencies, keep abreast of developments in their fields of expertise and to upgrade their personal resumes. Such courses can be provided on a gratis or contract basis to government entities (e.g. refresher courses for teachers or refresher and advanced learning programs tailored for specialists within commercial sectors which are currently expanding in the republic) and may also be delivered online as distance education (in Dagestan and beyond). The main requirement for students to participate in an advanced training course is having a higher or secondary vocational education.

The quality of advanced training is ensured by the highly qualified teaching staff of DSU, other leading universities of the Russian Federation, as well as by practitioners, using modern educational technologies. Upon completion of the courses, a certificate of professional development is issued.

Three such advanced learning courses were developed and delivered by the DSU's Institute of Ecology and Sustainable Development in 2020, as follow:

- "Software processing of remote sensing materials: Land and thematic mapping in modern geographic information systems".

The program is designed for the acquisition of knowledge and practical skills by state and municipal officials, specialists in the field of nature management and engineering and technical workers in the field of applied use of materials for remote sensing of the Earth. In the learning process, the theory and practice of thematic

mapping in modern geographic information systems using remote sensing materials are considered in detail. The competencies acquired by students in the learning process will contribute to the successful solution of a range of problems of land use and territory management using remote sensing data, including real estate, water resources, transport, engineering communications, agriculture and forestry, security and environmental monitoring problems, etc.

- "Environmental protection and environmental safety".

This program is designed to form competencies in the field of ensuring environmental safety, preventing threats from activities that can have a negative impact on the environment, degradation of biological diversity; advanced training of managers and specialists of economic entities or other activities that have or may have a negative impact on the environment, in order to update their theoretical and practical knowledge in connection with the increased requirements for the level of qualifications and the need to master modern methods of solving professional problems in the field of environmental protection environment, rational nature management and ecological safety.

- "Environmental and technological foundations for the optimization of modern branches of agricultural production".

The program is designed for the acquisition of professional competencies necessary for the implementation of new ideas and technologies that take into account the specifics of agro-ecological conditions, selection achievements and modern technologies of intensive agricultural production. It is focused on the acquisition of knowledge and practical skills by specialists from state, municipal and private agricultural enterprises, regional agricultural departments, the Ministry of Agriculture and those with personal subsistence plots and engaged in agricultural greenhouse production. A special workshop on this subject was provided at the request of the Muslim Spiritual Administration of Dagestan for imams of rural regions as advocates for sustainable agricultural practices (Fig. 30).



Figure 30. Imams representing rural congregations in Dagestan participating in special course on Environmental and Technological Foundations for the Optimization of Modern Branches of Agricultural Production held in the conservatory of the Institute of Ecology and Sustainable Development, Makhachkala in December 2020

Collaboration with Local Municipal and District Administrations

The “University of the People” initiative understands that the personnel and planning deliberations of local municipal and district administrations constitute an extremely valuable knowledge base for regional sustainable development and should be consulted in developing any regional educational assistance programs. Their meeting and presentation facilities also are potential venues for collaborative workshoping aimed at identifying core local development issues and for the holding of training courses.

Utilisation of Local School Facilities and Teacher Knowledge and Competencies



Figure 31. Speakers at the 2010 Scientific-Practical Conference, “Ecological Problems of the Tsumadinskiy District and Pathways to Their Solution” in Verkhnee Gakvari, organized by the Director of the community’s school

As emphasized above, the local knowledge and skills of teaching staff in rural regional communities and school facilities are a key resource in developing and providing the range of community development outreach programs which make up the “University of the People” Initiative (Fig. 31).

Collaboration with the Religious Community

A fundamental knowledge resource in understanding local community development issues are the imams of settlement juma’ats (religious congregations) whose input should be sought in any sustainable development assessment and planning (Fig. 32).



Figure 32. Mavlid (celebration of the birth of the Prophet Muhammad) at Mutsuaul, Tsumadinskiy District. In a region with a strong faith community, Islamic doctrines protecting the environment have been a major contribution to supporting the sustainable agro-pastoralism long practiced there

“University of the People” – Launch Phase: “Summer Field Faculty” Tsumadinskiy District & the “Conserving the Koisu” Project

Dagestan State University, through its Institute of Ecology and Sustainable Development, will be launching an initial three-year launch phase of the “University of the People” initiative in the high Caucasus Tsumadinskiy District in 2022 in the form of a “Summer Field Faculty” to be conducted in tandem with the university’s “Conserving the Koisu” socio-ecological sustainability project which has already been formulated and is underway. It is intended that the achievements and lessons learned in the Tsumadinskiy “University of the People” project will serve as to create a model for application by the university to extend the concept to other districts of the republic. The Ministry of Tourism and Ministry of Education will collaborate in the initiative, together with the Tsumadinskiy District administration.

Tsumadinskiy District & the “Conserving the Koisu” Project

Three interconnecting rivers systems (Koisu) drain the inner massifs of the south-west of the Dagestan Caucasus. The project, “Conserving the Koisu: Sustaining the Mountain Fastness of the Upper Andiiskoe River – A Uniquely Surviving Socio-Ecological Continuum in the Dagestan Caucasus”, is directed at important conservation and sustainability issues concerning the headwaters region of the most remote of them, the Andiiskoe Koisu, whose waters slice a dramatic course amongst towering snowy ranges, still being sculpted by remnants of the glaciation

which covered much of the high Caucasus during the Last Glacial Period (Fig. 31).

Here, as climatic conditions subsequently ameliorated, a complex of glacial and post-glacial high altitude landforms provided a home for a rich and diverse range of alpine and subalpine flora and fauna which characterize the region today. Man (having survived in the glacial refugia provided by the adjacent lowlands of Transcaucasia, where the first hominins recorded in Eurasia had already appeared some 1.8 million years ago) was to return to hunt and forage and find a uniquely compatible ecosystem, sheltered by its geomorphology from outside intrusion and blessed by nurturing microclimates and bounteous soils. By some 6,000 years ago Neolithic man was optimizing a range of fertile bio-niches for permanent habitation on the basis of high altitude cereal-based agriculture and stock-raising, maximizing the benefits of what nature had to offer and in symbiosis and co-evolution with it.

Within this world of majestic and humbling canyons and crags and vast pine forests, a number of small agro-pastoral enclaves speaking distinct local languages, have co-existed and flourished side by side in their individual bio-niches for millennia without displacement or significant external disruption to the present day. Together these communities of the upper Andiiskoe Koisu (now the territory of the Tsumadinskiy District) present a unique cultural continuum in which evidences of its principal evolutionary phases remain accessible to scientific and historical research. In essence we have before us a largely

unexplored and undisturbed, living laboratory of human societal engagement with the natural environment. This remarkable continuity is of global significance for

understanding the evolution of human society and presents a unique survival in Europe of successful and harmonious socio-ecological interdependencies.



Figure 33. Tsumadinskiy District [insert]. View east from the Snegovoy Ridge across the valley of the Gakvarinka River and the territories of Verkhnee Gakvari [village in black box] and Nizhnee Gakvari to the Andiiskoe Koisu and the Bogossky Ridge, whose highest peak is Addala-Shukhgelmeer (4,150 m) with its five glaciers

As the combined impacts of modern society and climate change now inevitably impinge upon the ability of the inhabitants of this ancient homeland to sustain the benefits which they have so successfully learned to craft from their environment throughout millennia, the region is in priority need of national and international recognition and support.

To this end the Caspian Centre for the Protection of Nature of the Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University (DSU), in partnership with communities of the Tsumadinskiy District of the Republic of Dagestan and with the endorsement and support of the relevant republican and federal agencies, are implementing a community – centred project to record, conserve, promote and sustainably exploit the heritage resources of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu as the basis for much-needed income generation for the region's population.

This project is one of an inter-related suite of planned initiatives emanating from the newly-created Dagestan-Qatar Scientific-Educational Centre at Dagestan State University. It is being undertaken in commemoration of the 100th anniversary of the declaration of the Dagestan Autonomous Soviet Socialist Republic (DASSR) and will be implemented within the framework of the concepts of the International Partnership for the Satoyama Initiative [17].

The International Partnership for the Satoyama Initiative (IPSI) was established in 2010, during the 10th Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity held in Nagoya, Japan. This international effort vigorously promotes activities consistent with existing fundamental principles represented by the Ecosystem Approach – a way to manage entire ecosystems based on the awareness that all components (including ourselves) are interconnected.

The core vision of the International Satoyama Initiative is the support of societies in harmony with nature through conservation and sustainable use of biodiversity in an equitable way. This is achieved when the socio-economic activities of human communities align with natural processes. An example is provided by the small linguistic enclaves of the alpine headwaters region of the Andiiskoe Koisu which have managed to achieve this balance for some 6,000 years without radically destructive, internal or external disruption.

By managing and using biological resources sustainably and thus properly maintaining biodiversity, humans can contribute to the potential stable supply of critical natural and economic benefits well into the future. Through a system of case studies prepared for the International Satoyama Initiative, successful co-evolved relationships between humans and nature in what are now referred to as “socio-ecological production landscapes” are made available for international review as functioning models, as well as for local and national practical and policy application.

However, these landscapes – and the sustainable practices and knowledge they represent – are increasingly threatened in many parts of the world, due for example, to urbanization, industrialization and rapid rural population increase or decrease and, increasing, the anthropogenic impacts of increasing climate change. Measures are urgently needed to conserve sustainable types and models of human-influenced natural environments through deeper, systematic scientific understanding of their dynamics and a broader global recognition of their value. The Case Study being developed for the Tsumadinskiy District and neighboring mountain region is intended not only to help inform the protection and sustainable

development of its socio-ecological heritage in the face of anthropogenic and climatic transformations but to provide a model for consideration elsewhere by those with similar concerns and challenges [11].

Within the framework of regional, republication and national environmental conservation and sustainable development objectives, the Conserving the Koisu program aims to:

- Enhance regional awareness of in the natural environment and the valorization of the region's unique and deep history identity and of the needs and potential benefits of conserving and reviving productive socio-ecological relationships in the face of negative anthropogenic impacts
- Contribute to the articulation of initiatives to underpin the Tsumadinskiy District's development in terms of income and revenue generation opportunities, by ensuring that any use of natural resources is equitable and sustainable.

The project will build on regional initiatives which have already been undertaken to protect and sustainably develop the ecological resources of the region, in large part arising from the dedicated collaborative work of the Tsumadinskiy District administration and the specialist ecological and biological competencies of the school of the settlement of Verkhnee Gakvari which have already resulted in two major government-supported conferences dedicated to these issues involving both the Tsumadinskiy and neighboring high mountain districts.

2021-2023: The first phase of the program is one of intensive district-wide multidisciplinary scientific research into relevant aspects of the regional natural environmental and tangible and intangible cultural heritages and their conservation needs. Existing data about the district and neighboring region, both published in the scientific literature and the rich as-yet unpublished information developed by scholars in local communities, will be reviewed and systematized as a basic internet-accessible program resource.

2024-2025: On the basis of the information gathered in the first phase, proposals will then be developed for the subsequent phase to advance specific concrete pilot projects directed at creating a methodological basis for implementing the core program objectives at the district level.

Longer term potential outcomes of the program could be the nomination of the headwaters region of the Andiiskoe Koisu as a region of global significance to mankind as a UNESCO World Heritage site (cultural landscape category), Geopark (Global Geoparks Network) or UNESCO Biosphere Reserve.

The project is led by Professor Guy Petherbridge, Director, Caspian Centre for Nature Conservation of Dagestan State University's Institute of Ecology and Sustainable Development in close consultation with representatives of regional communities and stakeholders who have been actively engaged in researching and supporting their region's heritage resources for many years. Almost every community in the district is notable for the activity of dedicated, enthusiastic and highly educated local specialists in a range of disciplines and interests who constitute a fundamental program resource.

The project also draws on a range of international and regional (i.e. Caucasus, Caspian) collaborative scientific and institutional resources in related disciplines, particularly those concerned with research into mountain

environments and the sustainability of mountain communities, such as those of the International Union for the Conservation of Nature. These include those undertaken in the European Alps and the Transcaucasus and particular in adjacent Georgia, where substantial advances have been made in developing nature conservation and heritage tourism based on specialist research in the Andiiskoe Koisu alpine source waters province of Tusheti. The project also draws on related initiatives in states of the high-altitude south-facing macro-slopes of the Himalayas, whose environments and traditional agro-pastoral systems have many remarkable similarities with those of the Tsumadinskiy and neighboring high mountain regions in Dagestan.

DSU Summer Field Faculty, Tsumadinskiy district

The format of the "University of the People" Summer Field Faculty will build on and support the outcomes of research data gathered and analyzed through the "Conserving the Koisu" project which will identify the ecological and cultural heritage resources of the Tsumadinskiy District, local expertise and initiatives directed at responding to the management needs and development potentials of these resources, as well as human resource development needs.

It is planned that the Summer Field Faculty which undertakes the following activities will be established at a residential centre of operations at an existing tourist base established in the Tsumadinskiy District near Khushtada (near the district administrative centre of Agvali). Lectures and workshops may take place in the facilities of the Tsumadinskiy District administration in Agvali.

This faculty will operate for a four-six week period and will be equipped with appropriate lecture facilities. It will be staffed on a rotational basis by specialists from Dagestan State University, as well as by those from other institutions. Some of these will be engaged in regional ecological, cultural heritage and linguistic research and documentation activities, while others will be engaged in providing courses tailored towards the education of both local inhabitants and scientist and students from other parts of Dagestan and Russia. Local historians and other specialists will also be engaged in teaching. Lectures and workshops may take place in the facilities of the Tsumadinskiy District administration in Agvali. Courses may include field work in the natural environment areas sites of cultural heritage significance in the district.

CONCLUSION

The "University of the People" initiative, as implemented by the Institute of Ecology and Sustainable Development of Dagestan State University and its regional community partners is intended to reinforce, promote and grow DSU's position as a "public good" – a core educational resource whose goal is to be acknowledged throughout the community as a focal point for the development, prosperity and well-being of the citizens and residents of the Republic of Dagestan.

Implementation of the University of the People concept has the potential to effectively harness the vast resources of traditional knowledge of individuals and local bodies in regional sustainable development by providing communities with concrete support and interaction of university specialists and educators in ecology and sustainable development. It is hoped that the program will stimulate and enable members of the community to themselves attain tertiary qualifications in these fields,

who, in turn, will create a future knowledge resource for continuing local applications of sustainable development principles.

The concept has potential for application to other societies in the Caucasus and Caspian regions which share similar histories and challenges. It is hoped it may serve as a model for consideration by the Association of Universities of Caspian Region States for broader application by its members to activities in ecology and sustainable development education. It is intended to be complementary to the regional educational initiatives in advancing environmental management and awareness being currently developed on behalf of the Association in cooperation with the United Nations Development Program. It is also intended to serve as a contribution to the International Partnership for the Satoyama Initiative towards the better understanding of the dynamics of viable traditional relationships between society and the environment in sustainable development for application to solutions to negative anthropogenic and climate impacts at the global level.

REFERENCES

1. Campagnucci L., Spigarelli F. The Third Mission of the university: A systematic literature review on potentials and constraints. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, vol. 161, 120284. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120284
2. Schmidt N.S. A European framework for community engagement in HE? *University World News* 22 April, 2020. Available at: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=202004211448457> (accessed 09.10.2021)
3. Bardaglio P., Putman A., eds. Boldly Sustainable: Hope and Opportunity for Higher Education in the Age of Climate Change, *National Association of College and University Business Officers* (NACUBO), Washington D.C., 2009, 232 p.
4. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? : A proposed framework for a trans-disciplinary analysis of sustainable development and social ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 2010, vol. 1, iss. 1, pp. 41-69. DOI: 10.4018/jesd.2010010105
5. Myers N., Kent J. The Citizen is Willing, but Society Won't Deliver: The Problem of Institutional Roadblocks. *International Institute for Sustainable Development*, Winnipeg, 2008, 205 p.
6. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). The Response of Higher Education Institutions to Regional Needs. OECD Publishing, Paris, 1999.
7. Puuka J. Mobilising higher education for sustainable development – lessons learnt from the OECD study. *Proceedings of the 4th International Barcelona Conference on Higher Education*, Vol. 7, Higher education for sustainable development, Global University Network for Sustainable Development. 2008. Available at: www.guni.rmiess.net (accessed 07.10.2021)
8. Sedlacek S. The role of universities in fostering sustainable development at the regional level. *Journal of Cleaner Production*, 2013, vol. 48, pp. 74-84. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.01.029
9. Yarime M., Trencher G., Mino T., Scholz R. W., Olsson L., Ness B., Frantzeskaki N., Rotmans J. Establishing sustainability science in higher education institutions: towards an integration of academic development, institutionalization, and stakeholder collaborations. *Sustainability Science*, 2012, vol. 7, iss. 1, pp. 101-113. DOI: 10.1007/s11625-012-0157-5
10. Trencher G., Yarime M., McCormick K., Doll C., Kraines S., Kharrazi A., Beyond the Third Mission: exploring the emerging university function of co-creation for sustainability. *Science and Public Policy*, 2014, vol. 41, iss. 2, pp. 151-179. DOI:10.1093/scipol/sct044
11. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.K., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.M. Verkhnee Gakvari: The contribution of adat, religious beliefs and public education to collective environmental management in an agro-pastoral community in the Dagestan high Caucasus. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 3, pp. 142-179. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-142-179
12. Aburakhmanov G.M., ed. *Ekologo-ekonomicheskii potentsial i ustoichivoe razvitie Dakhadaevskogo raiona (ekologicheskii pasport)* [Ecological-Economic Potential and Sustainable Development of the Dakhadaevskiy District (Ecological Passport)]. Makhachkala, Eco-press Publ., 2016, 296 p. (In Russian)
13. Aburakhmanov G.M., ed. *Ekologo-ekonomicheskii potentsial i ustoichivoe razvitie Kizilyurtovskogo raiona i goroda Kizilyurt (ekologicheskii pasport)* [Ecological-Economic Potential and Sustainable Development of the Kizilyurt District and the City of Kizilyurt (Ecological Passport)]. Makhachkala, Eco-press Publ., 2016, 296 p. (In Russian)
14. Aburakhmanov G.M., ed. *Ekologo-ekonomicheskii potentsial i ustoichivoe razvitie Untsukul'skogo raiona (ekologicheskii pasport)* [Ecological-Economic Potential and Sustainable Development of the Untsukul'skiy District (Ecological Passport)]. Makhachkala, Eco-press Publ., 2018, 296 p. (In Russian)
15. Abdurakhmanov G.M., Bekshokova P.A., Gabibova P.I., Kadieva D.I., Nurmagomedova S.G. Study of the quality of life of the inhabitants of the municipality "Kizilyurt District", Republic of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, vol. 11, no. 3, pp. 9-23. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-9-23
16. Abdurakhmanov G.M., Guseynova N.O., Prokopchik S.V. Environmental education as a system-forming factor in the concept of sustainable development (the example of Dakhadaevskiy District, Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 214-230. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-214-230
17. Petherbridge G., Ismailov M.M., Ismailov S.M., Rabadanov M.Kh., Gadzhiev A.A., Teymurov A.A., Saipov D.M., Rabadanov M.R., Daudova M.G., Abdulaev A.-G.M. The socio-ecological production landscapes of three ethnolinguistic enclaves in the Dagestan high Caucasus. Sustaining a multi-millennial agro-pastoral continuum - the example of Verkhnee Gakvari. *International Partnership for the Satoyama Initiative*. 2021. Available at: https://satoyama-initiative.org/case_studies/the-socio-ecological-production-landscapes-of-three-ethnolinguistic-enclaves-in-the-dagestan-high-caucasus-sustaining-a-multi-millennial-agro-pastoral-continuum-the-example-of-verkhnee-gakvari/ (accessed 10.12.2021)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Murtazali Kh. Rabadanov, as Rector of Dagestan State University posited the challenges and needs of an effective new approach to providing effective support for community engagement and authorised the proposed policy. Guy Petherbridge formulated the central strategy and wrote the core text. Alimurad A. Gadzhiev, Daitbek M. Saipov, Abdulgamid A. Teymurov and Murtuzali R. Rabadanov further refined the concept and contributed to the text. Madina G. Daudova edited and formatted the article for publication. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Муртазали Х. Рабаданов, как ректор Дагестанского государственного университета, обозначил проблемы и необходимость эффективного нового подхода к обеспечению действенной поддержки взаимодействия с общественностью и одобрил предложенную политику. Гай Петербридж сформулировал основную стратегию и написал основной текст статьи. Алимурад А. Гаджиев, Даитбек М. Саипов, Абдулгамид А. Теймуров и Муртузали Р. Рабаданов доработали концепцию и внесли свой вклад в написании статьи. Мадина Г. Даудова редактировала и форматировала рукопись перед публикацией. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

Guy Petherbridge / Гай Петербридж <https://orcid.org/0000-0001-7196-3937>

Murtazali Kh. Rabadanov / Муртазали Х. Рабаданов <https://orcid.org/0000-0003-1857-7652>

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

Daitbek M. Saipov / Даитбек М. Сайпов <https://orcid.org/0000-0003-3372-733X>

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

Murtuzali R. Rabadanov / Муртузали Р. Рабаданов <https://orcid.org/0000-0002-7599-0243>

Madina G. Daudova / Мадина Г. Даудова <https://orcid.org/0000-0003-0456-3698>

Обзорная статья / Review article

УДК 341.1

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-200-207

Всеобщий план борьбы с ущербом от стихийных бедствий и безопасность перспективных технологий повышения ее эффективности (политико-правовой аспект)

Сергей Н. Тихомиров

Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова (ИМЭМО) Российской академии наук, Москва, Россия
Академия военных наук, Москва, Россия

Контактное лицо

Сергей Н. Тихомиров, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник, отдел глобальных экономических проблем и внешней политики Национального исследовательского института мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова (ИМЭМО) РАН, Научный совет РАН по прикладной геофизике, профессор Академии военных наук; 117997 Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, 23.
Тел. +74955227381
Email element25d@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1546-7426>

Формат цитирования

Тихомиров С.Н. Всеобщий план борьбы с ущербом от стихийных бедствий и безопасность перспективных технологий повышения ее эффективности (политико-правовой аспект) // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 200-207. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-200-207

Получена 3 февраля 2021 г.

Прошла рецензирование 21 мая 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Привлечь внимание к назревшей потребности ускорения развития научно-технической и организационной базы решения мировой экономической проблемы снижения ущерба от стихийных бедствий и, в этом контексте, к вопросу безопасности и правового регулирования применения геофизических технологий активной защиты от них.

Обсуждение. Тридцатилетняя всеобщая кампания специальных мероприятий, проводимая ООН, ни на одном из этапов не принесла неоднократно намеченного существенного снижения человеческих жертв и материального вреда. Ее длительная безуспешность доказывает, что привлеченным потенциалом ожидаемый результат получен быть не может, что заставляет искать новые направления повышения эффективности борьбы с угрозами. С точки зрения гуманитарной, масштаб и динамика неблагоприятной природной тенденции требуют более радикального и оперативного противодействия, чем выполнения методических рекомендаций единого плана по повсеместному распространению культуры безопасности. Формой коллективного решения, адекватной важности и значимости всеобщей задачи, является глобальное управление риском бедствий, имеющее развитую институциональную базу и твердую исполнительскую дисциплину, что сейчас отсутствует.

Заключение. Преодолеть указанные препятствия подъему эффективности нельзя иначе как опираясь на специальную нормативную платформу универсального уровня, которая, однако, почти полностью сегодня состоит из декларативных постановлений. Здесь следует повысить императивность регулирования, придавая ему юридическую силу, способную более, нежели рекомендательная, обеспечить к 2030 году ранее не достигнутое существенное снижение потерь: переходить к обязательным для субъектов конкретным мерам и техническим стандартам, гарантированным инструментами права.

Ключевые слова

Стихийные бедствия, воздействие на климат, стратегия уменьшения опасности бедствий, международное право, ООН.

Comprehensive disaster damage management planning and the safety of advanced technologies to improve its efficiency (political and legal aspects)

Sergei N. Tikhomirov

Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations,
Russian Academy of Sciences (IMEMO), Moscow, Russia
Academy of Military Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Sergei N. Tikhomirov, Candidate of Juridical Sciences, Senior Researcher, Department of Global Economic Problems and Foreign Policy, Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations (IMEMO), Russian Academy of Sciences, Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on Applied Geophysics, Professor, Academy of Military Sciences; 23 Profsoyusnaya St, Moscow, Russia 117997. Tel. +74955227381
Email element25d@gmail.com
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1546-7426>

How to cite this article

Tikhomirov S.N. Comprehensive disaster damage management planning and the safety of advanced technologies to improve its efficiency (political and legal aspects). *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 200-207. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-200-207

Received 3 February 2021

Revised 21 May 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. The author aims to draw attention to the urgent need to accelerate the development of the scientific, technical and organizational basis for solving a global economic problem: reducing damage from natural disasters and, in this context, the issue of security and legal regulation of the use of geophysical technologies for active protection against them.

Discussion. The thirty-year universal campaign conducted by the UN and consisting of special events, did not at any stage bring about the repeatedly planned significant reduction in the number of human victims and the amount of material damage. Its prolonged failure proves that the expected result cannot be obtained due to the attracted potential. In addition, it makes us critically evaluate the chosen means of implementing programmes and look for new ways to increase the effectiveness of the fight against the threat. In the natural sciences, the most promising prospect is methods that are being mastered in many developed countries and focused on a targeted influence on the destructive natural process. In this area, large-scale scientific work has been carried out for a long time and already productively to increase the capabilities and scope of the modifying effect. However, serious problems arise on the path; they have been caused by insufficient knowledge of the changing natural phenomena, military and environmental aspects of these technologies, low predictability of the long-term consequences of their use, conflicts between economic interests of different states. From a humanitarian point of view, the scale and dynamics of the adverse natural trend require a more radical and operational response than the implementation of methodological recommendations of a single plan for the widespread dissemination of a safety culture. The form of a collective solution adequate to the importance and significance of the universal task is a global disaster risk management which has a developed institutional base and a solid executive discipline. But it is absent today.

Conclusion. It is impossible to overcome the indicated obstacles for raising efficiency except by relying on a special regulatory platform of a universal level, which, however, today consists almost entirely of declarative decisions. Here it is necessary to increase the imperativeness of regulation, giving it legal force which is capable of more than recommendatory one to ensure by 2030 a previously unattainable substantial reduction in losses. It is also necessary to move to binding specific measures and technical standards agreed upon and guaranteed by legal instruments. To what extent the special system of international security created on such a basis will satisfy national interests in the future, depends very much on the degree of state participation in this construction today.

Key Words

Natural disaster, climate modification, international strategy for disaster reduction, international law, UN.

ВВЕДЕНИЕ

Всеобщая проблема непрогнозируемых потерь

Продолжающееся в мире распространение вируса COVID-19 убедительно аргументирует актуальность и большую значимость, которые приобретает в современных условиях взаимодействие государств по чрезвычайным вопросам, осуществляемое на глобальном уровне. С середины прошлого столетия в странах происходит стремительное увеличение экономических и гуманитарных потерь от природных катастроф. Последние весьма разнообразны – от землетрясений и извержений вулканов, до массового поражения малоизученными болезнетворными организмами и лавинного размножения уничтожителей посевных культур, причем одни бедствия могут вызвать другие.

В основе «стихийно» создающейся при этом хозяйственной проблемы любого масштаба лежит причинение естественным форс-мажорным событием вещественных убытков, под которыми подразумевается сумма прямого (реального) ущерба и неполученной прибыли (иногда называемой в теории права «упущенной выгодой»). Членами первого слагаемого являются уничтожение и/или повреждение имущества, а также расходы на восстановление. Второе есть результат различных нарушений гражданского оборота, «совершенных» опасным физическим или биологическим геосферным процессом, и ведущих к сокращению доходов. Рассматривая взятую тему, следует отметить, что во многих случаях наносимый непрогнозируемый вред в его полном объеме в данную юридически апробированную формулу не вменяется. Этому способствует парадигма модернизации, усложняющая непрерывно обновляемую материально-техническую базу производства в промышленности, аграрной области, сфере услуг и упрочивающая взаимную зависимость его отношений, отчего внезапные деструктивные изменения, которые здесь возникают, влекут все более разнохарактерные, обширные в пространстве, продолжительные во времени и многочисленные по кругу затронутых субъектов неблагоприятные последствия.

Гуманитарная характеристика или «человеческое измерение» мирового тренда – гибель людей, их безвестное отсутствие, утрата здоровья и родственных связей, переживания, сопряженные с лишением ценностей, не имеющих денежного эквивалента. Названное сугубо отрицательно влияет на детей, женщин и некоторые другие легкоуязвимые, а потому нуждающиеся в особой защите, группы населения. Итоги бедствий посредством деморализации, обострения бедности и внутригосударственных противоречий, подрыва усилий по улучшению благосостояния стимулируют эрозию общества, порождают преступность, что весьма актуально для стран с невысоким уровнем жизни.

Помимо прочего, повторность эксцессов природы обнаруживает пагубную обратную связь: они ослабляют экономику, а ослабленная экономика позволяет им тяжелее поражать элементы своей инфраструктуры; дезорганизуют социум, а дезорганизованная социальная среда оказывает пониженную сопротивляемость разрушительным внешним факторам. Принимая во внимание все отмеченное, надо констатировать, что глобальная «катастрофическая» тенденция представляет собой серьезную преграду устойчивому развитию, а ее преодоление превращается в его важный компонент.

Главной координационной платформой мероприятий, направленных на максимальное ограничение потерь, является Международная стратегия уменьшения риска бедствий, разработанная Объединенными Нациями. В соответствии с резолюцией Генеральной Ассамблеи А/54/219 [1, pp. 203-204], она действует с 2000 года как преемница охватившего период с 1990 по 1999-й Десятилетия, посвященного борьбе с чрезвычайными ситуациями [2, pp. 161-162]. Проект, объявленный Организацией на рубеже веков, подготавливался и выполняется согласно с программами: сначала – упомянутой декады девяностых, а затем – трех всемирных конференций по данному вопросу – Иокогамской (1994 г.) [3], Хиогской (2005 г.) [4] и Сендайской (2015 г.) [5]. Основная идея бессрочной кампании – повышение сопротивляемости социума к естественным и антропогенным событиям форс-мажорного характера, влекущим катастрофические последствия, которое должно привести к существенному снижению причиняемого вреда, то есть создаваемого природой препятствия устойчивому развитию. В юридическом аспекте, тотальная акция имеет целью с помощью рекомендаций «мягко» корректировать поведение субъектов права всех уровней – от индивида до государства – соображениями безопасности, и тем обеспечить значительное сокращение объема экономического ущерба и числа человеческих жертв. Этот, согласно терминологии руководящих документов, «ожидаемый результат» – большой спад величины потерь – был намечен тридцать лет назад и весь прошедший срок неотступно назначался для достижения программными актами в качестве запланированного итога каждого этапа Стратегии. Однако в обстановке быстрого роста проблемы предпринимаемые меры и употребляемые средства оказались неэффективными, о чем свидетельствует неизменный баланс фактический, противоположный заданному: «существенным» или «значительным» всякий раз становится не снижение, а повышение размеров материального и нематериального урона, регистрируемого на Земле.

ОБСУЖДЕНИЕ

Недостигнутый результат стратегии «мягкой» обороны

Чтобы обратить внимание властных и общественных институтов, ответственных за выработку российской внешней политики, на задачи, вытекающие из возникновения угрозы, и при этом не навлечь на себя обвинений в алармизме, будет разумным и достаточным оценить состояние дел выводами Организации Объединенных Наций – координатора проводимой стратегии.

Согласно итогам всемирной кампании ООН и ее хиогского этапа, доложенным на юбилейной сессии Генассамблеи, начало текущего, сендайского, было малообещающим и, как сейчас кажется, предвосхищающим то, чего надо ожидать в его конце: «Спустя 25 лет после провозглашения Международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий и спустя 10 лет после одобрения документа «Хиогская рамочная программа действий на 2005-2015 года: создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств и общин» Генеральной Ассамблеей глобальный риск бедствий по-прежнему нарастает быстрее, чем сокращается. Экономические потери достигли уровня, составляющего в среднем от 250 до 300 млрд долл. США в год, что оказывает крайне

негативное воздействие на стабильный экономический рост в странах с низким и средним уровнем дохода и подрывает достижения в области развития в уязвимых общинах» [6, пункт 1].

Запрограммированный Объединенными Нациями результат, – «существенное» уменьшение ущерба, – сегодня остается таким же недостижимым, как и во всем минувшем периоде беспрецедентной по масштабу акции. Этому способствовало последующее осложнение характера самой мировой проблемы упрощением ее привязки к двум другим. Во-первых, быстрое возрастание размеров вреда, который несет с собой «катастрофическая тенденция» населению, экономике и окружающей среде, как отражено в приведенной выдержке из доклада Генерального секретаря Организации и уже отмечалось выше, стало серьезной преградой устойчивому развитию. Во-вторых, явная корреляция непрерывного стремительного увеличения опасности ударов природы и непрекращающегося динамичного земного потепления шаг за шагом убеждает в причинно-следственной связи между этими феноменами. Укрепление взаимной обусловленности в триаде всеобщего вопроса бедствий и двух столь же актуальных тем, – развития и адаптации, – поставило ООН перед необходимостью усиления противодействия угрозе стихии синергическим эффектом, который рассчитывают получить путем интеграции трех соответствующих универсальных проектов: Сендайской рамочной программы, Повестки дня на XXI век [7] и Парижского соглашения по климату [8].

Создавшееся положение принуждает Организацию, то есть самого автора, делать признания в безуспешности своей инициативы, где многие могли бы почувствовать депрессивную тональность и даже уловить панические ноты: «Эта, как кажется, бесконечная череда рекордных по своим масштабам бедствий ... будет по-прежнему иметь далеко идущие последствия в среднесрочной и долгосрочной перспективе, особенно в условиях продолжающейся интеграции рынков и поставщиков в рамках глобальной экономики» [9, пункт 2].

Непременным требованием для преодоления нынешней ситуации является наличие соразвивающейся с ней организационной, в том числе юридической, базы совместных защитных мероприятий. Ведущая роль в таком оргстроительстве сегодня принадлежит ООН: Стратегии и проводимым один раз в десять лет Всемирной конференции, а также каждые два года Глобальной платформе – высшим форумам, на которые под эгидой Объединенных Наций собирается большинство государств и профильных международных правительственных и неправительственных организаций. Постановления этих саммитов и принятые по чрезвычайной теме резолюции Генеральной Ассамблеи, по сути, должны на универсальном уровне в контексте названных выше проектных документов складывать основы управления риском, которое посредством уменьшения форс-мажорного вреда обеспечит устойчивое к бедствиям и температурным изменениям экономическое и социальное развитие.

Правильность сделанных построений убедительнее всего подтверждает или отрицает практика их использования. На протяжении трех десятилетий Организация Объединенных Наций, возложив на себя миссию лидера и штаба сопротивления, своими решениями стремится подавить «катастрофический» тренд, но постоянный очевидный

итог – обратный: неуклонный рост ущерба. Причиной этого нельзя считать только непреодолимую геофизику и микробиологию, именуемые в правовой доктрине *insuperable force*, так как долгая безуспешность противодействия не повлекла ревизии его первоначальных принципиальных установок и инструментов руководства. Не затронута фундаментальная идея «движения ради движения», то есть не нацеленных на конкретные итоги непрерывных усилий по укреплению способностей государств и общин отражать природные натиски, а следование ей должно принести намеченный еще на ранней стадии конца 80-х нечеткий результат – «существенное (в иной редакции «значительное») снижение потерь» – который, не будучи полученным по предыдущим программам, декларируется очередной.

Прежними остаются и важнейшие оргсредства, какими его рассчитывают добиться: изданные в ходе кампании руководящие нормативные акты не предъявляют ее участникам категоричных юридических требований, а лишь предложены усмотрению адресатов: выполнять либо игнорировать эти неимперативные наставления – оба варианта поведения вполне правомерны. При нарастающей угрозе плановые директивы состоятельны, способны направлять к предусмотренному ими достижению, если они обязательны, формально определены – к такому характеру регулированию обращает недостаточная эффективность проводимой с девяностых годов линии «мягкой», невзыскательной координации и ощутимая положительная отдача выработанного международной практикой борьбы с COVID-19 курса жестких рестрикций. Тем не менее, сегодня этим первым нестрогим методом, настойчиво пытаются в назначенный срок прийти к заданному показателю, упорядочив и направив действия практически неограниченного количества субъектов во всем мире предписаниями безопасности – намерение едва ли способное воплотиться посредством рекомендаций.

Вероятная перспектива и меры активной защиты

В сложившейся обстановке, как указывается в докладе Организации Объединенных Наций, беспрецедентная величина хозяйственного ущерба «выдвигает на первый план насущную необходимость в проведении оценки сценариев опасностей в среднесрочной и долгосрочной перспективе и определении конкретных мер (курсив мой – С.Т.), с тем, чтобы свести к минимуму возможности для появления новых факторов риска в будущем, снизить существующие уровни риска и повысить социальную, экологическую и экономическую устойчивость к бедствиям» [9, резюме]. Для этого страны пока располагают главным ресурсом любой стратегии, – временем на поиски оптимальных решений.

Наблюдаемое постепенно подтверждает версию, что *основная причина увеличения числа и тяжести естественных форс-мажорных событий и наносимых ими потерь – неуклонный, динамичный рост температуры на поверхности Земли*, особенно заметный в высокоширотных циркумполярных зонах геосферы и, в частности, на российском Крайнем Севере, которое вызывает ранее не возникавшие или пробуждает «спящие» неблагоприятные физические и биологические процессы в окружающей среде. Пусть поправленное принципиальной оговоркой, но такое объяснение начинает обретать убедительность и в глазах экспертов ООН: «Несмотря на то, что пока ни одно отдельно взятое бедствие нельзя считать прямым

следствием изменения климата, становится все более очевидным, что изменение климата затрагивает многие природные системы и системы жизнедеятельности человека и представляет значительную опасность для здоровья человека, экосистем, инфраструктуры и сельскохозяйственного производства» [9, пункт 11]. Глобальное потепление, с которым всё прочнее связывают тенденцию катастроф, обусловит ее последующее усиление. Вместе с тем, твердое постоянство явного проигрыша, всякий раз заявляющего о себе задолго до конца очередного периода кампании, свидетельствует о невыполнимости задачи, поставленной перед участниками, таким техническим и организационным потенциалом, какой привлечен для противодействия. Стремление преодолеть отмеченные неустраняемые природное и антропогенное препятствия подсказывает, что с помощью обычно используемых средств борьба за существенное сокращение вреда сосредоточена на укреплении пассивного заслона для прикрития населения и экономики от ударов стихии. Данное достаточно предсказуемое направление имеет заведомо ограниченную эффективность, так как здесь предполагается минимизировать негативные последствия, не затрагивая их причину. Сдерживаемое последним обстоятельством, дальнейшее совершенствование защиты будет уменьшать количество человеческих жертв и хозяйственного ущерба в довольно стесненных пределах. Иной, креативный, но слабоизученный путь – предотвращение потерь активным вмешательством в нежелательные климатические явления, который в широком мнении еще сохраняет репутацию научной фантастики, но где давно и упорно ведутся уже плодотворные разработки.

В середине прошлого века всемирно известный геофизик академик М.И. Будыко писал: «Воздействие человека на климат при дальнейшем развитии техники и энергетики в ближайшем будущем становится не только возможным, но и неизбежным. Такое воздействие...откроет перспективу длительного существования биосферы, климатические условия которой будут регулироваться человеком...» [10, с. 4]. Сегодня не соответствующий уровню риска «арсенал» его снижения и неудовлетворительная результативность предпринимаемых мер все более ориентируют поиск адекватной защиты на проекты предупреждающих стихийные бедствия технологий влияния на климат: образование и выпадение осадков, движение воздушных масс, ход сейсмических событий и др. Однако на дороге, предсказанной выдающимся ученым, стоят принципиальные проблемы, которые заставляют идущих задаваться вопросом: благо ли в итоге принесет широкое освоение новой области? При создании и применении такого рода нетрадиционных защитных способов первая из них – это изученность затрагиваемых геофизических процессов в степени, необходимой для того, чтобы предотвратить неприемлемый ущерб окружающей среде, то есть серьезный, обширный и продолжительный. Далее следуют обеспечение международной безопасности, согласование суверенных интересов стран, сохранение качества жизни, – темы, вдвойне актуальные для государств единого экоса, преобразуемого модификационной деятельностью [11, с. 6].

Особо важно, что указанным технологиям свойственна низкая прогнозируемость спектра результатов их использования, претерпеваемых биотой. Сегодня нельзя быть уверенным в адекватности того

отражения, какое оставляют в сознании современного человека механизмы природы, которые он хочет «исправить», а, следовательно, в том, что предвосхищаемая революция вполне оправдана. Попытка рукотворного их изменения пока представляет собой грубое вторжение в тонкие и недостаточно выясненные естественные связи, регулирующие экологическое равновесие, с трудноопределимыми отдаленными (и во времени, и в пространстве) последствиями получения желаемого эффекта. Кроме того, в конце прошлого века проблема такого познания осложнилась всеобъемлющим хаос-фактором – повышением среднегодовой температуры на планете. При этом понятно, что мировое потепление стало неблагоприятным фоном для распространяющейся практики техногенных воздействий, который увеличивает вероятность нарушения ими пределов устойчивости экосистем. Следовательно, сегодня в работе над активной защитой главным вопросом, решением которого должны направляться дальнейшие шаги в предлагаемую перспективу, следует считать оценку возможности причинить критические повреждения среде обитания, характеризующиеся как неприемлемый ущерб. В настоящее время объем знаний, требуемый для ответа, еще не получен, но многие страны уже используют модулирующие приемы, чтобы не только защититься от тяжёлых экономических и гуманитарных потерь, наносимых бедствиями, но даже и избавиться от неудобств, доставляемых «непогодой».

Геофизические технологии и вопросы безопасности

Экосфера делима принципом суверенитета лишь условно, баланс процессов, происходящих в природе, и результаты их техногенных изменений не имеют строгих территориальных границ. В отсутствие единого надзора отмечаемые в мире различные по мощности, характеру, месту и длительности управляющие воздействия будут формировать весомый фактор локальной напряженности, глобальной экологической и военной проблем. В контексте последней сотрудничество по заявившей о себе теме необходимо и актуально, потому что геофизические технологии имеют двойное назначение.¹ Разрушения, которые они способны производить, могут быть весьма масштабными, тяжелыми и долгосрочными, а, значит, глубоко затрагивающими жизненные интересы государств. То есть речь идет об эффективном инструменте, как явного, так, надо подчеркнуть, и скрытого силового влияния на ситуацию в странах и регионах. С другой стороны, реальная картина ясно подтверждает, что рекомендованными приемами борьбы «катастрофический» тренд удовлетворительно скорректировать не удастся. «Несмотря на значительное продвижение в распространении во всем мире культуры снижения риска бедствий, достигнутое в последнее десятилетие в ходе реализации Хиогской рамочной программы действий, *международное сообщество стремительно приближается к тупиковой ситуации* (выделено мною – С.Т.), поскольку экономические потери растут и во многих частях мира уровень смертности остается неизменно высоким» [6, пункт 2], – такой вывод содержит доклад

¹Налаживание регулярных контактов для обмена подобной информацией представляет собой перспективное направление укрепления международной безопасности, что отражено в совместном заявлении делегаций Национальной академии наук США и Российской академии наук по вопросам технологий двойного назначения от 1994 года [12, с.34-60].

Генерального секретаря ООН. Желание пассажиров и их машиниста найти спасительный путь подсказывает перспективу, которая, как сейчас кажется, обнадеживает уклонением от приближающейся опасности. Представляется, что вместе с антивоенной мотивацией это способно навести на геофизические технологии, – и как на инструмент преобразования природы, и как на объект контроля за вооружениями, – фокус пристального публичного рассмотрения. Пока же, без подобающего освещения, осуществление не всегда «прозрачных» проектов модификаций естественных процессов вызывает серьезное беспокойство об экологическом равновесии и всеобщей стабильности. Но в ожидании благоприятного времени для создания системы необходимых гарантий деятельность, ведущую уже во многих странах, нельзя ни сдерживать, – в силу необратимости научно-технического развития, – ни оставить на откуп различным опытно-экспериментальным базам и технологическим центрам, – из-за «двойного» назначения предмета исследований, то есть как мирного, так и военного. Какое из них первое? Последствия вероятных враждебных воздействий слишком тяжки для того, чтобы даже при сегодняшней глобальной политической конъюнктуре отказываться от давно вынашиваемой идеи поставить модифицирующие способы в рамки правового режима разработки, передачи и применений, обеспеченного авторитетными акторами межгосударственных отношений.²

Его институциональная платформа обозначилась только *in pise*, что относится к периоду сотрудничества СССР и США по заключению Конвенции ЭНМОД 1976 г. [13, p.151-210]. Роль главного гаранта здесь принадлежит Совету Безопасности ООН.³ Кроме того, согласно с мировой практикой, помощниками Совбеза в этом становятся специализированные международные организации широкого представительства, поскольку их профиль и компетенция соответствуют характеру решаемых вопросов. В данной области при общем руководстве Совета контрольные и надзорные функции следует возложить также на Комиссию по разоружению, Всемирную метеорологическую организацию (ВМО), Программу ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирную организацию здравоохранения (ВОЗ), Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций (ФАО).⁴

Современным международным правом, как важнейшим средством поддержания стабильности, не образована и отвечающая значению рассматриваемой проблемы нормативная основа безопасного развития этих технологий. Их использование с военной и иной враждебной целью не допускается лишь отчасти: «разоруженческие» положения запрещают только крайний случай, – подготовку или ведение большой геофизической войны [15, с.10]. Тема же конвенционного упорядочения мирных модификаций,

обостряемая беспримерными климатическими аномалиями, не обсуждается.⁵

Чтобы продвинуть далее заложенный в середине 70-х годов Москвой и Вашингтоном, еще не поверженный обязательный к соблюдению режим, защищающий от угроз, которые вызваны попытками управлять разрушительными природными процессами, нужны немалые нормотворческие, то есть совместные, усилия, особенно, в регулировании мер контроля и получения информации по предпринимаемым каждым из участников модулирующим воздействиям.⁶ Даже при наличии принципиального согласия государств-лидеров этой группы с возможностью универсальной правовой регламентации чувствительной для них сферы, – на что, как подтверждает выход Соединенных Штатов из договоров по ПРО и РСМД, надеяться в настоящий момент не приходится, – создание новых правил стало бы сложным и длительным. По-видимому, удовлетворительные условия для такой работы не появятся на развалинах прежних конструкций взаимного сдерживания ранее более или менее стойкого «потепления» международного «климата» (по крайней мере, в треугольнике «США-Россия-Китай») – гипотетического многополярного подобию памятной советско-американской «разрядки», позволившей принять Конвенцию ЭНМОД. При том, конечно, что, как и тогда, главные субъекты нормотворчества, продвигнув свои фундаментальные исследования, докажут себя друг другу достойными соперниками в конкуренции на нетрадиционном направлении технического прогресса (и равносильными «вероятными противниками» в негласной «гонимости» запрещенных вооружений?). Но если далее замалчивать назревшую проблему (латентных стратегических средств?) и откладывать до лучших времен установление, скользкой, – иной в документе ее, пожалуй, не сформулировать, – мирной границы для безнадзорно применяемых сегодня двойных геофизических технологий, то не будет ли идея регламентировать соревнование режимом безопасности окончательно вытеснена политической и военной целесообразностью в уже неостановимой «игре без правил»?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Путем строгих правил

Непрекращающийся разогрев земной поверхности как основная причина непрерывного увеличения формальных потерь, наносимых стихией, и вопрос об адекватном реагировании на это согласно с призывом Организации Объединенных Наций побуждают к размышлениям о «долгосрочной перспективе», сравнительной «оценке сценария» и рисков не только уклонения от угрозы, но и целенаправленного вмешательства в обостряемые повышением температуры разрушительные природные процессы. Это весьма наукоемкое сопоставление для определения ответных мер представляется сейчас виртуальным выбором «меньшего зла», – между малообещающей обороной и малоразведанным наступлением, – который,

² Еще 45 лет назад признание того, что развитие науки и техники предоставит принципиально новые способы влияния на опасные естественные процессы, и ясное понимание, какие «чрезвычайно пагубные последствия для благосостояния людей», – записано в Преамбуле документа, – могли бы иметь целенаправленные вредоносные экологические модификации, привело к принятию 10 декабря 1976 года на Генеральной Ассамблее ООН текста Конвенции о запрещении военного или иного любого враждебного использования средств воздействия на природную среду (Конвенция ЭНМОД) [13, p.151-210].

³ В силу общей компетенции, возложенной на Совет Безопасности главой V Устава Организации Объединенных Наций, и специальной, предоставленной пунктами 3-5 статьи V Конвенции ЭНМОД.

⁴ Идея о привлечении ВМО, ЮНЕП и ФАО в качестве экспертов к разрешению споров о характере (мирном либо враждебном) конкретных воздействий, произведенных на природную среду, вызвала интерес еще на конференции по разоружению 1976 года [14, с.176].

⁵ В частности, не обсуждаются возможности заключения договора о мирном применении средств модификации природной среды, – документа, вопрос о котором поднимался еще при рассмотрении проекта Конвенции ЭНМОД, – хотя эти средства, как подчеркнуто, уже применяют многие государства.

⁶ Существующий порядок взаимной проверки и обмена научной и технической информацией установлен в рассматриваемом секторе международной безопасности пунктом 2 статьи III и статьей V Конвенции о запрещении военного или иного любого враждебного использования средств воздействия на природную среду (Конвенция ЭНМОД) от 10 декабря 1976 года [13].

помимо главного стратегического ресурса, требует расширения информационных доступа и обмена: как предусмотренных заключенными двусторонними и многосторонними международными договорами, так и ведущихся вне межгосударственных соглашений на тематических коммуникационных платформах всемирных банков технологий или на базе глобальных систем распространения инноваций и исследовательских разработок. Но независимо от шансов на жизнь и воплощение каждой из обеих сценарных версий, недостижимость оборонительного стратегического результата и «непрозрачность» наступательных геофизических модификаций, а нагляднее того, недолгий, но поучительный опыт борьбы с пандемией коронавируса показывают реальную, давно существующую на универсальном уровне нехватку юридических регламентов для снижения гуманитарного и экономического вреда, обусловленного исключительными обстоятельствами.

Нормам поведения, как средствам, организующим общество на решение проблемы, для того, чтобы с их помощью с ней справиться, надо обладать такой регулятивной силой, которая соразмерна тяжести предотвращаемых последствий и ценности подзащитных объектов. В данном случае предупреждается, прежде всего, утрата человеческой жизни и гибель (полная или частичная) собственности, – в теории естественного права, наибольших из освящаемых им благ. Стремление гарантировать их безопасность вызывает необходимость до той же степени усилить нормативное регулирование, что отражено программными тезисами ООН: «Государствам и региональным и международным организациям следует содействовать налаживанию более тесной стратегической координации... на основе усовершенствованной Международной стратегии уменьшения опасности бедствий. В предстоящие годы необходимо уделять внимание осуществлению и совершенствованию соответствующих международных правовых инструментов, касающихся уменьшения риска бедствий» [4, пункт 22]. Но хроника больших катастроф и практика повсеместного сопротивления COVID-19 свидетельствуют, что эти руководящие постановления всемирной конференции ООН в их рекомендательном виде не приведены в удовлетворительное исполнение, хотя полувековой тренд увеличения форс-мажорных потерь жизни и собственности имеет самый огромный размах, и создание адекватной защиты от его удара, – в том числе юридической, – в условиях уже упомянутой закономерно растущей разрушающей способности чрезвычайных ситуаций продолжает оставаться в буквальном смысле жизненно важной всеобщей задачей, несмотря на «коронавирусное поражение» идеи глобализма. Однако дальнейшее движение долголетней тенденции сделает неизбежным изменение ее восприятия и оценки, что ускорит рациональную оборонительную реакцию, соответствующую масштабу угрозы, характеру последствий и значимости охраняемых объектов – образование обязательной универсальной регламентации управления риском катастроф, которая, исходя из взаимосвязи стратегии противодействия с названными ранее макропроектами развития и адаптации, будет выстраиваться с учетом положений об экстренной помощи, содержащихся в планах ООН в сфере природопользования, охраны здоровья, борьбы с голодом. Активное участие нашего государства, принимаемое в процессе становления права,

регулирующего новую систему международной безопасности, явилось бы сегодня, *im Werden*, своевременной и высокорентабельной политической инвестицией в открывающийся сектор широкого сотрудничества стран, которая завтра будет длительно и устойчиво обеспечивать там реализацию российских интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Resolution Adopted by the General Assembly 54/219. International Decade for Natural Disaster Reduction: Successor Arrangements. 3 February 2000. Resolutions and Decisions Adopted by the General Assembly during Fifty-Fourth Session. Volume I. Resolutions 14 September – 23 December 1999. General Assembly. Official Reports: Fifty-Fourth Session. Supplement no. 49 (A/54/49). New York: United Nations, 2000. 479 p.
2. Annex to the United Nations General Assembly Resolution 44/236 of 22 December 1989 "International Decade for Natural Disaster Reduction". International Framework of Action for the International Decade for Natural Disaster Reduction. Resolutions and Decisions Adopted by the General Assembly during Forty-Fourth Session. Volume I. Resolutions 19 September – 29 December 1989. General Assembly. Official Reports: Forty-Fourth Session. Supplement no. 49 (A/44/49). New York: United Nations, 1990. 368 p.
3. Resolution 1. Annex I. Yokohama Strategy for a Safer World: Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation, Containing the Principles, the Strategy and the Plan of Action. Report of the World Conference on Natural Disaster Reduction. Yokohama, Japan, 23–27 May, 1994. Doc. UN A/CONF.172/9.1994.27 September. 49 p.
4. Resolution 2. Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Report of the World Conference on Disaster Reduction. Kobe, Hyogo, Japan, 18–22 January 2005. United Nations. General Assembly. Doc. UN A/CONF.206/6.2005.16 March. 42 p.
5. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Sendai, Japan, 14–18 March 2015. Doc. UN A/CONF.224/L.2.2015.7 April. 35 p.
6. Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction. Report of the Secretary-General. United Nations. General Assembly. (Doc. UN A/70/282.2015.4 August). 18 p.
7. Resolution 1. Annex 2. Agenda 21. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Volume 1. Resolutions adopted by the Conference. Rio de Janeiro, 3–14 June, 1992. Doc. UN A/CONF/ 151/26/Rev.1 (Vol.1). New York: United Nations, 1993. 487 p.
8. Paris Agreement. URL: unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement (дата обращения 24.06.2020).
9. Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction. Report of the Secretary-General. United Nations. General Assembly. (Doc. UN A/69/364.2014.3 September). 22 p.
10. Будыко М.И. Некоторые пути воздействия на климат // Метеорология и гидрология. 1962. N2. С. 3–8.
11. Трофимов В.Н. Военная и экологическая безопасность. Международное право и сила. М.: Прометей, 1991. 131 с.
12. Территория надежды. Сборник статей и аналитических записок / ред. Н.М. Канаев. М.:

Международная академия наук по проблемам национальной безопасности, 1999. 212 с.

13. United Nations, Treaty Series. V. 1108. N I-17119. New York: United Nations, 1986. 457 p.

14. Вавилов А.М. Экологические последствия гонки вооружений. М.: Международные отношения, 1988. 207 с.

15. Report of the 1st Committee on Disarmament. Volume I. General Assembly. Official Reports. Thirty-first session. Supplement no. 27 (A/31/27). New York: United Nations, 1976. 107 p.

REFERENCES

1. Resolution Adopted by the General Assembly 54/219. International Decade for Natural Disaster Reduction: Successor Arrangements. 3 February 2000. Resolutions and Decisions Adopted by the General Assembly during Fifty-Fourth Session. Volume I. Resolutions 14 September – 23 December 1999. General Assembly. Official Reports: Fifty-Fourth Session. Supplement no. 49 (A/54/49). New York, United Nations, 2000, 479 p.

2. Annex to the United Nations General Assembly Resolution 44/236 of 22 December 1989 "International Decade for Natural Disaster Reduction". International Framework of Action for the International Decade for Natural Disaster Reduction. Resolutions and Decisions Adopted by the General Assembly during Forty-Fourth Session. Volume I. Resolutions 19 September – 29 December 1989. General Assembly. Official Reports: Forty-Fourth Session. Supplement no. 49 (A/44/49). New York, United Nations, 1990, 368 p.

3. Resolution 1. Annex I. Yokohama Strategy for a Safer World: Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation, Containing the Principles, the Strategy and the Plan of Action. Report of the World Conference on Natural Disaster Reduction. Yokohama, Japan, 23–27 May, 1994. Doc. UN A/CONF.172/9.1994.27 September, 49 p.

4. Resolution 2. Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Report of the World Conference on Disaster Reduction. Kobe, Hyogo, Japan, 18–22 January 2005.

United Nations. General Assembly. Doc. UN A/CONF.206/6.2005.16 March, 42 p.

5. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Sendai, Japan, 14–18 March 2015. Doc. UN A/CONF.224/L.2.2015.7 April, 35 p.

6. Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction. Report of the Secretary-General. United Nations, General Assembly. (Doc. UN A/70/282.2015.4 August), 18 p.

7. Resolution 1. Annex 2. Agenda 21. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Volume 1. Resolutions adopted by the Conference. Rio de Janeiro, 3–14 June, 1992. Doc. UN A/CONF/ 151/26/Rev.1 (Vol.1). New York, United Nations, 1993, 487 p.

8. Paris Agreement. Available at: unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement (accessed 24.06.2020)

9. Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction. Report of the Secretary-General. United Nations, General Assembly. (Doc. UN A/69/364.2014.3 September), 22 p.

10. Budyko M.I. Some ways of the climate impact. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology]. 1962, no. 2, pp. 3-8. (In Russian)

11. Trofimov V.N. *Voennaya i ekologicheskaya bezopasnost'. Mezhdunarodnoe pravo i sila* [Military and environmental safety. International law and force]. Moscow, Prometheus Publ., 1991, 131 p. (In Russian)

12. Kanaev N.M., ed. *Territoriya nadezhdy. Sbornik statei i analiticheskikh zapisok* [Territory of hope. Collection of articles and policy briefs]. Moscow, International Academy of Sciences on National Security Problems Publ., 1999, 212 p. (In Russian)

13. United Nations, Treaty Series, vol. 1108, no. I-17119, New York, United Nations, 1986. 457 p.

14. Vavilov A.M. *Ekologicheskie posledstviya gonki vooruzhenii* [Ecological consequences of the arms race]. Moscow, International Relations Publ., 1988, 207 p. (In Russian)

15. Report of the 1st Committee on Disarmament, vol. I, General Assembly. Official Reports. Thirty-first session. Supplement no. 27 (A/31/27). New York, United Nations, 1976, 107 p.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей Н. Тихомиров собрал и проанализировал материал, написал рукопись. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sergei N. Tikhomirov collected and analysed the material and wrote the article. The author is responsible for plagiarism, self-plagiarism and for other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Сергей Н. Тихомиров / Sergei N. Tikhomirov <https://orcid.org/0000-0002-1546-7426>

Оригинальная статья / Original article

УДК 332: 338.43

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-208-215

Земельная политика в контексте устойчивого развития

Виктор Н. Хлыстун

Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

Контактное лицо

Виктор Н. Хлыстун, доктор экономических наук, академик РАН, профессор кафедры экономики недвижимости, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»; 105064 Россия, г. Москва, ул. Казакова, 15.

Тел. +79647989844

Email khlystun@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7050-7734>

Формат цитирования

Хлыстун В.Н. Земельная политика в контексте устойчивого развития // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 208-215. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-208-215

Получена 16 июня 2021 г.

Прошла рецензирование 27 августа 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Определение места, роли, векторов развития и содержания современной земельной политики в связи с парадигмой устойчивого развития экономики.

Материалы и методы. Результаты многолетних исследований автора по проблемам земельных отношений и разработанный им проект «Доктрины земельной политики», социально-экономический анализ состояния и тенденций развития, экспертная оценка, научное прогнозирование, комплексная оценка рисков.

Результаты. Установлены основные характеристики современного состояния земельных отношений, определены причины и условия появления и развития негативных тенденций в организации использования и охраны земельных ресурсов страны, обоснованы направления совершенствования земельной политики государства и предложено основное содержание документа, определяющего цели, задачи, содержание, институты и технологии, обеспечивающие её успешную реализацию.

Заключение. Предложенный автором проект «Доктрины земельной политики Российской Федерации» может стать документом, формирующим чёткие представления о сущности и содержании перспективной земельной политики и создающим условия для более эффективного использования и воспроизводства земельного потенциала страны.

Ключевые слова

Российская Федерация, доктрина, земельная политика, земельные ресурсы, устойчивое развитие, экономика, экология землепользования, управление, социальные аспекты.

Land policy in the context of sustainable development

Viktor N. Khlystun

State University of Land Management, Moscow, Russia

Principal contact

Viktor N. Khlystun, Doctor of Economics, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Department of Real Estate Economics, State University of Land Management; 15 Kazakova St, Moscow, Russia 105064.
Tel. +79647989844
Email khlystun@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7050-7734>

How to cite this article

Khlystun V.N. Land policy in the context of sustainable development. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 208-215. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-208-215

Received 16 June 2021

Revised 27 August 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To determine the place, role, vectors of development and content of modern land policy in connection with the paradigm of sustainable economic development.

Materials and Methods. The results of the author's long-term research on the problems of land relations and the draft Doctrine of Land Policy which he has developed, together with socio-economic analysis of the state and trends of development, expert assessment, scientific forecasting and comprehensive risk assessment.

Results. The main characteristics of the current state of land relations are established, the reasons and conditions for the emergence and development of negative trends in the organization of the use and protection of the country's land resources are determined, the directions for improving the state's land policy are substantiated and the main content of the document defining the goals, objectives, content, institutions and technologies that ensure its successful implementation is proposed.

Conclusion. The draft "Doctrines of the Land Policy of the Russian Federation" proposed by the author can become a document that forms clear ideas about the essence and content of a promising land policy and creates conditions for more effective use and reproduction of the country's land potential.

Key Words

Russian Federation, doctrine, land policy, land resources, sustainable development, economy, ecology of land use, management, social aspects.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные изменения климата, хищническое использование природного ресурсного потенциала нашей планеты, растущее понимание необходимости его сохранения для будущих поколений всё настойчивее требует изменений парадигмы и приоритетов системы взаимосвязей человека, экономики и природы. Их современное представление отражено в концепции устойчивого развития экономики, которая, зародившись в 70-е годы прошлого столетия, прошла несколько этапов своего развития, каждый из которых отличается расстановкой приоритетов. Если на первом этапе (1972-1992 гг.) их последовательность выглядела как «экономика – общество – природная среда» [1], на втором (1993-2012 гг.) – «общество – природная среда – экономика», то на сегодняшнем этапе, начавшемся после 2012 года на первое место выходит экология и основным вектором становится развитие «зелёной экономики (green esopotu)» [2]. Основные контуры новой стратегии определены рядом документов ООН и ОЭСР и нашли своё отражение в социально-экономической и экологической политике России. Наиболее рельефно они представлены в перечне поручений Президента РФ по итогам рассмотрения на Госсовете 27 декабря 2016 года вопроса «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» [3].

Правительству страны предложено предусмотреть при разработке документов стратегического планирования на 2017-2025 годы в качестве одной из основных целей переход России к модели экологически устойчивого развития, позволяющей обеспечить в долгосрочной перспективе эффективное использование природного капитала страны при одновременном устранении влияния экологических угроз на здоровье человека, обратив особое внимание на использование системы индикаторов устойчивого развития, определение механизмов достижения целей и поэтапное решение задач экологически устойчивого развития территорий регионов на период до 2030 года и на перспективу до 2050 года. В числе поручений обозначена и позиция, относящаяся к земельной политике. В ней Правительству поручено «Подготовить совместно с заинтересованными органами исполнительной власти субъектов РФ и представить предложения по разработке порядка определения и установления нормативов качества почв и земель в зависимости от их природных особенностей, целевого назначения и величины предельных остаточных концентраций загрязняющих веществ в целях восстановления свойств почв исходя из географических, геологических, гидрогеологических особенностей их формирования и природного фонового состояния территорий и акваторий».

Следует отметить, что ещё на втором этапе эволюции концепции устойчивого развития Указом Президента России в апреле 1996 года была утверждена «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», которая устанавливала, что «Переход к устойчивому развитию должен обеспечить на перспективу сбалансированное решение проблем социально-экономического развития и сохранения благоприятной окружающей среды и

природно-ресурсного потенциала, удовлетворения потребностей настоящего и будущего поколений» [4].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При подготовке статьи использованы материалы многолетних исследований автора по проблемам земельных отношений и организации использования земельных ресурсов и разработанный им проект «Доктрины земельной политики Российской Федерации». Применены методы социально-экономического анализа состояния и тенденций развития, экспертной оценки, научного прогнозирования, комплексной оценки рисков.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

К сожалению, и в названной во введении концепции, и в перечне поручений тема охраны земельных ресурсов затронута лишь частично, только с позиций загрязнения почв. На самом деле риски утраты земельного потенциала выходят далеко за рамки этой проблемы. Их перечень достаточно велик и включает в себя истощение плодородия в результате его хищнического использования, развитие процессов опустынивания, водной и ветровой эрозии, засоления, заболачивания, закисления и др. Весьма негативно сказывается на состоянии земель аморфность системы управления земельными ресурсами, отсутствие актуальной информации о состоянии и динамике процессов деградации земель, разрушение ряда институтов организации рационального землепользования, таких как прогнозирование и планирование использования и охраны земель, землеустройства, мониторинга земель и др. Стремительное развитие этих явлений в своей совокупности не просто снижает земельный потенциал страны, но и весьма негативно влияет на экологическое состояние территорий, существенно снижает возможности развития экономики и решения социальных проблем [5].

За последние полтора десятилетия произошло резкое усиление глобальных экологических рисков. На Всемирном экономическом форуме в январе 2020 года были представлены результаты крупномасштабных исследований, которые свидетельствуют, что в 2007 году в числе основных пяти рисков в последовательности их значимости были: аварийность объектов инфраструктуры – хронические заболевания – рост цен на нефть – жёсткое влияние на мировую экономику Китая – взрыв цен на активы. В 2020 году этот рейтинг выглядел уже совсем иначе: экстремальные погодные явления – безуспешность попыток влияния на погодные процессы – стихийные бедствия – потеря биоразнообразия – техногенные экологические катастрофы. Т.е. ситуация изменилась с преобладания экономических к явному усилению природно-экологических рисков. Именно поэтому в триаде факторов, определяющих парадигму устойчивого развития на первое место, выходит регулирование влияния экономики и общества на состояние и успешность сохранения природной среды [6].

Если иметь ввиду, что её основу составляют земельные ресурсы, которые являются фундаментом всего природного комплекса, то следует однозначно признать необходимость существенных изменений в организации их использования и охраны на основе

актуализированной земельной политики государства, адекватно отвечающей на вызовы современности [7].

Влияние земельной политики на обеспечение устойчивого развития экономики и общества определяется следующими позициями:

1. Необходимость сохранения земельного потенциала страны для настоящего и будущих поколений граждан России.

2. Создание условий для справедливого и обоснованного распределения земельных богатств страны между отраслями экономики, территориальными образованиями, субъектами хозяйственной деятельности и гражданами страны.

3. Обеспечение эффективного использования земельных ресурсов для удовлетворения потребностей страны и увеличения её экспортного потенциала.

4. Формирование системы земельных отношений, обеспечивающих социальное развитие и бесконфликтность в распределении и организации использования земельного потенциала.

5. Создание условий для эффективного использования и охраны других природных ресурсов и объектов недвижимости, неразрывно связанных с землёй.

Сущность и содержание перспективной земельной политики целесообразно формализовать в государственном документе стратегического планирования, каким, по нашему мнению, должна стать «Доктрина земельной политики Российской Федерации», утверждаемая Президентом страны на среднесрочный период. Нами подготовлен и направлен в Правительство проект этого документа, ориентированный на обеспечение именно устойчивого развития страны [8]. *Ниже представлены наиболее важные положения этого проекта:*

1. В перечне рисков и угроз, проявляющихся или потенциально возможных в процессе реализации новой земельной политики отмечены:

а) риски усиления негативного влияния на состояние земельных ресурсов страны:

- загрязнения земель атмосферными выбросами и стоками бытовых и промышленных отходов;

- расширения влияния горнорудных отвалов, хвостохранилищ, мусорных полигонов и других объектов, ухудшающих состояние природной среды;

- использования технологий земледелия, приводящих к снижению потенциала и деградации сельскохозяйственных земель;

- нерегулируемой вырубки лесов и загрязнения водоемов;

- нарушений экологического баланса в районах Крайнего Севера в процессе освоения нефтегазовых месторождений.

б) риски негативного влияния природных процессов:

- изменение климата на всей территории страны и, особенно, в регионах с развитым сельским хозяйством;

- повышение уровня грунтовых вод и подтопление земельных территорий;

- наступление пустыни на ряд регионов юга и юго-востока страны.

в) риски неэффективности управления земельными ресурсами:

- информационная неопределённость в оценке состояния, распределения и организации использования земельных ресурсов;

- слабость или отсутствие ряда институтов системы управления земельными ресурсами (прогнозирование и планирование использования земель, землеустройства, мониторинга земель);

- отсутствие должной координации деятельности органов исполнительной власти всех уровней в сфере регулирования земельных отношений и организации использования земель, порождающее низкую эффективность всей системы управления земельными ресурсами;

- высокий уровень криминализации сферы земельных отношений и земельного рынка;

- рост числа и площади сверхкрупных землевладений, приводящий к разрушению конкурентной среды, монополизации рынков сельскохозяйственной продукции, вытеснению малого и среднего агробизнеса;

- разрушение системы землеустройства сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, влекущее за собой нерациональное использование земель, ликвидацию севооборотов, развитие эрозионных процессов и деградацию земель;

- сокращение площади используемых сельскохозяйственных земель, вызванное их деградацией в результате нарушения норм и правил обработки почвы, выпаса скота, нерационального использования удобрений и средств защиты растений;

- низкий профессиональный уровень значительной части сотрудников министерств, ведомств и региональных органов управления в сфере организации использования и охраны земельных ресурсов;

- снижение количества сельских населённых пунктов и численности сельского населения, влекущие за собой опустынивание значительных территорий в ряде регионов страны.

2. Стратегической целью земельной политики на перспективу должно стать обеспечение наиболее полного, рационального и эффективного использования, охраны и воспроизводства земельных ресурсов страны, как главного национального богатства, которое должно быть передано будущим поколениям без утраты его потенциала. На среднесрочный период (до 2030 г.) эта цель конкретизируется следующими целевыми установками:

а) завершение земельных преобразований, формирование системы землепользований, отвечающей современным вызовам;

б) формирование системы управления земельными ресурсами, обеспечивающей наиболее полное, рациональное и эффективное их использование и воспроизводство;

в) обеспечение охраны земельных ресурсов страны от деградации и бесхозяйственного использования.

Для реализации первой целевой установки необходимо решить следующие основные задачи:

- привести в соответствии с современными условиями и требованиями земельное законодательство и подзаконные нормативные акты, обеспечивающие её реализацию;

- осуществить приватизацию той части земель, находящихся в государственной и муниципальной собственности, которая без ущерба для интересов государства может быть передана юридическим и физическим лицам для более эффективного использования; довести долю земель сельскохозяйственного назначения в частной собственности до 50% их площади;

- завершить трансформацию земельных долей в земельные участки в срок до конца 2022 года, перевести в собственность муниципальных образований не востребуемые земельные доли с последующим формированием на их основе земельных участков и передачей в собственность или аренду сельскохозяйственным товаропроизводителям;

- осуществить в полном объеме постановку на кадастровый учёт и регистрацию прав на все земельные участки независимо от их принадлежности;

- осуществить в короткие сроки (до конца 2022 года) передачу в долгосрочную аренду гражданам и их объединениям неиспользуемые и неэффективно используемые участки земель лесного фонда для создания или расширения крестьянских (фермерских) хозяйств, личных подсобных хозяйств, садоводства и огородничества, малоэтажного жилищного строительства;

- обеспечить декриминализацию земельного оборота и завершить формирование инфраструктуры земельного рынка;

- ликвидировать барьеры и упростить процедуры приобретения в собственность и передачи в аренду земельных участков для развития малого и среднего аграрного предпринимательства;

- установить барьеры для чрезмерной концентрации земельных активов (максимальная доля в площади земель района, повышенное налогообложение сверхкрупных землевладений, снижение уровня государственной поддержки);

- создать условия для развития земельной ипотеки и других институтов включения земельных активов в экономический (финансовый) оборот;

- обеспечить информированность населения страны о распределении, организации использования и рыночном обороте земельных участков.

Для реализации второй целевой позиции следует решить следующие задачи:

- осуществить концентрацию полномочий, функций и ответственности за организацию использования и охраны земельных ресурсов в едином федеральном органе исполнительной власти;

- воссоздать основные институты системы управления земельными ресурсами (прогнозирование и планирование использования и охраны земель, землеустройство, мониторинг земель и др.);

- провести инвентаризацию земельного фонда страны;

- завершить создание единого федерального информационного ресурса о распределении, состоянии и организации использования земельных участков и связанных с ними объектов недвижимости;

- реорганизовать систему государственного контроля (надзора) за использованием земель на основе концентрации его функций в едином федеральном органе исполнительной власти;

- сформировать единую для страны нормативную базу для стандартизации деятельности по

управлению земельными ресурсами (землеустройство, оценка земельных участков, регламенты работы органов управления и др.).

Реализация третьей целевой позиции требует решения следующих задач:

- осуществить оценку состояния и тенденции развития процессов деградации земель на всей территории Российской Федерации;

- разработать Генеральную схему использования и охраны земельных ресурсов страны на период до 2035 г.;

- осуществить разработку схем землеустройства территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований с включением в их состав мер по защите земель от деградации и снижения плодородия почв;

- сформировать практику разработки проектов землеустройства, обеспечивающих рациональное использование, охрану земель сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, рекультивацию нарушенных земель, освоение неиспользуемых территорий, воспроизводство потенциала земель, подвергшихся деградации;

- разработать комплекс мер по борьбе с опустыниванием, водной и ветровой эрозией, подтоплением и другими негативными явлениями, разрушающими земельный потенциал страны;

- обеспечить рациональную организацию территорий, используемых общинами и лицами коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока с учётом их традиционного образа жизни.

3. Стратегическая цель земельной политики определяет необходимость её реализации по следующим основным направлениям:

- а) совершенствование нормативно-правовой базы регулирования земельных отношений, организации эффективного использования и охраны земельных ресурсов; внесение в действующие законы Российской Федерации необходимых изменений и дополнений;

- разработка и принятие ряда законов, определяющих формирование современных институтов системы управления земельными ресурсами, в т.ч. «О плодородии земель», «О землеустройстве», «О мониторинге земель» и др.;

- развитие земельного законодательства субъектов Российской Федерации с его акцентированием на региональные особенности землевладения и землепользования, защиту земель от деградации, установление барьеров для роста сверхкрупных землевладений;

- создание инструктивно-методической базы, определяющей содержание, технологии и требования к проведению работ, связанных с ведением кадастровых работ, планированием использования земель землеустройством, освоением и рекультивацией земельных участков, противоэрозионной организацией территории.

- б) удовлетворение потребностей в земельных ресурсах отраслей экономики, создаваемых и реконструируемых зон и объектов рекреации.

- в) развитие системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами на основе:

- инвентаризации земельного фонда Российской Федерации;
- широкого внедрения ГИС-технологий и дистанционного зондирования;
- периодического обновления планово-картографической информации о земельных ресурсах;
- создания Единого Федерального реестра актуализированных данных о земельных участках и неразрывно связанных с ними других объектов недвижимости;
- введения в практику составления ежегодных балансов земель Российской Федерации, субъектов РФ и муниципальных образований по категориям земель, формам собственности, составу угодий;
- обеспечения сводимости данных о земельных ресурсах различных министерств и ведомств;
- формирования системы публичной информации о рыночном обороте земельных участков.

г) формирование современной системы управления земельными ресурсами на основе развития всех её основных институтов:

- кадастра земельных участков и других объектов недвижимости;
- прогнозирования и планирования использования земель;
- землеустройства;
- контроля (надзора) за использованием земель;
- эффективного судопроизводства в сфере регулирования земельных отношений;
- практики установления сервитутов;
- земельной ипотеки;
- участия гражданского общества в организации рационального использования земель;
- системы земельных платежей, ориентированной наряду с решением фискальных задач на стимулирование эффективного использования земель.

д) создание условий для повышения эффективности использования и охраны земель всех категорий путём:

- повышения продуктивности земель, используемых в сельском и лесном хозяйстве;
- разработки и реализации программ сохранения и воспроизводства почвенного плодородия;
- разработки и реализации программ и комплексных проектов противоэрозионной организации территорий;
- разработки и реализации программ и проектов освоения новых и рекультивации нарушенных земель;
- развития системы полевых работ и облесения территорий, подверженных опустыниванию;
- расширения масштабов мелиоративных работ с созданием систем двойного регулирования водообеспеченности сельскохозяйственных угодий.

е) снижения уровня криминогенности сферы земельных отношений на основе:

- обеспечения открытости (публичности) сделок с земельными участками;
- расширения возможностей влияния структур гражданского общества на принятие решений в сфере оборота земельных участков;
- создания постоянных информационных площадок на телевидении, радио и в социальных сетях,

ориентированных на освещение проблем в сфере земельных отношений и организации землепользования;

- установления единых регламентов в принятии решений в сфере оборота земельных участков;

- расширения и повышения эффективности деятельности саморегулируемых организаций, функционирующих в сфере регулирования земельных отношений, кадастров и организации использования земельных ресурсов.

ж) повышения эффективности научного и кадрового обеспечения системы управления земельными ресурсами на основе:

- развития сети высших и средних профессиональных образовательных организаций, ведущих подготовку специалистов в области регулирования земельных отношений и организации рационального использования и охраны земельных ресурсов;

- усиления координации деятельности и формирования единой методологической и методической базы функционирования учебных заведений, создания самостоятельного федерального учебно-методического объединения по проблемам землеустройства и кадастров;

- разработки новых профессиональных стандартов в области землеустройства и кадастров, и создания системы независимой оценки квалификации кадров в этой сфере;

- восстановления системы подготовки научно-педагогических кадров в сфере управления земельными ресурсами по направлению «Экономические науки (землеустройство)»;

- специализации одного из научно-исследовательских центров РАН на развитии исследований в сфере земельных отношений, организации рационального использования и охраны земель;

- включения в федеральные программы фундаментальных и прикладных научных исследований разделов, направленных на совершенствование земельных отношений, организацию рационального и эффективного использования земельных ресурсов страны.

4. Деятельность по реализации земельной политики должна базироваться на следующих принципах:

а) соблюдения незыблемости позиции о том, что все земельные ресурсы страны являются её национальным достоянием независимо от их принадлежности различным правообладателям.

б) сохранения земельного потенциала страны для будущих поколений жителей Российской Федерации.

в) равенства прав и возможностей граждан страны на приобретение и использование земельных активов.

г) многообразия форм собственности на землю и форм хозяйствования на ней.

д) учёта многообразия условий и традиций использования земли в различных регионах страны.

е) разумного сочетания государственного управления земельными ресурсами и рыночных механизмов регулирования земельных отношений.

ж) обеспечения устойчивого развития экономики во всех регионах страны.

з) законности земельно-имущественных отношений во всех их проявлениях.

и) использовании современных цифровых технологий управления.

к) публичности сделок с земельными участками.

5. Основными механизмами реализации земельной политики в перспективе должны стать:

а) деятельность органов государственного управления и местного самоуправления по регулированию земельных отношений, организации рационального распределения, эффективного использования и охраны земельных ресурсов.

б) функционирование институтов системы управления земельными ресурсами.

в) разработка и реализация Генеральной схемы, федеральных и региональных программ рационального использования и охраны земельных ресурсов.

г) разработка и реализация схем и проектов землеустройства, освоения неиспользуемых земель, мелиорации, повышения плодородия почв, противодействия процессам их деградации.

д) ведение постоянного мониторинга эффективности мер по реализации земельной политики.

е) включение в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, площадь которых по данным Минсельхоза РФ на начало 2020 года составляет более 50 млн га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время идёт активное обсуждение предложенного проекта в научных кругах, и в ряде общественных объединений и его автор надеется, что с необходимыми изменениями и дополнениями он в ближайшей перспективе будет представлен к утверждению. Принятие «Доктрины земельной политики» как важного стратегического документа несомненно будет способствовать не только повышению эффективности использования и охраны земельных ресурсов, но и успешной реализации программы мер по устойчивому развитию экономики страны.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при поддержке гранта Минобрнауки (Соглашение от «10» декабря 2019 г. № 075-15-2019-1939. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI60719X0302).

ACKNOWLEDGMENT

This article was prepared with the support of a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement of "10" December 2019 N075-15-2019-1939. Unique project ID RFMEFI60719X0302).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Китинг М. (сост.) Программа действий «Повестка дня на XXI век» и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро. Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993.
2. Бобылёв С.Н. Устойчивое развитие: новое видение будущего? // Вопросы политической экономии. 2020. N1. С. 67-83.
3. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам заседания Государственного

Совета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений», состоявшегося 27 декабря 2016 года. URL: www.kremlin.ru (дата обращения: 16.02.2021)

4. Указ Президента Российской Федерации от 1.04.1996 г. N440 «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». URL: www.kremlin.ru (дата обращения: 16.02.2021)

5. Хлыстун В.Н. Развитие земельных отношений в агропромышленном комплексе // Вестник Российской академии наук. 2019. N7. С. 669-677.

6. Порфирьев Б.Н. Устойчивое развитие, климат и экономический рост: стратегические вызовы и решения для России. Санкт-Петербург: СПбГУП, 2020. 40 с.

7. Хлыстун В.Н. О доктрине земельной политики в Российской Федерации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. N6. С. 6-10.

8. Хлыстун В.Н. О стратегических целях, задачах и инструментах реализации современной земельной политики // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. N3. С. 9-14.

REFERENCES

1. Keating M., comp. *Programma deistvii «Povestka dnya na KhKhI vek» i drugie dokumenty konferentsii v Rio-de-Zhaneiro* [Action Program. "Agenda for the XXI century" and other documents of the conference in Rio de Janeiro Geneva, Center "For our Common Future"]. 1993. (In Russian)
2. Bobylev S.N. Sustainable development: a new vision of the future? *Voprosy politicheskoi ekonomii* [Questions of political economy]. 2020, no. 1, pp. 67-83. (In Russian)
3. *Perechen' poruchenii Prezidenta Rossiiskoi Federatsii po itogam zasedaniya Gosudarstvennogo Soveta po voprosu «Ob ekologicheskom razvitii Rossiiskoi Federatsii v interesakh budushchikh pokolenii», sostoyavshegosya 27 dekabrya 2016 goda* [The list of instructions of the President of the Russian Federation following the results of the meeting of the State Council on the issue "On environmental development of the Russian Federation in the interests of future generations", held on December 27, 2016]. (In Russian) Available at: www.kremlin.ru (accessed 16.02.2021)
4. *Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 1.04.1996 g. N440 «O kontseptsii perekhoda Rossiiskoi Federatsii k ustoichivomu razvitiyu»* [Decree of the President of the Russian Federation No. 440 of 1.04.1996 "On the concept of the transition of the Russian Federation to sustainable development"]. (In Russian) Available at: www.kremlin.ru (accessed 16.02.2021)
5. Khlystun V.N. Development of land relations in the agro-industrial complex. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Russian Academy of sciences]. 2019, no. 7, pp. 669-677. (In Russian)
6. Porfiriev B.N. *Ustoichivoe razvitie, klimat i ekonomicheskii rost: strategicheskie vyzovy i resheniya dlya Rossii* [Sustainable development, climate and economic growth: strategic challenges and solutions for Russia]. St. Petersburg, Saint Petersburg Humanitarian University of Trade Unions Publ., 2020, 40 p. (In Russian)
7. Khlystun V.N. On the doctrine of land policy in the Russian Federation. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, cadastre and land monitoring]. 2020, no. 6, pp. 5-10. (In Russian)
8. Khlystun V.N. On strategic goals, tasks and tools for the implementation of modern land policy. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economics of agricultural and processing enterprises]. 2021, no. 3, pp. 9-14. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виктор Н. Хлыстун осуществил поиск исторических данных и литературный обзор, обработал материал, интерпретировал результаты исследований и подготовил рукопись. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Viktor N. Khlystun carried out a search for historical data and reviewed the literature, processed the material, interpreted the research results and wrote 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

Виктор Н. Хлыстун / Viktor N. Khlystun <https://orcid.org/0000-0002-7050-7734>

Оригинальная статья / Original article

УДК 502:15

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-216-227

Экологический вектор в устойчивом развитии Дагестана

Магомед З. Гаджидадаев

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Магомед З. Гаджидадаев, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии Института экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21. Тел. +79882977747

Email khachag@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9468-8501>

Формат цитирования

Гаджидадаев М.З. Экологический вектор в устойчивом развитии Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 216-227. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-216-227

Получена 22 июня 2021 г.

Прошла рецензирование 15 сентября 2021 г.

Принята 10 ноября 2021 г.

Резюме

Цель. Определение значимости экологического вектора в обеспечении устойчивого развития Республики Дагестан.

Материалы и методы. Проведен исторический и сравнительный анализ с использованием официальных статистических данных Росстата и данных Государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды.

Результаты. Автор предлагает акцентировать внимание на формировании общественного и индивидуального экологического сознания граждан, вовлечении населения в различные экологические акции, использовании альтернативных источников энергии и развитии туризма в республике с учетом обеспечения должного уровня охраны природных объектов.

Заключение. Республика Дагестан в силу своих географических и климатических особенностей как никакой другой регион нашей страны обладает большим потенциалом в сфере устойчивого развития, но представляется, что применение всех перечисленных статье действий, направленных на усиление роли экологической составляющей устойчивого развития позволит достичь наилучших результатов.

Ключевые слова

Устойчивое развитие, экологическое образование, альтернативная энергетика, экологическое сознание, охрана окружающей среды, сельское хозяйство, экономика, природные ресурсы, природные объекты.

Ecological vector in the sustainable development of Dagestan

Magomed Z. Gadzhidadaev

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Magomed Z. Gadzhidadaev, Candidate of Biological Sciences, Docent, Department of Ecology, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St., Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79882977747

Email khachag@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9468-8501>

How to cite this article

Gadzhidadaev M.Z. Ecological vector in the sustainable development of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 216-227. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-216-227

Received 22 June 2021

Revised 15 September 2021

Accepted 10 November 2021

Abstract

Aim. Determination of the importance of the ecological vector in ensuring the sustainable development of the Republic of Dagestan.

Materials and Methods. A historical and comparative analysis was carried out using official statistical data of Rosstat and data from state reports on the state and on environmental protection.

Results. The author proposes that there be a focus on the formation of public and individual ecological consciousness of citizens, the involvement of the population in various environmental actions, the use of alternative energy sources and the development of tourism in the republic, taking into account the proper level of protection of natural objects.

Conclusion. The Republic of Dagestan, due to its geographical and climatic features, has more potential in the field of sustainable development than any other region of our country, but it seems that the best results require the application of all the actions listed herein aimed at strengthening the role of the environmental component of sustainable development.

Key Words

Sustainable development, environmental education, alternative energy, environmental awareness, environmental protection, agriculture, economy, natural resources, natural objects.

ВВЕДЕНИЕ

В 2022 году исполнится 30 лет с момента принятия в 1992 году на Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) так называемой концепции устойчивого развития. Согласно данной концепции устойчивым (англ. – sustainable development) считается такой вариант гармоничного, сбалансированного и поступательного развития общества, при котором его экономические интересы и достижения в развитии напрямую связаны с необходимостью сохранения благоприятной окружающей среды, рационального использования и сохранения для будущих поколений природных ресурсов планеты, а также с необходимостью обеспечения базовых социальных гарантий и достойного уровня жизни для всех людей. На сегодняшний день данная концепция, инкорпорируемая в законодательство большинства стран мира, является основной, используемой для достижения баланса между решением социальных, экономических проблем и сохранением окружающей среды, моделью цивилизационного развития [1].

Идея включения экологической составляющей в Концепцию устойчивого развития сформировалась не на пустом месте. Положения, связанные с указанием на варианты правильного с точки зрения веры отношения человека к природе, имеются в текстах священных писаний большинства мировых религий. Например, приблизительно 750 аятов Священного Корана призывают размышлять над природными явлениями и изучать отношения между биологическими организмами и окружающей средой. Бережное отношение к ним является основой мусульманской культуры [2]. Проблема регулирования использования природных ресурсов человеком в той или иной степени решалась с древнейших времен и в законодательстве. Так в древнем Вавилоне существовал закон, содержащий нормы об охране лесов, в России природоохранные нормы были включены в такие известные своды законов, как Русская правда (1016 г.) и Соборное уложение 1649 г. За нарушения законодательных предписаний предусматривались различные виды наказаний.

Говоря о современном периоде развития общества, следует отметить, что юристы экологи, внесшие весомый вклад в развитие доктрины современного экологического права России, еще до принятия концепции устойчивого развития отмечали необходимость экологически корректного поведения людей по отношению к природе, при этом объективные законы природы в сочетании с требованиями общественного развития должны выступать ограничителями влияния деятельности человека на природные объекты [3].

Однако решение проблем оптимального взаимодействия человека с природой, обеспечивающей его существование со времени возникновения человеческого общества и по сей день, является одной из самых трудных из стоящих перед ним задач. На этот процесс влияет множество факторов (к примеру, уровень благосостояния общества, структура экономики и производства, уровень общественного и индивидуального экологического сознания, национальные и культурные традиции, доступность и возобновляемость природных ресурсов,

качество и состояние окружающей среды, климатические процессы и др.). В современном мире обеспечение доступа к природным ресурсам для тех или иных групп лиц зачастую является причиной возникновения различного рода конфликтов, в том числе и экологических, которые, как отмечала О.Л. Дубовик, «влекут не только эколого значимые, но и социальные, демографические, экономические последствия, приводят к вооруженным столкновениям, убийствам, распространению коррупции и усилению влияния организованной преступности в масштабах государства. Они сказываются и на определении приоритетов государственной политики и обозначении целей лидеров, равно как и проявляются применительно к жизни обычных граждан, зачастую ухудшая ее» [4]. Приведенный пример еще раз иллюстрирует тот факт, что для обеспечения баланса экологических и экономических интересов человека и общества необходимо проделать огромную работу как на уровне государств, их регионов, так и отдельных их граждан, по повышению уровня жизни людей, формированию у них эколого ориентированного сознания, осознанию ими необходимости реальной оценки объема бытовых материальных потребностей, борьбе с идеологией общества потребления. На этом пути должны быть использованы все доступные методы и средства.

Данная статья посвящена анализу значимости экологического вектора в обеспечении устойчивого развития такого региона Российской Федерации, как Республика Дагестан, ее достижений на этом пути, а также направлений такого развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В современном мире терминология устойчивого развития прочно вошла в обиход общения людей в обычной жизни, заняла свое место в документах государственной политики, нормативных правовых актах, регулирующих различные вопросы общественной жизни. Проблемы обеспечения устойчивого развития регулярно поднимаются в публицистических и научных статьях. Но достижение целей устойчивого развития всего государства напрямую зависит от решения данной проблемы в каждом конкретном его регионе, имеющим свою специфику, включая географические и климатические особенности, плотность и занятость населения, структуру и уровень экономического развития, состояние окружающей среды и наличие природных ресурсов.

Для изучения региональных особенностей Республики Дагестан, имеющих влияние на ее устойчивое развитие в краткосрочной и долгосрочной перспективе, в ходе настоящего исследования был проведен анализ современного состояния, как самого региона, так и межрегиональных связей, с точки зрения основ для обеспечения целей охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в сочетании с реализацией программ экономического развития региона. Исследование опирается на официальные статистические данные, ежегодно публикуемые Росстатом по различным отраслям, а также на данные Государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации, материалы соответствующей тематики, публикуемые в средствах массовой

информации. В ходе исследования на основе применения методов анализа и синтеза была выявлена взаимообусловленная связь между различными параметрами регионального развития, а также сделаны выводы об основных его направлениях, обеспечивающих достижение целей устойчивого развития наиболее оптимальным путем. Были определены ключевые проблемы региона, а также намечены пути их решения. При этом акцент сделан на антропоцентрическом подходе в оценке перспектив его устойчивого развития: сочетания задач повышения благосостояния каждого жителя Дагестана без причинения ущерба состоянию окружающей среды при обеспечении доступа каждого к бережному и рациональному использованию природных ресурсов. Отдельное внимание уделено перспективам формирования экологического правосознания отдельных граждан и его значению для устойчивого развития всего общества. При помощи метода моделирования было сделано предположение об оптимальной с экологической точки зрения модели развития. Путем применения методов обобщения и формализации, на основе полученных в ходе исследования данных, были сделаны выводы о путях достижения целей устойчивого развития путем решения экологических проблем региона, рационального и неистощительного использования природных ресурсов Дагестана, а также сформулированы практические предложения, реализация которых способствовала бы достижению баланса экономических и экологических интересов в процессе устойчивого развития.

Для определения путей перехода к устойчивому эколого-экономически сбалансированному развитию региона необходимо проведение оценки уровня его экономического развития, а также диверсификации и специализации экономики региона. Так, формы, методы и темпы такого перехода напрямую зависят от сложившейся отраслевой структуры, ее сбалансированности и ориентированности на потребление тех или иных природных ресурсов. При этом необходимо, с одной стороны, определить те природные ресурсы, которые подвергаются угрозе в силу чрезмерной эксплуатации, а с другой, традиционные для региона виды экономической деятельности, в которых необходимо повысить качество эксплуатации задействованных в них ресурсов, а также экономическую отдачу от их использования [5]. Определенную трудность в оценке устойчивого развития региона создает отсутствие единых и понятных на всех уровнях критериев и индикаторов устойчивого развития [6]. Одним из главных направлений социально-экономического развития региона должно стать формирование стабильной системы его развития с учетом всех аспектов социального, экономического и экологического характера [7].

Республика Дагестан является самым южным регионом Российской Федерации, а по площади занимаемой территории и численности населения занимает первое место среди северокавказских регионов. Дагестан граничит с двумя иностранными государствами (Азербайджаном, Грузией) и тремя субъектами Российской Федерации (Республикой Калмыкия, Ставропольским краем и Чеченской Республикой). Республика обладает хорошо развитой

сетью автомобильных дорог, в столице действует международный аэропорт, важнейшие транспортные маршруты федерального значения пересекают ее территорию в различных направлениях. Особую роль в развитии региона играет Каспийское море, являющееся одним из важнейших в Российской Федерации рыбохозяйственных бассейнов. В г. Махачкала расположен единственный незамерзающий порт России на Каспии. Общая протяженность береговой линии Каспия на территории Дагестана составляет 540 км. Республика богата минерально-сырьевыми ресурсами: нефтью, газом, рудами черных и цветных металлов, в ней располагаются большие запасы минеральных лечебных вод [8]. Однако, несмотря на явные геополитические преимущества, а также имеющиеся в регионе богатые природные ресурсы, регион является дотационным. Так, по размерам запланированных на 2021 г. бюджетных дотаций (72 млрд руб.) Дагестан лидирует среди регионов России [9]. Согласно принятой в 2011 г. «Стратегии социально-экономического развития Республики Дагестан до 2025 года», направленной на восстановление социально-экономического положения посредством реализации федеральных и региональных целевых программ комплексного развития республики, а также мер, направленных на привлечение инвесторов, к 2025 г. планируется снизить долю субсидий республиканского бюджета с 77% до 25% [10].

В настоящее время для республики характерна чрезмерная концентрация экономического потенциала в отдельных муниципальных образованиях, а также экономическая неинтегрированность отдельных муниципальных районов [11]. Для преодоления существующих проблем необходимо максимально эффективное использование имеющегося производственного и сырьевого потенциала. Достижение этой цели возможно при решении ряда накопившихся проблем в приоритетных отраслях хозяйства республики. Так, в сельскохозяйственном секторе, являющимся одним из основных звеньев экономики республики, отмечается неразвитость интеграционных связей между предприятиями, осуществляющими производство сельхозпродукции, и перерабатывающими предприятиями. На снижение эффективности аграрного сектора влияют также такие факторы, как низкий уровень оплаты труда в отрасли, дефицит кадров, а также отсутствие необходимой социальной инфраструктуры на селе. Проблемы рыбной отрасли связаны со снижением уровня естественного воспроизводства рыбных ресурсов, по причине загрязнения окружающей среды, перепромысла, а также уменьшением площадей естественных нерестилищ [8]. Поскольку экономика Республика Дагестан в значительной степени находится в зависимости от эксплуатации природных ресурсов региона, их сбережение и рациональное и неистощительное использование должно лежать в основе устойчивого развития региона. К сожалению, приходится констатировать, что в последние годы конкуренция за обладание наиболее ценными природными ресурсами в Дагестане обострилась. Участились случаи незаконного использования земель лесного фонда, лесного древостоя, пляжного и дунного песка, пахотных земель, рыб ценной породы, краснокнижных млекопитающих высокогорий, что

приводит к нарушению экологического равновесия во всех районах республики [11].

Необходимо подчеркнуть тот факт, что вклад экологической составляющей в идеологию устойчивого развития переоценить невозможно. Окружающая среда в целом, разнообразные природные объекты создают основу жизни человека. Качество окружающей среды является определяющим для качества жизни отдельных людей и общества в целом. Еще одним важным положением концепции устойчивого развития является необходимость сохранения благоприятного состояния окружающей среды и природных ресурсов не только для нынешнего, но и для будущего поколений. В ходе исследования нами были последовательно изучены различные сферы общественной жизни и хозяйственной деятельности, развитие которых может внести свой позитивный вклад в устойчивое развитие Республики Дагестан.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая тот факт, что сельское хозяйство является одной из основных отраслей экономики Дагестана, именно его модернизация должна стать одним из направлений устойчивого развития региона. В Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [12] содержится перечень мероприятий, которые должны быть проведены в сельском хозяйстве страны. Среди них облегчение доступа населения к природным и иным ресурсам, формирование системы сбыта произведенной продукции, диверсификация сельской экономики. В данном документе в качестве задач, которые предстоит решить, указаны сохранение и восстановление природных и аграрных ландшафтов, развитие экологически ориентированного сельского хозяйства, повышающего устойчивость экосистем. Развитие органического производства и параллельное развитие агротуризма могли бы повысить экономическую эффективность мелких хозяйств, а также дать шанс развитию национальных традиций и ремесел. Особенно актуальным это может стать именно сейчас, когда на государственном уровне уделяется повышенное внимание развитию внутреннего туризма.

В 2018 году Правительство Российской Федерации была утверждена концепция федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2019-2025 годы)» [13], которая включила Республику Дагестан в один из 15 перспективных туристских инвестиционных проектов – «Каспий». В числе мероприятий проекта, окончание реализации которого намечено на 2035 год, можно выделить такие значимые для экономики Дагестана, как строительство объектов инфраструктуры экологического туризма на приоритетных туристских территориях, обустройство смотровых площадок и туристских кемпингов на основных туристских маршрутах, в том числе на познавательных туристских маршрутах, проходящих по особо охраняемым природным территориям федерального значения, создание и развитие сети многофункциональных зон придорожного сервиса, дальнейшее обеспечение устойчивого развития приоритетных туристских территорий. При этом необходимо учитывать, что антропогенная нагрузка на природу региона от реализации проекта должна быть строго дозирована на особо охраняемых природных территориях региона в

целях предупреждения нанесения ущерба их экосистеме. В литературе отмечается, что избыточное посещение туристами рекреационных природных территорий приводит к разнообразным негативным последствиям, вследствие чего на практике понятия «туризм» и «устойчивое развитие» часто являются взаимно исключающими [14]. Именно поэтому особое внимание при организации туризма вопросам охраны природных объектов от негативного воздействия должно уделяться повышенное внимание. С учетом российского и зарубежного опыта в данной сфере на практике может быть применен достаточно широкий спектр известных своей эффективностью методов и средств.

Другим возможным направлением, повышающим экономическую привлекательность и интеграцию, может стать создание в регионе территорий опережающего развития с особым правовым режимом ведения предпринимательской и других видов деятельности, что должно способствовать не только привлечению инвестиций, но и созданию комфортных условий проживания населения [15].

Стратегией развития сельских территорий должна стать углубленная переработка производимой сельхозпродукции на местах, что должно привести к росту экономического благосостояния и занятости населения. При этом «конечной целью развития села должно стать достижение высоких стандартов качества жизни людей при эффективном сочетании экологически чистых производств с уникальным природным комплексом» [16]. В горных районах Дагестана целесообразным представляется «восстановление и развитие в их пределах обрабатывающих отраслей с активным внедрением экотехнологий, достижение баланса в соотношении производственного и затратно-экологического секторов экономики, формирование мест приложения труда с повышенной креативно-инновационной активностью занятых в них молодых людей» [11].

Лес является одним из природных ресурсов, играющих важную роль в реализации концепции устойчивого развития. Помимо сохранения лесных экосистем и биоразнообразия, он выполняет защитную, противоэрозийную и противооползневую функции, в хозяйственной деятельности человека древесина используется с доисторических времен. Именно по этой причине леса Дагестана, еще сравнительно недавно занимавшие обширные площади как в горной части республики, так и на равнинной, уступили место сельхозугодьям. На сегодняшний день ограниченные по площади лесные массивы сохранились в районах Предгорного, Внутригорного и Высокогорного Дагестана [17]. По данным Минприроды России лесистость Дагестана является самой низкой среди республик Северного Кавказа – 8,7% от территории республики, общий запас древесины – 38 млн. куб. м. В целях сохранения лесов они переведены в леса 1 группы, на территории которых промышленная заготовка леса запрещена. Несмотря на придание Самурскому лесу в 1994 г. статуса национального парка, проблема его сохранения в полной мере не решена. Вследствие интенсивной хозяйственной деятельности и освоения природных ресурсов вокруг парка, нарушения гидрологического режима почв, сопровождающегося снижением уровня грунтовых вод идет деградация реликтовых и дубовых лесов в дельте реки Самур, а

также в Кизилюртовском и Кумторкалинском районах на площади около 20 тыс. га. [18]. В последние годы в республике принимаются активные меры по лесоохране и лесовосстановлению. Так, по данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году» площадь лесных пожаров в Дагестане была наименьшей в СКФО (20 га) [19].

С 2014 г. в республике действует Государственная программа Республики Дагестан «Развитие лесного хозяйства Республики Дагестан на 2014-2020 годы» (утв. постановлением Правительства РД от 13 декабря 2013 г. № 669), а с 2019 г. Дагестан принимает участие в федеральной программе «Сохранение лесов», которая реализуется в регионах страны в период с 2019 по 2024 гг., в рамках которой планируется на 2,7 тыс. га увеличить площадь лесовосстановления на лесных землях, вырастить 1,2 млн. единиц посадочного материала лесных растений и заготовить 5,5 т семян, закупить противопожарную и иную лесохозяйственную технику [20]. Финансирование проекта осуществляется в основном за счет средств федерального бюджета, при этом к реализации программы также будут привлечены средства регионального бюджета и частных инвесторов. Крупные международные корпорации принимают участие в программе «Сохранения лесов» не только финансово, но и привлекают своих сотрудников к волонтерской деятельности по высадке саженцев [21]. В «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р) говорится о целесообразности продления реализации федерального проекта «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» до 2030 года. Помимо усилий органов власти важная роль в устойчивом развитии лесов и лесного комплекса принадлежит населению. К вопросу значения формирования экологического сознания граждан мы обратимся ниже.

Развитие экономики Дагестана невозможно без должного уровня обеспечения ее доступной энергией, необходимой как для производственной деятельности, так и комфортного и достойного существования местного населения. Обеспечение человечества энергоресурсами является одной из главных составляющих не только устойчивого развития, но и безопасности общества. Примеров энергетических проблем и конфликтов в разных странах мира за последнее время можно насчитать предостаточно. Так, результаты реализации стратегии Европейского Союза, где основные ставки были в последние десятилетия сделаны на развитие альтернативной энергетики и отказ от традиционных источников, оказались более чем далеки от запланированных. Представляется, что причиной этому послужила значительная степень зависимости альтернативной энергетики от природных факторов, которые все больше стали изменяться и утрачивать прогнозируемую стабильность, в том числе и под воздействием глобального потепления. Это не означает, что альтернативная энергетика, основанная на идее извлечения энергии из постоянно происходящих в природной среде процессов, не должна развиваться. Безусловно, ее развитие вносит весомый вклад в устойчивое развитие общества и имеет много преимуществ – в первую очередь за счет

экономии истощаемых энергоресурсов, а также снижения выброса парниковых газов, образующихся при сжигании традиционных видов топлива. При этом для устойчивого развития крайне важно каждый раз в случае принятия решения о применении того или иного источника получения энергии (любого из традиционных или альтернативных видов) проводить всестороннюю оценку по целому ряду параметров. К примеру, по таким, как доступность, себестоимость, безопасность, необходимые объемы инвестиций, влияние на состояние окружающей среды, и многим другим. Следует отметить, что наличие как можно большего количества альтернативных источников энергоснабжения, в том числе не только электро-, но и теплоснабжения, способствует более эффективному достижению целей устойчивого развития общества.

Республика Дагестан в силу своих географических и климатических особенностей как никакой другой регион нашей страны обладает большим потенциалом развития альтернативной энергетики. В настоящее время в Дагестане из альтернативных источников вырабатывается электроэнергия 204 кВт·ч в год (7,4% от вырабатываемой ежегодно в РФ). По некоторым оценкам, интенсивность негативного воздействия на состояние окружающей среды альтернативной энергетики в Северо-Кавказском федеральном округе в 464 раза меньше, чем воздействие традиционной энергетики [22]. В настоящее время альтернативные источники энерго- и теплоснабжения применяются в Дагестане в таких отраслях, как сельское хозяйство (в том числе виноделие), рыболовство и коммунальное хозяйство. Наличие в республике большого количества мелких потребителей энергии (хутора, фермы и другие виды небольших сельскохозяйственных предприятий), в том числе расположенных труднодоступных районах, создает потенциал для широкого применения именно альтернативных источников энергии в силу экономической нецелесообразности прокладки в такие районы сетей для энергоснабжения из традиционных источников.

Гидроэнергетика Дагестана является одним из традиционно используемых в регионе альтернативных способов получения электроэнергии, поскольку регион обладает довольно развитой речной сетью. На долю гидроэлектростанций (ГЭС) приходится 99,05% установленной мощности энергосистемы республики [23].

Такие климатические особенности Дагестана, как сухой и теплый климат, большое годовое количество солнечных дней, высокие энергетические характеристики светового потока [24], создают в регионе значительный потенциал для развития солнечной энергетики, за счет которой теоретически возможно покрыть до 100% потребности населения в горячем водоснабжении, что особенно актуально для развития систем автономного энергоснабжения муниципальных образований республики. Направлением дальнейшего развития гелиоэнергетики в Дагестане может стать реализация локальных проектов небольшой мощности в отдаленных районах, в которых отсутствуют региональные сети и существуют проблемы с доставкой топлива для традиционных электростанций [25]. Потенциальными пользователями энергоустановок, функционирующих на основе

солнечной энергии, в Дагестане могут стать также труднодоступные высокогорные пастбища.

Еще одним природным ресурсом, обеспечивающим высокий потенциал для развития альтернативной энергетики, являются геотермальные воды. По некоторым данным, запасы энергии геотермальных источников, доступных для получения энергии, в 10-15 раз превышают запасы органического топлива [26]. Среди регионов России Республика Дагестан является одним из лидеров по потенциалу освоения ресурсов геотермальной энергии, месторождений редких металлов и гидроминерального сырья. В настоящее время в Дагестане используется лишь 10% их разведанных эксплуатационных запасов, которые составляют 129,79 тыс. куб. м/сутки, из них запасы первоочередного освоения – 86,2 тыс. куб. м/сутки. Крупнейшим из 12 месторождений термальных вод Дагестана является Тарумовское, а наиболее интенсивно эксплуатируются Махачкала-Тарнаирское, Кизлярское и Избербашское.

В зависимости от температуры и минерального состава геотермальные воды используются как для нужд выработки энергии, так и горячего водо- и теплоснабжения. Их применение является эффективным как в отсутствие центрального энергоснабжения в удаленных регионах, так и в качестве резервного в зонах неустойчивого энергоснабжения [27]. К примеру, при помощи геотермальных вод отапливается также 2,4 га теплиц ООО «Юагрохолдинг», а общая площадь второй очереди данного проекта (тепличный комплекс в районе поселка Шамхал-Термен Кировского района Махачкалы) должна достигнуть 23,6 га.

К достоинствам геотермальной энергии можно отнести ее независимость от внешних климатических условий, возможность круглогодичного использования, практическая неиссякаемость. Этот источник может быть использован в районах со сложной экологической обстановкой, так как позволяет снизить использование традиционных источников энергии, работа которых сопровождается выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

Энергия ветра имеет умеренный потенциал для использования в республике в качестве возобновляемого источника в силу отсутствия достаточной площади земель, пригодных для размещения ветроэнергетических установок.

Перспективным направлением альтернативной энергетики, позволяющим обеспечить сельские регионы теплом и энергией, является биоэнергетика. Данная технология основана на производстве биогаза из биотоплива, которым являются различные органические отходы, позволяющая обеспечить возврат продуктов конечного использования сельхоз-производства в производственный цикл [28], одновременно решая проблему их утилизации [29]. Для Дагестана развитие данной отрасли альтернативной энергетики с учетом того факта, что аграрный сектор занимает значительную часть экономики региона, могло бы решить многие проблемы, как с утилизацией отходов, так и обеспечением энергией хозяйств, расположенных в удаленных и труднодоступных местах. Однако, развитие биоэнергетики требует значительных объемов финансирования, а такие средства отсутствуют у мелких сельхоз производителей. Направление государственных инвестиций в эту сферу

помогло бы решить задачу развития биоэнергетики в республике и способствовать диверсификации энергоресурсов.

Проводимые исследования показывают, что для получения энергии из утилизируемых отходов сельхозпроизводства (солома, обрезки древесины плодовых деревьев и винограда), энергопотенциал которых оценивается до 50-70 тысяч Гкал, в частных хозяйствах уже сегодня могут быть использованы недорогие технологии их преобразования в тепловую энергию за счет сжигания их в газогенераторных плитах и водонагревательных котлах, работающих на биомассе [30].

Представляется, что именно сочетание использования в оптимальной пропорции как альтернативных источников энергии, так и традиционных, при учете данных экономической оценки и предварительной комплексной оценки их воздействия на окружающую среду позволяет достичь максимальной устойчивости в развитии региона. В этом случае вероятность достижения баланса между экономически эффективной хозяйственной деятельностью, социальным и материальным обеспечением населения и охраной окружающей среды, значительно повышается, что и является в итоге одной из основных целей, заложенных в концепции устойчивого развития.

Говоря о роли энергоресурсов в устойчивом развитии региона необходимо сделать акцент не только на их производстве, но и на необходимости наиболее широкого внедрения энергосберегающих и энергоэффективных технологий, как в производственном, так и в жилом секторе. В странах Евросоюза на эксплуатацию жилых и общественных помещений уходит около 40% всей вырабатываемой энергии. Данный факт иллюстрирует необходимость повышения энергоэффективности зданий в первую очередь за счет их утепления с применением современных технологий. В настоящее время среди мировых лидеров в энергосбережении можно выделить скандинавские страны, где в качестве дополнительных источников электроэнергии и тепла используются технологии по сжиганию бытовых отходов, не подлежащих вторичной переработке, уровень которой в европейских странах неуклонно возрастает от года к году. К примеру, в Дании за счет сжигания мусора обеспечивается 18-20% тепла, поступающего в дома, и около 3-5% – электроэнергии, а высокая температура сжигания мусора на заводах нового поколения и большое количество фильтров, улавливающих вредные вещества, позволяют свести к минимуму наносимый окружающей среде ущерб.

Устойчивое обращение с отходами, количество которых в современном мире нарастает с огромной скоростью, является еще одним кирпичиком в строительстве устойчиво развивающегося общества, можно сказать даже краеугольным. Проблема накопления коммунальных отходов, их своевременной и правильной утилизации является для Дагестана чрезвычайно острой. Нелегальные полигоны и необорудованные свалки являются источником загрязнения окружающей среды, с грунтовыми водами загрязняющие вещества попадают в бассейны рек и Каспийское море, нанося вред уникальным природным экосистемам региона. Проблема отходов остро стоит не только в крупных городах Дагестана, но и в труднодоступных удаленных горных районах.

Государство принимает меры по переводу отрасли обращения с отходами на более устойчивые рельсы. Так, с 2019 г. в Российской Федерации реализуется так называемая мусорная реформа, в рамках которой при участии региональных операторов должна быть проведена модернизации отрасли, предусматривается внедрении современных технологий на всех этапах обращения с отходами – их сбора, сортировки, переработки и захоронения. Среди негативных сторон реформы можно отметить возросшую стоимость услуг по вывозу коммунальных отходов для населения. Деятельность некоторых региональных операторов и критерии их выбора также вызывают много вопросов. Среди достижений проходящей реформы можно выделить создание территориальной схемы сбора отходов в республике, планируется строительство четырех мусорных полигонов, начато строительство завода по сортировке мусора, для строительства мусороперерабатывающих заводов привлекаются иностранные инвестиции [31].

В Дагестане проводится активная работа по вовлечению населения в различные программы по очистке территории республики от загрязнения мусором. В первую очередь в качестве организации, осуществляющей системную экологически значимую деятельность во многих регионах нашей страны, в том числе и в Дагестане, можно отметить Общероссийский народный фронт и его отделения, осуществляющие в том числе и межрегиональные акции. К участию в таких акциях привлекаются и иные общественные организации, в том числе и молодежные. Помимо прямого эффекта по устранению загрязнения окружающей среды бытовым мусором, особенно пластиковым, представляющую особую опасность для водной среды вследствие негативного эффекта на состояние водных и береговых экосистем образующегося микропластика и передачи его по пищевой цепи, такие акции, получающие свое отражение в средствах массовой информации, создают основу для формирования в общественном сознании так называемой моды на экологически дружелюбное поведение, особенно в молодежной среде. К профилактическим мероприятиям можно отнести и проведение просветительских лекций и семинаров, популяризирующих охрану окружающей среды и рациональное природопользование, а также различных конкурсов на лучшие экологические проекты по разным направлениям. В Республике Дагестан к данной деятельности в последние годы активно подключаются уполномоченные органы государственного управления в сфере охраны окружающей среды и природопользования. Так, в 2014 г. коллектив Управления Росприроднадзора по РД совместно с представителями заповедника «Дагестанский», ГКУ РД «Магарамкентское лесничество» Комитета по лесному хозяйству Республики Дагестан приняли участие в проведении Всероссийского экологического субботника «Зеленая весна», инициированному неправительственным экологическим фондом имени В.И. Вернадского. В ходе мероприятия на территории федерального заказника «Самурский», расположенного в дельте реки Самур. Были очищены от мусора часть лесной территории, примыкающей к берегу Каспийского моря, полоса пляжа и ручей. В результате участники субботника собрали около 50 кубометров бытовых отходов, в

основном состоящих из пластиковых и стеклянных бутылок, пакетов, одноразовой посуды [32].

В апреле 2021 г. в Дагестане в рамках «Зеленой весны» был проведен субботник на городском пляже Махачкалы под руководством заместителя главы города Запира Алхасова, в котором приняли участие сотрудники МКУ «Городской пляж», учащиеся столичной гимназии №13, и работники прибрежных заведений [33]. В День Эколога и Всемирный день окружающей среды 5 июня 2021 г. в рамках Всероссийской акции «Вода России» и Международной акции «Чистые берега Евразии» при участии Дагестанского отделения Всероссийского общества охраны природы активисты очистили побережье крупнейшего водохранилища Северного Кавказа – Чиркейского водохранилища [34].

За рубежом эффективная система обращения отходов существует уже несколько десятилетий. Раздельный сбор мусора населением, его переработка и введение полученной в результате продукции в оборот, сжигание отходов, не подлежащих переработке, на современных заводах с надежной системой фильтрации с использованием в дальнейшем полученной энергии для отопления и энергоснабжения – примеры эффективной реализации такой схемы давно имеются в странах Европейского Союза. Как уже отмечалось выше, лидерами здесь являются скандинавские страны. Следует отметить, что самым эффективным и устойчивым вкладом в создание современной системы обращения с отходами, оптимальной с точки зрения решения задач устойчивого развития, является снижение количества образующихся отходов. Как известно, основную часть бытовых отходов формируют отходы от одноразовой упаковки различных товаров, большую часть которой составляет неразлагаемый пластик. Европейский Союз пошел по пути создания законодательного запрета продажи определенных видов одноразовой пластиковой продукции. Так, с 3 июля 2021 года в государствах-членах ЕС запрещена продажа ватных палочек, пластиковых столовых приборов, пластиковых тарелок, трубочек и мешалок для напитков, пластиковых держателей для воздушных шаров, некоторых товаров из полистирола (стаканов и контейнеров для еды и напитков), изделий из оксоразлагаемого пластика [35]. В Российской Федерации рассматривается вопрос о введении подобного запрета. Другим шагом стала разработка в Европейском Союзе законодательных требований по обеспечению ремонтпригодности крупной бытовой техники, а также наличия запасных частей и экономической доступности и выгоды такого ремонта.

Хотелось бы отдельно сделать акцент на необходимости формирования общественного и индивидуального экологического сознания граждан. Без грамотного поведения по обращению с отходами каждого человека вне зависимости от его возраста и уровня образования проблему устойчивого обращения с отходами решить не представляется возможным. При этом государством должна быть обеспечена доступность соответствующей инфраструктуры по их сбору, а также прозрачность системы переработки раздельно собранных перерабатываемых отходов, чтобы население страны было уверено в бесполезности их раздельного сбора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо отметить тот факт, что экологическое образование и просвещение играет ключевую роль в формировании экологического правосознания в обществе, так и создании в нем стимулов по реализации концепции устойчивого развития. В Дагестане действует Закон «Об экологическом образовании, просвещении и формировании экологической культуры населения Республики Дагестан» (Закон Республики Дагестан от 30 декабря 2013 года № 107), который устанавливает правовые, организационные и экономические основы осуществления экологического образования, просвещения населения, создает условия для формирования экологической культуры [36]. В настоящее время соответствующие предметы и темы включены в программы и стандарты всех уровней образования. Отметим, что экологическое образование, просвещение и формирование экологической культуры представляют собой во многом пересекающиеся, но не тождественные явления. Для достижения целей устойчивого развития ориентированное на охрану окружающей среды сознание людей должно быть дополнительно подкреплено широким спектром междисциплинарных знаний и навыков, норм поведения в повседневной жизни, которые должны реализовываться в поступательное движение на данном пути. Экологическое образование для устойчивого развития должно обеспечивать у человека знания, базирующиеся на комплексном подходе к развитию во взаимосвязи человека, общества и природы, а также решить задачу замены в общественном сознании антропоцентрического мировоззрения на экоцентрическое [37]. Без чего предполагаемое концепцией устойчивого развития достижение баланса экологических, экономических и социальных интересов в обществе не представляется возможным.

Говоря об экологическом векторе в устойчивом развитии Дагестан, можно констатировать, что первые шаги на этом пути в республике уже сделаны. Но путь предстоит еще долгий. И на этом пути эффективность достижения поставленных целей напрямую зависит от наличия соответствующей политической воли, как со стороны государственных структур, так и граждан, и их объединения, при этом развитие устойчивой региональной экономики и повышение уровня жизни людей являются одними из определяющих факторов, в том числе и для обеспечения бережного отношения к окружающей среде и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Редникова Т.В. Идеи устойчивого развития в правовой охране окружающей среды XXI века: реалии и перспективы // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 4: Государство и право. Реферативный журнал. 2021. N 3. С. 9-20.
2. Бибалаева Л.Н. О вопросах охраны окружающей среды в христианстве и исламе // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2012. Т. 212. С. 459-463.

3. Колбасов О.С. Теоретические концепции новых природоохранных законов // Известия вузов. Правоведение. 1980. N 6. С. 3-14.
4. Дубовик О.Л. Экологическая конфликтология (предупреждение и разрешение эколого-правовых конфликтов). М., 2019. 280 с.
5. Михайлова Е.Г., Дьяков М.Ю. Выбор стратегических направлений развития региона с учетом требований устойчивого развития // Вопросы региональной экономики. 2017. N4 (33). С. 47-53.
6. Балянец К.М., Валиева Д.Г., Садыкова А.М. Современные проблемы определения критериев и индикаторов устойчивого развития регионального агропромышленного комплекса Республики Дагестан // Актуальные вопросы современной экономики. 2020. N6. С. 434-441.
7. Исмиханов З.Н., Магомедбеков Г.У. Исследование современных экологических, социальных и экономических проблем устойчивого развития региона: когнитивный подход // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. N4. С. 46-56. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-46-56
8. Амиров С.Д., Омаров О.А. Экономические предпосылки устойчивого развития Республики Дагестан // Устойчивое развитие горных территорий. 2010. Т. 2. N3. С. 91-97.
9. Вишнякова М., Ткачев И. Какие регионы получат крупнейшие дотации в 2021 году. Инфографика. URL: <https://www.rbc.ru/economics/25/10/2021/617295449a79472ffbf4a67b> (дата обращения: 14.09.2021)
10. Оборин М.С. Механизмы обеспечения экономической безопасности депрессивных регионов // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2021. Т. 23. N2. С. 29-41.
11. Эльдаров Э.М. Теория и практика обеспечения устойчивого развития горного региона (на примере Дагестана) // Региональные аспекты социальной политики. 2018. N20. С. 54-76.
12. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 02 февраля 2015 г. N 151-р. РФ. 2015. N 6. Ст. 1014)
13. Концепция федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2019-2025 годы)» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 мая 2018 г. № 872-р)
14. Кабушко А.М. Условия и подходы к развитию экологического туризма в рамках устойчивого развития регионов // Материалы международной научно-практической конференции «Сотрудничество Республики Беларусь и Оренбургской области в инновационной деятельности». 2018. С. 38-43.
15. Меньщикова В.И. Территории опережающего развития в агропромышленных регионах: перспективы для обеспечения устойчивого развития // Материалы Международной научно-практической конференции «Направления повышения стратегической конкурентоспособности аграрного сектора экономики». Отв. ред. А.А. Бурмистрова. 2018. С. 192-196.
16. Цапиева О.К. Стратегия обеспечения устойчивого развития сельских территорий в Республике Дагестан // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2011. N6. С. 97-100.

17. География и природа Дагестана. URL: <http://www.e-dag.ru/o-dagestane/geografiya-i-priroda.html> (дата обращения: 15.09.2021)
18. Минприроды России. Дагестан. Общие географические и исторические сведения. URL: http://www.mnr.gov.ru/activity/regions/respublika_dagestan/?sphrase_id=73927#region-resources (дата обращения: 15.09.2021)
19. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2020. 1000 с.
20. Дагестан присоединился к федеральному проекту «Сохранение лесов». URL: https://zoritabasarana.ru/rubriki/news/obshchestvo/item/482-dagestan-prisoedinilsya-k-federalnomu-proektu-sokhraneniya-lesov?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2Fnews%2Finstory%2FDagestan-prisoedinilsya-k-federalnomu-proektu-sokhraneniya-lesov--325c68317c10c6c2f41ae41b0d28b2a1 (дата обращения: 15.09.2021)
21. «Филип Моррис Интернэшнл» посадит в Дагестане деревья в рамках акции «Сохраним лес». URL: https://riadagestan.ru/news/tourism_events/filip_morris_interneshnl_posadit_v_dagestane_derevyia_v_ramkakh_aksii_sokhranim_les/ (дата обращения: 25.09.2021)
22. Двинин Д.Ю. Характеристика материальной интенсивности альтернативной энергетики в регионах Российской Федерации // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. N2. 20 с.
23. Указ Главы Республики Дагестан от 30 июля 2020 года N 61 «Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Республики Дагестан на период 2021-2025 годов»
24. Руденко М.Ф., Саинова В.Н., Кульбаракова М.Б. Внедрение солнечной энергетики в системы природообустройства южных регионов страны // Геология, география и глобальная энергия. 2018. N3 (70). С. 11-17.
25. Редникова Т.В. Возобновляемая энергетика: перспективы развития отрасли и ее влияние на состояние окружающей среды // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Энергетическое право: модели и тенденции развития», г. Белгород. 4-5 октября 2019 г. / отв. ред. А.В. Габов. Белгород, 2020. 129 с.
26. Коверина А.Ю., Кретьева М.А. Влияние геотермальных станций на окружающую среду // VIII Международный молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород, 2016. С. 1884-1886.
27. Габитов И.А., Середа Н.В., Темиров А.Т., Сайфулин Р.Р. Развитие альтернативной энергетики в районах и селах горного Дагестана // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения». Махачкала. 2019. С. 124-128.
28. Егорова М.С. Экономические механизмы и условия перехода к зеленой экономике // Фундаментальные исследования. 2014. N 6-6. С. 1262-1266.
29. Редникова Т.В. Биоэнергетика в устойчивом развитии сельского хозяйства: проблемы и перспективы развития отрасли // Сельское хозяйство. 2020. N 4. С. 21-30. DOI: 10.7256/2453-8809.2020.4.35335
30. Андреев И.И., Киселева С.В., Рафикова Ю.Ю. Технический потенциал отходов растениеводства как энергетический ресурс для сельскохозяйственных районов Дагестана // Материалы VI Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и XII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. Махачкала, 2020. С. 498-503.
31. Кадимова М.Ш., Халикова И.А. К вопросу об утилизации твердых отходов в Республике Дагестан // Закон и право. 2021. N3. С. 72-75.
32. В Дагестане прошел Всероссийский экологический субботник «Зеленая весна». URL: https://riadagestan.ru/nw/news/society/v_dagestane_proshel_vserossiyskiy_ekologicheskii_subbotnik_zelenaya_vesna/ (дата обращения: 10.06.2021)
33. Махачкалинцы поддержали всероссийскую акцию «Зеленая весна». URL: <https://rgvktv.ru/partners-news/72607> (дата обращения: 10.06.2021)
34. Всероссийское общество охраны природы. Наш праздничный субботник. URL: <http://voop-rf.ru/nash-prazdnichny-subbotnik/> (дата обращения: 10.06.2021)
35. Анисков Е. Европа запретила одноразовый пластик: чего ждать в России. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/60e829f79a794766ad12a657> (дата обращения: 20.09.2021)
36. Кадимова М.Ш. О конституционных основах правового регулирования обращения с твердыми отходами в Республике Дагестан // Юридический вестник ДГУ. 2021. Т. 38. N2. С. 44-48.
37. Абдурахманов Г.М., Гусейнова Н.О., Иванушенко Ю.Ю., Прокопчик С.В., Кадиева Д.И., Солтанмурадова З.И. Образование в интересах устойчивого развития как основа формирования экологического мировоззрения // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. N 3. С. 115-137. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-115-137

REFERENCES

1. Rednikova T.V. Ideas of sustainable development in the legal protection of the environment of the XXI century: realities and prospects. *Sotsial'nye i humanitarnye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura. Seriya 4: Gosudarstvo i parvo. Referativnyi zhurnal [Social and humanitarian sciences. Domestic and foreign literature. Series 4: State and Law. Abstract journal]*. 2021, no. 3, pp. 9-20. (In Russian)
2. Bibalaeva L.N. On issues of environmental protection in Christianity and Islam. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman [Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]*. 2012, vol. 212, pp. 459-463. (In Russian)
3. Kolbasov O.S. Theoretical concepts of new environmental laws. *Izvestiya vuzov. Pravovedenie [Izvestiya vuzov. Jurisprudence]*. 1980, no. 6, pp. 3-14. (In Russian)
4. Dubovik O.L. *Ekologicheskaya konfliktologiya (preduprezhdenie i razreshenie ekologo-pravovykh konfliktov)* [Ecological conflictology (prevention and resolution of ecological and legal conflicts)]. Moscow, 2019, 280 p. (In Russian)
5. Mikhailova E.G., D'yakov M.Yu. The choice of strategic directions for the development of the region taking into account the requirements of sustainable development. *Voprosy regional'noi ekonomiki [Issues of regional economy]*. 2017, no. 4 (33), pp. 47-53. (In Russian)

6. Baliyants K.M., Valieva D.G., Sadykova A.M. Modern problems of determining criteria and indicators of sustainable development of the regional agro-industrial complex of the Republic of Dagestan. Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki [Actual issues of modern economy]. 2020, no. 6, pp. 434-441. (In Russian)
7. Ismikhonov Z.N., Magomedbekov G.U. Research of modern environmental, social and economic problems of sustainable development of the region: a cognitive approach. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 4, pp. 46-56. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-46-56
8. Amirov S.D., Omarov O.A. Economic prerequisites for sustainable development of the Republic of Dagestan. Ustoichivoe razvitie gornyykh territorii [Sustainable development of mountain territories]. 2010, vol. 2, no. 3, pp. 91-97. (In Russian)
9. Vishnyakova M., Tkachev I. Kakie regiony poluchat krupneishie dotatsii v 2021 godu. Infografika [Which regions will receive the largest subsidies in 2021. Infographics]. Available at: <https://www.rbc.ru/economics/25/10/2021/617295449a79472ffb4a67b> (accessed 14.09.2021)
10. Oborin M.S. Mechanisms for ensuring economic security of depressed regions. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika [Bulletin of Volgograd State University. Economy]. 2021, vol. 23, no. 2, pp. 29-41. (In Russian)
11. El'darov E.M. Theory and practice of ensuring sustainable development of the mountainous region (on the example of Dagestan). Regional'nye aspekty sotsial'noi politiki [Regional aspects of social policy]. 2018, no. 20, pp. 54-76. (In Russian)
12. *Strategiya ustoichivogo razvitiya sel'skikh territorii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda* [Strategiya ustoichivogo razvitiya sel'skikh territorii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda]. 2015, no. 6.
13. *Kontseptsiya federal'noi tselevoi programmy "Razvitie vnutrennego i v'ezdnogo turizma v Rossiiskoi Federatsii (2019 - 2025 gody)"* [The concept of the federal target program "Development of domestic and inbound tourism in the Russian Federation (2019 - 2025)"]. 2018, no. 872-r.
14. Kabushko A.M. Usloviya i podkhody k razvitiyu ekologicheskogo turizma v ramkakh ustoichivogo razvitiya regionov [Conditions and approaches to the development of ecological tourism within the framework of sustainable development of regions]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Sotrudnichestvo Respubliki Belarus' i Orenburgskoi oblasti v innovatsionnoi deyatel'nosti"* [Materials of the international scientific and practical conference "Cooperation of the Republic of Belarus and the Orenburg region in innovation"]. 2018, pp. 38-43. (In Russian)
15. Men'shchikova V.I. Territorii operezhayushchego razvitiya v agropromyshlennykh regionakh: perspektivy dlya obespecheniya ustoichivogo razvitiya [Territories of advanced development in agro-industrial regions: prospects for sustainable development]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Napravleniya povysheniya strategicheskoi konkurentosposobnosti agrarnogo sektora ekonomiki"* [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Directions of increasing the strategic competitiveness of the agricultural sector of the economy"]. 2018, pp. 192-196. (In Russian)
16. Tsapieva O.K. Strategy for ensuring sustainable development of rural territories in the Republic of Dagestan. *Strategiya ustoichivogo razvitiya regionov Rossii* [Strategy for sustainable development of regions of Russia]. 2011, no. 6, pp. 97-100. (In Russian)
17. *Geografiya i priroda Dagestana* [Geography and nature of Dagestan]. Available at: <http://www.e-dag.ru/o-dagestane/geografiya-i-priroda.html> (accessed 15.09.2021)
18. *Minprirody Rossii. Dagestan. Obshchie geograficheskie i istoricheskie svedeniya* [The Ministry of Natural Resources of Russia. Dagestan. General geographical and historical information]. Available at: http://www.mnr.gov.ru/activity/regions/respublika_dagestan/?sphrase_id=73927#region-resources (accessed 15.09.2021)
19. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2019 godu. Gosudarstvennyi doklad* [State Report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2019"]. Moscow, Minprirody Rossii, MSU Publ., 2020, 1000 p. (In Russian)
20. *Dagestan prisoedinilsya k federal'nomu projektu «Sokhranenie lesov»* [Dagestan has joined the federal project "Forest Conservation"]. Available at: https://zoritabasara.ru/rubriki/news/obshchestvo/item/482-dagestan-prisoedinilsya-k-federalnomu-proektu-sokhranenie-lesov?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2Fnews%2Fstory%2FDagestan-prisoedinilsya_k_federalnomu_proektu_Sokhranenie_lesov--325c68317c10c6c2f41ae41b0d28b2a1 (accessed 15.09.2021)
21. «Filip Morris Interneshnl» posadit v Dagestane derev'ya v ramkakh aktsii «Sokhranim les». ["Philip Morris International" will plant trees in Dagestan as part of the Save the Forest campaign]. Available at: https://riadagestan.ru/news/tourism_events/filip_morris_interneshnl_posadit_v_dagestane_derevya_v_ramkakh_akt_sii_sokhranim_les/ (accessed 25.09.2021)
22. Dvinin D.Yu. Characteristics of the material intensity of alternative energy in the regions of the Russian Federation. Vestnik evraziiskoi nauki [Bulletin of Eurasian Science]. 2019, vol. 11, no. 2, 20 p. (In Russian)
23. *Ukaz Glavy Respubliki Dagestan ot 30 iyulya 2020 goda N 61 «Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya elektroenergetiki Respubliki Dagestan na period 2021-2025 godov»* [Decree of the Head of the Republic of Dagestan dated July 30, 2020 No. 61 "On approval of the scheme and program for the development of the electric power industry of the Republic of Dagestan for the period 2021-2025"]. 2020.
24. Rudenko M.F., Sainova V.N., Kul'barakova M.B. Introduction of solar energy into environmental management systems of the southern regions of the country. Geologiya, geografiya i global'naya energiya [Geology, geography and global energy]. 2018, no. 3 (70), pp. 11-17. (In Russian)
25. Rednikova T.V. Vozobnovlyаемая энергетика: перспективы развития отрасли и ее влияние на состояние окружающей среды [Renewable energy: prospects for the development of the industry and its impact on the environment]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Energeticheskoe pravo: modeli i tendentsii razvitiya», g. Belogord. 4-5 oktyabrya 2019* [Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference "Energy Law: Models

- and Development Trends", Belogord, 4-5 October 2019]. Belgorod, 2020, 129 p. (In Russian)
26. Koverina A.Yu., Kretova M.A. Vliyanie geotermal'nykh stantsii na okruzhayushchuyu sredu [Influence of geothermal stations on the environment]. *Obrazovanie, nauka, proizvodstvo. VIII Mezhdunarodnyi molodezhnyi forum* [Education, science, production. VIII International Youth Forum]. Belgorod, 2016, pp. 1884-1886. (In Russian)
27. Gabitov I.A., Sereda N.V., Temirov A.T., Saifulin R.R. Razvitie al'ternativnoi energetiki v raionakh i selakh gornogo Dagestana [Development of alternative energy in the districts and villages of mountainous Dagestan]. *Sovremennye problemy elektroenergetiki i puti ikh resheniya. Materialy V Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Makhachkala, 2019* [Modern problems of the electric power industry and ways to solve them. Materials of the V All-Russian Scientific and Technical Conference, Makhachkala, 2019]. Makhachkala, 2019, pp. 124-128. (In Russian)
28. Egorova M.S. Economic mechanisms and conditions of transition to a green economy. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2014, no. 6-6, pp. 1262-1266. (In Russian)
29. Rednikova T.V. Bioenergetics in the sustainable development of agriculture: problems and prospects for the development of the industry. *Agriculture*, 2020, no. 4, pp. 21-30. DOI: 10.7256/2453-8809.2020.4.35335 (In Russian)
30. Andreenko T.I., Kiseleva S.V., Rafikova Yu.Yu. Tekhnicheskii potentsial otkhodov rastenievodstva kak energeticheskii resurs dlya sel'skokhozyaistvennykh raionov Dagestana [Technical potential of crop production waste as an energy resource for agricultural regions of Dagestan]. *Materialy VI Mezhdunarodnoi konferentsii «Vozobnovlyаемая энергетика: проблемы и перспективы» i XII shkoly molodykh uchennykh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемыkh energoresursov» imeni E.E. Shpil'rain, Makhachkala, 2020* [Materials of the VI International Conference "Renewable Energy: Problems and Prospects" and the XII School of Young Scientists "Actual Problems of Development of Renewable Energy Resources" named after E.E. Spielrain, Makhachkala, 2020]. Makhachkala, 2020, pp. 498-503. (In Russian)
31. Kadimova M.Sh., Khalikova I.A. On the issue of solid waste disposal in the Republic of Dagestan. *Zakon i parvo* [Law and Legislation]. 2021, no. 3, pp. 72-75. (In Russian)
32. *V Dagestane proshel Vserossiiskii ekologicheskii subbotnik «Zelenaya vesna»* [The All-Russian ecological subbotnik "Green Spring" was held in Dagestan]. Available at: https://riadagestan.ru/nw/news/society/v_dagestane_proshel_vserossiyskiy_ekologicheskii_subbotnik_zelenaya_vesna/ (accessed 10.06.2021)
33. *Makhachkalintsy podderzhali vserossiiskuyu aktsiyu «Zelenaya vesna»* [Makhachkala residents supported the all-Russian action "Green Spring"]. Available at: <https://rgvktv.ru/partners-news/72607> (accessed 10.06.2021)
34. *Vserossiiskoe obshchestvo okhrany prirody. Nash prazdnichnyi subbotnik* [All-Russian Society for Nature Protection. Our festive clean-up day]. Available at: <http://voop-rf.ru/nash-prazdnichny-subbotnik/> (accessed 10.06.2021)
35. Anis'kov E. *Evropa zapretila odnorazovyi plastik: chego zhdut' v Rossii* [Europe has banned single-use plastic: what to expect in Russia]. Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/green/60e829f79a794766ad12a657> (accessed 20.09.2021)
36. Kadimova M.Sh. On the constitutional foundations of legal regulation of solid waste management in the Republic of Dagestan. *Yuridicheskii vestnik DGU* [Legal Bulletin of the DSU]. 2021, vol. 38, no. 2, pp. 44-48. (In Russian)
37. Abdurakhmanov G.M., Guseynova N.O., Ivanushenko Yu.Yu., Prokopchik S.V., Kadieva D.I., Soltanmuradova Z.I. Education for sustainable development as a basis for the formation of an ecological worldview. *South of Russia: ecology, development*, 2017, vol. 12, no. 3, pp. 115-137. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-3-115-137

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Магомед З. Гаджидадаев собрал и проанализировал данные, написал рукопись. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Magomed Z. Gadzhidadaev collected and analyzed the data and wrote the article. The author is responsible for plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Магомед З. Гаджидадаев / Magomed Z. Gadzhidadaev <https://orcid.org/0000-0001-9468-8501>

Оригинальная статья / Original article

УДК 502.12

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-228-235

Экологический аспект дискурса медийного пространства Каспийского региона

Наталья И. Харитоновна^{1,2}, Заур Р. Гапизов^{1,3}, Хадижат Ф.-К. Гапизова⁴¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва, Россия³Каспийский природоохранный центр, Махачкала, Россия⁴Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Наталья И. Харитоновна, доктор политических наук, доцент, кафедра истории стран ближнего зарубежья, исторический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 119192 Россия, г. Москва, Ломоносовский проспект, д. 27, корп. 4. Тел. +74959395679

Email natahari@yandex.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-7980-6562>

Формат цитирования

Харитоновна Н.И., Гапизов З.Р., Гапизова Х.Ф.-К. Экологический аспект дискурса медийного пространства Каспийского региона // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 228-235. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-228-235

Получена 26 апреля 2021 г.

Прошла рецензирование 14 июня 2021 г.

Принята 6 сентября 2021 г.

Резюме

Цель. Провести анализ экологического аспекта дискурса медийного пространства Каспийского региона и качественных изменений параметров медиасреды, ставших результатом государственной политики Прикаспийских государств и объективных процессов информатизации в регионе.

Материал и методы. Системный подход, геополитическая теория, экспертные интервью, контент-анализ, анализ документов.

Результаты. По результатам анализа выявлены и определены позитивные изменения медиасреды Каспийского региона, к числу которых, можно отнести расширение и углубление экологического аспекта каспийского дискурса и качество существующей ресурсной и инфраструктурной базы. Констатируется необходимость продолжения усилий по созданию общего медийного пространства Каспийского региона и его качественного развития. Учитывая уровень сложности геополитической обстановки в Каспийском регионе и на его границах, а также опыт работы «Редакции прикаспийских государств» целесообразно сосредоточиться на обмене медийным контентом в рамках неополитических сюжетов, так как военно-политическая тематика в нынешних геополитических условиях и с учетом серьезнейших противоречий в регионе не может служить интеграционным целям. С особым вниманием следует относиться к формированию контента, который должен «работать» на актуальную и конструктивную каспийскую повестку, прежде всего ее экологический аспект.

Заключение. Констатируется необходимость последовательно насыщать медиасреду новым контентом в рамках трех кейсов, нацеленных на развитие и укрепление гуманитарного сотрудничества стран «Каспийской пятёрки» с целью формирования пространства доверия, где одно из центральных мест будет занимать экологическая безопасность региона.

Ключевые слова

Каспий, Каспийский регион, каспийский дискурс, каспийская повестка, медиaprостранство, экология, доверие.

The ecological aspect of the discourse of the Caspian region's media space

Natalya I. Kharitonova^{1,2}, Zaur R. Gapizov^{1,3} and Khadijat F.-K. Gapizova⁴

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.

²Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation.

³Caspian Environmental Centre, Makhachkala, Russia

⁴Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Natalya I. Kharitonova, DSc (Political Sciences), Associate Professor, Department of History of the New Independent States, Faculty of History, Lomonosov Moscow State University; 27 building 4, Lomonosovsky prospect, Moscow, Russia 119192. Tel. +74959395679
E-mail natahari@yandex.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7980-6562>

How to cite this article

Kharitonova N.I., Gapizov Z.R., Gapizova Kh.F.-K. The ecological aspect of the discourse of the Caspian region's media space. *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 228-235. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-228-235

Received 26 April 2021

Revised 14 June 2021

Accepted 6 September 2021

Abstract

Aim. To analyze the ecological aspect of the media space discourse in the Caspian region and qualitative changes in the parameters of the media environment, resulting from the state policy of the Caspian states and objective informatisation processes in the region.

Material and Methods. Systems approach, geopolitical theory, expert interviews, content analysis and document analysis.

Results. Based on the results of the analysis, positive changes in the media environment of the Caspian region were identified, which include the expansion and deepening of the environmental aspect of the Caspian discourse and the quality of the existing resource and infrastructure base. The need to continue efforts to create a common media space for the Caspian region and its qualitative development is stated. Considering the level of complexity of the geopolitical situation in the Caspian region and its borders, as well as the experience of "Editorialising the Caspian States", it is advisable to focus on the exchange of media content within the framework of non-political topics, as military-political topics in the current geopolitical conditions, because of the very serious contradictions in the region, cannot serve integration purposes. Particular attention should be paid to the formation of content that should "work" on an urgent and constructive Caspian agenda, especially its environmental aspect.

Conclusion. The need is stated to consistently saturate the media environment with new content within the framework of three cases aimed at developing and strengthening humanitarian cooperation between the countries of the "Caspian Five" in order to form a space of trust, where one of the central places will be occupied by the environmental safety of the region.

Key Words

Caspian, Caspian region, Caspian discourse, Caspian agenda, media space, ecology, trust.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно под медиапространством понимается феномен, возникающий в результате взаимодействия средств медиакоммуникации и аудитории. Средства медиакоммуникации, являясь механизмом создания особой реальности, которая формирует картину мира за пределами чувственного опыта индивида, создают специфическое социальное пространство. Медиапространство является открытой социальной системой, представляющей собой набор элементов – производителей и потребителей информации – и сложными нелинейными связями между ними, представленными обычно в виде каналов передачи массовой информации. В такую систему органично входят социальные институты, организации, социальные группы и отдельные индивиды, в том числе сверхвлиятельные индивиды, способные воздействовать на эту систему.

Одновременно медиапространство является особой реальностью, где обретают жизнь специфические социальные практики, образы и идеи, часто определяющим образом влияющие на современное общество. В этом пространстве массмедийных сетей и потоков информации социальные группы и отдельные индивиды могут синхронизировать свои действия, формировать субсреды, создавать новый контент и новые идеи и образы, новые формы взаимодействия между группами, организациями и социальными институтами, новые политические и научные дискурсы. Именно поэтому медиапространство является идеальной средой для объединения участников процессов, направленных на решение социально значимых проблем, включая экологические проблемы, и интенсифицирования их сотрудничества, популяризации результатов такой деятельности, расширения повестки и проч.

Говоря об этапах развития медиапространства Каспийского региона, необходимо упомянуть ключевые документы, заложившие базу для деятельности государственных структур на этом направлении [1]. Так, предвидев необходимость интеграции усилий стран – участников СНГ, Россия инициировала в 1996 году совместную разработку и принятие Концепции формирования информационного пространства СНГ. Затем, активные действия руководства России позволили разработать и утвердить в 2010 году Стратегию сотрудничества государств – участников СНГ в сфере информатизации на основе консультаций и предложений Совета глав правительств Содружества независимых государств. Тогда же в 2010 году Совет при Президенте Российской Федерации по развитию информационного общества утвердил План реализации Стратегии развития информационного общества.

Особое внимание в процессе институционализации информационного пространства СНГ уделялось региональному контексту, политическим процессам на Кавказском и Каспийском направлениях, созданию и интеграции там общего медиапространства. Констатировалась насущная необходимость учитывать в процессе информатизации специфику Каспийского региона с его расстояниями, наличием удаленных труднодоступных районов с малой плотностью населения, а также значительными различиями в уровне экономического развития [1]. Впоследствии медийное пространство региона развивалось, реагируя

на мировую и региональную повестки, возникновение общих угроз и вызовов безопасности. В целом интеграция медиапространства Каспийского региона развивалась с переменным успехом, однако имеющиеся достижения свидетельствуют о значимом потенциале сотрудничества стран Каспия в медийной среде, в том числе и по экологической проблематике. Анализ экологического аспекта дискурса медиапространства Каспийского региона посвящена настоящая статья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на основе системного подхода (системной теории и системного анализа), в рамках которого медиапространство рассматривается как открытая социальная система и на которую оказывает влияние среда и характер взаимодействия ее элементов. Открытая система такого типа достаточно чутко реагирует на изменения в среде, появление в ее структуре новых элементов и нового типа связей, вместе с тем, она отличается высокой степенью адаптивности, что позволяет достаточно эффективно корректировать ее структуру в соответствии с актуальными социальными целями и задачами. В работе также были использованы положения геополитической теории, позволившие дать содержательную оценку влиянию геополитических процессов в Каспийском регионе на формирование дискурса медийного пространства.

В качестве материалов исследования выступили материалы средств массовой информации по каспийской проблематике, а также информация, полученная авторами в ходе проведения экспертных интервью с непосредственными участниками процесса формирования дискурса и форматов медийного взаимодействия стран Каспийского региона. Массовые источники в виде материалов средств массовой информации анализировались посредством контент-анализа. Принципы взаимодействия ключевых элементов в рамках медиасреды изучались посредством использования метода анализа документов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Контент-анализ материалов средств массовой информации в пространстве медийного взаимодействия трех из пяти Прикаспийских государств – России, Казахстана и Азербайджана – десять лет назад показывал, что основными компонентами медийного дискурса по проблемам Каспийского региона являлись следующие конструкции:

во-первых, «Каспийский регион – уникальная геополитическая зона»;

во-вторых, «Каспийский регион – нефтяной Клондайк»;

в-третьих, «Каспийский регион – территория конфликта и нестабильности, зона интересов не только прикаспийских государств, но и США».

Указанные конструкции являлись, по сути, осевыми элементами, вокруг которых формировался весь контент медиапространства Каспийского региона. Это было вполне закономерным явлением, если учитывать характер геополитических изменений в регионе в период 1990-2010 годов Каспийский регион, будучи богатым природными ресурсами и являясь транзитной зоной, всегда представлял интерес для

нерегиональных игроков. Однако их геополитические интересы вплоть до начала 1990-х годов жестко ограничивались границами геополитического влияния Советского союза. Роспуск СССР, обретение независимости Казахстаном, Азербайджаном, Туркменистаном, так называемый «политический транзит», который каждая из указанных стран проходила по собственному уникальному сценарию – резко изменили расклад сил в регионе. Ключевым сюжетом в этот период стала проблема правового статуса Каспийского моря, возникшая после крушения советской системы и прекращения действия советско-иранских соглашений. Углеводородные ресурсы, которыми богаты недра Каспия, стали нервом экономической жизни новых независимых государств, стремившихся в максимально сжатые сроки «капитализировать» имеющиеся на их территории запасы углеводородов [2]. Пытаясь модернизировать свои слабые экономики на средства инвесторов, они столкнулись с системной проблемой отсутствия соответствующих технологий добычи, критериев их экологической безопасности и были вынуждены вступить в плотное взаимодействие со странами дальнего зарубежья (страны ЕС, США, Китай), до сегодняшнего дня оцениваемые как отношения жесткой технологической зависимости.

Разумеется, существование на территориях Прикаспия хрупких политических систем не могло не повлиять на геостратегию ведущих государств мира. Так, США объявили Каспий и Каспийский регион зоной своих жизненных интересов в 1997 году, за чем последовала активизация внешней политики США на этом направлении и повышенное внимание Госдепартамента к каспийской проблематике [3]. Китай расширяет свое влияние в регионе, предпочитая использовать экономические инструменты – в частности инициативу Экономического пояса Шелкового пути (планируется задействование международного морского порта Туркменбаши и Бакинского международного торгового порта) [4]. Европейский союз всячески выражает заинтересованность в каспийских углеводородах, однако предпочитает действовать в иной внешнеполитической парадигме, нежели США, активной используя инструменты так называемой «мягкой силы».

Тем временем Российская Федерация прошла непростой путь осознания по-новому своих интересов на Каспии, провела ревизию своих отношений со странами-соседями по Каспийскому региону и определила параметры геополитических трансформаций здесь. Во второй половине 2000-х годов политическое руководство пришло к выводу, что образовавшийся после крушения СССР идеологический и политический вакуум стремительно заполняется влиянием «чужих» для региона акторов, зачастую деструктивным (стремление со стороны коллективного Запада превратить Каспийский регион в «бензоколонку», массовое проникновение радикальных течений ислама в регион и проч.). Учитывая, что, с точки зрения геополитики, Каспийский регион для России является «глубоким южным подбрюшьем», Москва была вынуждена пересмотреть свою политику в отношении Каспия в сторону ее активизации. При этом усилия России были сосредоточены на трех основных треках:

во-первых, определение правового статуса Каспийского моря с учетом интересов Российской

Федерации (неопределенный статус известным образом сдерживал экономическое развитие региона);

во-вторых, продвижение российских продуктопроводных и транспортных проектов, нацеленных в том числе на вытеснение альтернативных проектов, продвигаемых Западом;

в-третьих, формирование на постсоветской части Каспийского региона общего гуманитарного пространства для того, чтобы иметь возможность продвигать комплементарную российским интересам повестку и сохранить здесь влияние России.

По всем трем направлениям были достигнуты определенные успехи. Так, усилия федеральных и региональных властей в рамках реализации указанных в начале статьи документов позволили выйти на совершенно иной уровень информационного взаимодействия в регионе [5], что, в свою очередь, позволило серьезно продвинуться по пути формирования общего медиапространства Каспийского региона.

В регионе широко представлены печатные и электронные СМИ, либо системно освещающие проблемы Каспия и международного сотрудничества на Каспии – такие как «Вестник Каспия», издававшийся И. Зонном, либо освещающие отдельные направления жизнедеятельности – такие как некоторые астраханские СМИ («Волга», «Вестник судостроителя»), печатные издания Казахстана (в основном представлены изданиями Мангистауской области), Азербайджана и др.

«Редакция прикаспийских государств», создание которой было инициировано телеканалом «Астрахань 24» в 2014 году, стала международным проектом. Региональные и федеральные средства массовой информации Азербайджана, Казахстана, Туркменистана, России и Ирана подписали соответствующее партнерское соглашение и приняли Устав редакции. Оперативный обмен видеоконтентом велся через собственный выделенный медиасервер. Участники проекта реализовали совместные медиапроекты, устраивали прямые телемосты и проч.

Организация и проведение Каспийского медиафорума с 2015 года работает на расширение границ гуманитарного сотрудничества прикаспийских государств. Площадка объединяет журналистов, представителей рекламной отрасли, медиаиндустрии, экспертов в сфере масс-медиа «каспийской пятёрки». Зарекомендовали себя выездные формы деятельности площадки. За прошедшее с 2015 года время были подписаны соглашения об информационном сотрудничестве, налажен обмен контентом между средствами массовой информации государств-партнеров. В Астраханской области был создан Каспийский экспертный клуб, действует экспертный центр «Каспий-Евразия». Организатором мероприятий на этом треке являются правительство Астраханской области при поддержке Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ, Министерства иностранных дел РФ, Федерального агентства по делам Содружества Независимых Государств, соотечественников, проживающих за рубежом, и по международному гуманитарному сотрудничеству (Россотрудничество), Федерального агентства по туризму. Таким образом, Астрахань на сегодняшний день является не только Каспийской

столицей, она выступает в качестве столицы Каспийской медиаинтеграции.

Тем временем формирование общего экологического дискурса в рамках каспийской тематики затруднялось целым набором объективных факторов: отсутствие правовой определенности в вопросе статуса моря, разнонаправленные векторы внешней политики прикаспийских государств, отсутствие общих (единых) представлений об экологической политике, сложная экономическая ситуация в регионе, последствия так называемого «сырьевого национализма» и проч. При том что экологи стран Прикаспия существенно продвинулись в диагностике и осознании общих проблем региона. Так, специалисты Дагестанского государственного университета еще в 2012 году предложили проект создания информационной системы для информационной поддержки управленческих решений, в процессе создания и реализации национальных и региональных планов действий в области природопользования и охраны окружающей среды Каспия, а также при организации мероприятий по обеспечению экологической безопасности разнообразной хозяйственной деятельности в его акватории и в прибрежных зонах [6].

О взаимосвязи между экологическими проблемами [7; 8], энергетической политикой и политическими процессами в Каспийском регионе активно заговорили еще в конце прошлого столетия. Как указывают В.А. Ермоленко, Н.В. Морозова и О.Н. Тынянова, экологический фактор в Каспийском регионе может породить не только социально-политическую напряженность, но и использоваться во внешнеполитической игре внерегиональных игроков, заинтересованных в дестабилизации региона. В то же время экологический фактор выступает в качестве стимула и базы для региональной интеграции [9]. Однако отсутствие «общего пространства диалога», в рамках которого взаимосвязь между экологическими проблемами, энергетической политикой [10] и политическими процессами можно было формализовать и институционализировать, стало еще одним фактором, негативно влияющим на региональную экологическую безопасность. Сегодня уже понятно, что прототипом этого «общего пространства диалога» и может стать медиапространство Прикаспия. Именно поэтому крайне важно не только отслеживать экологический аспект дискурса каспийского медиапространства, но и активно его формировать, осуществлять эффективное управление дискурсом.

Оценивая прогрессивное движение в формировании каспийской повестки, ее расширение и масштабирование, важно помнить, что изначально в прессе каспийская проблематика появлялась от саммита к саммиту, зависела от встреч министров иностранных дел Прикаспийских стран. Причем саммиты традиционно были посвящены проблеме определения правового статуса Каспийского моря и зависящей от него темы освоения углеводородов Каспия. Последним важным информационным поводом для всех стран этого региона стало подписание Конвенции о правовом статусе Каспия в 2018 году. По-прежнему, большое значение в каспийской повестке занимает специфика геополитического положения Каспийского региона, отношения стран-соседей с Ираном, а также политика нерегionalных игроков – США, Китая, ЕС и Турции.

В результате усилий, предпринятых за последнее десятилетие Российской Федерацией и ее партнерами, современные возможности сотрудничества стран Прикаспия создали базовые условия для взаимного информационного обмена и формирования качественного медиапространства. На сегодняшний день совместными усилиями стран «каспийской пятёрки» при активнейшей роли Российской Федерации удалось добиться корректировки и одновременно обогащения каспийской повестки. Контент-анализ материалов средств массовой информации в пространстве медийного взаимодействия трех из пяти прикаспийских государств – России, Казахстана и Азербайджана – в конце 2020 года показал, что основными компонентами медийного дискурса по проблемам Каспийского региона являлись следующие конструкции:

во-первых, Каспийский регион может превратиться в ареал не только конкуренции, но и сотрудничества;

во-вторых, в информационном поле Каспийского региона крайне важно присутствие представителей экспертного сообщества и реализации их профессиональных компетенций.

в-третьих, формирование трансграничных профессиональных связей в медиасреде и соответственно необходимость подготовки кадров для транснациональных информационных и медиа-проектов (в частности, журналистов, которые ориентируются в каспийской проблематике – от экологии, экономики и добычи углеводородов до локальных и узкоспециализированных гуманитарных проектов).

Таким образом, результаты контент-анализа продемонстрировали очевидное поступательное развитие как социальных институтов, так и процесса концептуализации проблем развития медиапространства, смещение акцентов и появление новых смыслов, наращивание гуманитарной составляющей коммуникации. Указанные изменения в медиасреде можно оценить как эволюционные и относительно структуры этой среды, и относительно контента, что имеет принципиальное значение для поступательного развития региона и выполнения политических задач России здесь. Другими словами, институциональные изменения в структуре медиапространства региона, инициированные Россией, позволили создать новые возможности у всей системы. Именно таким образом появилась возможность корректировки каспийской повестки, ее расширения и приобретения положительных характеристик. Сравнение основных компонентов медиадискурса 2010-х и 2020-х годов это наглядно демонстрирует. Важны также и качественные изменения природы участников медиасреды – их количественный ряд качественные характеристики существенно расширились за счет вовлечения новых институций, социальных и профессиональных групп, отдельных активных индивидов.

Принципиальное значение имеют результаты контент-анализа экспертных интернет-изданий и сегмента социальных медиа, которые показывают, что в общественном сознании с каждым годом все активнее проявляются и поддерживаются идеи о необходимости консолидации экологических усилий стран Каспия. Здесь же активно обсуждаются сложности,

возникающие при реализации экологических проектов, которые являются результатом рассогласованности действий различных надзорных инстанций, слабого общественного контроля и проч. Все чаще можно услышать о необходимости создания единой системы экологического мониторинга [11] и экологического контроля на национальном и международном уровнях.

Каспийскую экологическую повестку формируют и соглашения прикаспийских государств, принятие которых само по себе свидетельствует о положительной динамике согласования национальных интересов стран региона и их способность договариваться по таким острым вопросам как экологическая безопасность. К числу таких документов можно отнести Тегеранскую Рамочную Конвенцию по защите морской среды Каспийского моря (Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea) [12], вступившую в силу в 2006 году.

Примечательно, в 2010-х годах частью экспертов признавалось, что положения Тегеранской конвенции не выполнялись, т.к. не был определен статус Каспийского моря. Однако все чаще можно было встретить мнение, все активнее присутствующее в медиaprостранстве в качестве оформившейся «формулы», согласно которому отсутствие единой экологической политики на Каспии – это в значительной мере проблема человеческого фактора. Этот фактор связан с недостаточным уровнем экологической грамотности и экологической культуры населения, определяющих экологическое поведение в Каспийском регионе, и существенной разницей в этих уровнях у населения различных его территорий [13] (понятия «экологическое поведение», «экологическая грамотность», «экологическая образованность», «экологическая культура», «экологическое сознание» содержатся в ряде современных научных публикаций [9]).

Одним из первых шагов на пути решения этой проблемы является создание в 1996 году Ассоциации государственных университетов Прикаспийских стран (ядром выступили Астраханский государственный технический университет и Горганский университет сельскохозяйственных наук и природных ресурсов (Иран)). Идея создания Каспийского образовательного пространства получила развитие в итоговом документе симпозиума специалистов в сфере образования прикаспийских государств, прошедшего в декабре 2008 года в Баку. Предполагается, что осознание проблемы уязвимости вод Каспия в долгосрочной перспективе способно «расширить вовлечение местных сообществ в региональные экологические мероприятия» [14]. Ранее, в 2003 году, в Азербайджане был принят закон «О введении экологического образования и экологического просвещения». Согласно закону, экологическое образование и просвещение должны осуществляться на протяжении всей человеческой жизни. Начало функционирования закона совпало по срокам с началом практики запуска на каждом канале национального телевидения 5-6 программ экологической направленности ежегодно. Очевидно, предполагалось, что такая комплексная политика, охватив максимально широкую аудиторию, позволит достичь синергетического эффекта. Дело в том, что экологическая ситуация в Азербайджане крайне уязвима из-за низкого уровня экологической культуры и информированности населения и некорректного

управления отходами жизнедеятельности населения местными администрациями. Схожая ситуация наблюдается в Дагестане.

Таким образом, учитывая позитивные изменения медиасреды, к числу которых, как показал анализ, можно отнести расширение и углубление экологического аспекта каспийского дискурса, и качество существующей ресурсной и инфраструктурной базы, следует продолжать усилия по созданию общего медийного пространства Каспийского региона и его качественного развития. Учитывая уровень сложности геополитической обстановки в Каспийском регионе и на его границах, а также опыт работы «Редакции прикаспийских государств», было бы целесообразно сосредоточиться на обмене медийным контентом в рамках неополитических сюжетов, так как военно-политическая тематика в нынешних условиях и с учетом серьезных противоречий в регионе не может служить интеграционным целям. В качестве площадки для обмена контентом мог бы стать специализированный ТВ-канал с поддержкой в социальных медиа.

С особым вниманием следует отнестись к формированию контента, который должен «работать» на актуальную и конструктивную каспийскую повестку, прежде всего ее экологический аспект. Наряду с привычными для региона сюжетами, необходимо постепенно насыщать медиасреду новым контентом в рамках определенных кейсов, нацеленных на развитие и укрепление гуманитарного сотрудничества стран «каспийской пятерки».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый подход предполагает получение измеримого (с помощью инструментария социологии) результата. Измеримым результатом в данном случае выступает доверие, которое со временем должно привести к созданию «пространства доверия» как качественного нового социального пространства, способствующего интеграции региона на принципиально новом уровне. По сути создание пространства доверия является целью предлагаемого проекта. Для внедрения его в актуальную каспийскую повестку можно использовать следующие смысловые конструкции (одна из них может служить и официальным названием предлагаемого проекта):

во-первых, «Каспийский регион – пространство доверия»;

во-вторых, «Каспий – море доверия»;

в-третьих, «Каспийская медиасреда – среда доверия».

Суть в том, что именно доверие и диагностируемое пространство доверия позволит со временем выйти на обсуждение острых политических вопросов (в первую очередь экологической политики), от которых региону никуда не деться и которые нуждаются в решении для дальнейшего поступательного развития. Важно отметить, что создание «общих пространств (медийного, экологического, образовательного, гуманитарного и проч.) невозможно без доверия между участниками.

Этапность реализации проекта общего информационного ресурса, играющего роль генератора новых смысловых конструкций и их популяризации и масштабирования новой каспийской повестки, может выглядеть следующим образом.

На первом этапе – проработка, внедрение в повестку идеи необходимости реализации общих усилий по борьбе с COVID-19 и вакцинации населения. Эта проблема является общей для всех стран региона, на ее решение существует четко определяемый социальный запрос, актуальность будет сохраняться достаточно продолжительное время.

На втором этапе – освещение, обсуждение и продвижение в медийном поле всевозможных изобретений, стартапов, образовательных проектов, волонтерских проектов, программ студенческих обменов, стажировок и проч. Так, в широком освещении нуждается деятельность Ассоциации государственных университетов Прикаспийских стран, существующая с 1996 года, на базе которого позже был создан Международный открытый распределенный Каспийский университет и т.д.

На третьем этапе – проработка, согласование со всеми заинтересованными институтами, внедрение в каспийскую повестку и продвижение кейсов, связанных с безопасностью региона – экологической, информационной, энергетической (но не военно-политической, т.к. эта тематика, как указывалась выше, в настоящий момент не является конструктивной и способствующей интеграции и консолидации усилий).

Принципиальным при реализации этапов предлагаемого проекта является то, что указанные этапы не следует рассматривать как отдельные кейсы. Их необходимо осматривать как продолжение единого континуума, когда первый этап по мере реализации создает базу для запуска второго этапа, наращивая плотность и интенсивность связей между странами «каспийской пятёрки». Реализация второго этапа создает базу для реализации третьего этапа проекта и т.д.

Целесообразным видится параллельное создание и развитие неофициальных форматов взаимодействия национальных элит и других социальных групп прикаспийских государств, включая профессиональные группы, с целью развития добрососедских отношений, совместного частного бизнеса, общего гуманитарного и экологического пространства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Темирбулатов А.М. Дискурс информационного пространства Каспийского региона: международные аспекты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 9: Язык и литература. 2012. Вып. 3. С. 231-232.
2. Шинкарецкая Г.Г. Правовые проблемы охраны окружающей среды Каспийского моря // Международное право и международные организации. 2019. N1. С. 13. DOI: 10.7256/2454-0633.2019.1.28881
3. Абдуллаев М.Х. Геополитические интересы США глазами американских исследователей // Вопросы управления. 2021. N1(68). С. 34-46. DOI: 10.22394/2304-3369-2021-1-34-46
4. Маркелов К.А., Головин В.Г. Большой Каспий в системе природно-геополитических координат // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2020. N2. С. 35.
5. Маркелов К.А., Брумштейн Ю.М., Головин В.Г. Процессы интеграции прикаспийских государств и их приморских территорий: системный анализ источников и структуры информации // Вестник евразийской науки.

2018. Т.10. N 5. URL: <https://esj.today/PDF/26ECVN518.pdf> (дата обращения: 12.05.2021)
6. Штунь С. Ю., Абдурахманов Г. М., Ахмедова Г.А., Гасангаджиева А.Г., Монахова Г.А. Новые подходы к информационному обеспечению регионального мониторинга // Юг России: экология, развитие. 2012. Т. 7. N1. С. 49-51. DOI: 10.18470/1992-1098-2012-1-49-51
7. Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В., Яковлев П.В. Техногенные риски строительства и эксплуатации нефтегазовых комплексов в акватории Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. N4. С. 46-59. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-46-59
8. Покусаев М.Н., Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В., Яковлев П.В. Техногенные риски освоения шельфа Каспийского моря // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2020. N4. С. 36-52. DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-36-52
9. Ермоленко В.А., Морозова Н.В., Тынянова О.Н. Формирование единой экологической культуры Прикаспийского региона // Электронное научное издание Альманах Пространство и время. Т. 5. Вып. 1. Ч. 2. URL: http://www.j-spacetime.com/content/PDF/Tom%205%20Vip%202/2227-9490e-aprov_r_e-ast5-1-2.2014.53.pdf (дата обращения: 14.05.2021)
10. Рожков И.С. Энергетический фактор как триггер формирования международного режима Каспийского моря на современном этапе // Вестник МГИМО Университета. 2018. N1(58). С. 110-126. DOI: 10.24833/2071-8160-2018-1-58-110-126
11. Эксперт: Каспийскому морю нужна единая система биомониторинга. 20.09.2011. URL: <http://saratovolimp.ru/pubs/455-ekspert-kaspiyskomu-moryu-nuzhna-edinaya-sistema-biomonitoringa.html>. (дата обращения: 13.05.2021)
12. Рамочная Конвенция по защите морской среды Каспийского моря. 4 ноября 2003 г. Тегеран // Caspian Environment Program. CaspEcoProject Management and Coordination Unit. 4.11.2003. URL: <http://www.caspianenvironment.org/newsite/Convention-FrameworkConventionText-R.htm> (дата обращения: 18.05.2021)
13. Нужна единая экологическая политика по Каспию // Каспийский фактор. 18.04.2013. URL: <http://casfactor.com/rus/news/4251.html> (дата обращения: 19.05.2021)
14. Abbasian H., Ashayeri A., Hasanzadeh H. Agricultural Drainage Water in the Caspian Sea and Their Ecological Impacts // Aqua Sci. 2008. V. 5. P. 123-129.

REFERENCES

1. Temirbulatov A.M. Discourse of the Information Space of the Caspian Region: International Aspects. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 9: Yazyk i literature [Bulletin of St. Petersburg University. Ser. 9: Language and Literature]. 2012, iss. 3, pp. 231-232. (In Russian)
2. Shinkaretskaya G.G. Legal problems of environmental protection of the Caspian Sea. *International law and international organizations*, 2019, no. 1, p. 13. (In Russian) DOI: 10.7256/2454-0633.2019.1.28881
3. Abdullaev M.Kh. Geopolitical interests of the United States through the eyes of American researchers. *Management Issues*, 2021, no. 1(68), pp. 34-46. (In Russian) DOI: 10.22394/2304-3369-2021-1-34-46

4. Markelov K.A., Golovin V.G. The Big Caspian Sea in the System of Natural Geopolitical Coordinates. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye nauki* [Bulletin of the Tula State University. Humanitarian sciences]. 2020, no. 2, p. 35. (In Russian)
5. Markelov K.A., Brumshtein Yu.M., Golovin V.G. [Integration processes of the Caspian states and their coastal territories: a systematic analysis of sources and structure of information]. *Vestnik evraziiskoi nauki*, 2018, vol. 10, no. 5. (In Russian) Available at: <https://esj.today/PDF/26ECVN518.pdf> (accessed 12.05.2021)
6. Sthun S.U., Abdurakhmanov G.M., Akhmedova G.A., Gasangadzhieva A.G., Monakhova G.A. New approaches to information provision of regional monitoring. *South of Russia: ecology, development*, 2012, vol. 7, no. 1, pp. 49-51. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2012-1-49-51
7. Panasenko N.N., Sinel'shchikov A.V., Yakovlev P.V. Technogenic risks of construction and operation of oil and gas complexes in the Caspian Sea. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology*, 2019, no. 4, pp. 46-59. (In Russian) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-46-59
8. Pokusaev M.N., Panasenko N.N., Sinel'shchikov A.V., Yakovlev P.V. Technogenic risks of development of the Caspian Sea shelf, *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology*, 2020, no. 4, pp. 36-52. (In Russian) DOI: 10.24143/2073-1574-2020-4-36-52
9. Ermolenko V.A., Morozova N.V., Tynyanova O.N. [Formation of a unified ecological culture of the Caspian region]. *Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manakh Prostranstvo i vremya*, vol. 5, is. 1, part 2. (In Russian) Available at: http://www.j-spacetime.com/content/PDF/Tom%205%20Vip%202/2227-9490e-aprov_r_e-ast5-1-2.2014.53.pdf (accessed 14.05.2021)
10. Rozhkov I.S. Energy factor as a trigger for the formation of the international regime of the Caspian Sea at the present stage. *Bulletin of MGIMO University*, 2018, no. 1(58), pp. 110-126. (In Russian) DOI: 10.24833/2071-8160-2018-1-58-110-126
11. *Ekspert: Kaspiiskomu moryu nuzhna edinaya sistema biomonitoringa* [Expert: The Caspian Sea needs a unified biomonitoring system]. 20.09.2011. Available at: <http://saratovolimp.ru/pubs/455-ekspert-kaspiyskomu-moryu-nuzhna-edinaya-sistema-biomonitoringa.html>. (accessed 13.05.2021)
12. *Ramochnaya Konventsia po zashchite morskoi sredy Kaspiiskogo morya. 4 noyabrya 2003 g. Tegeran* [Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea. November 4, 2003, Tehran]. Caspian Environment Program. CaspEcoProject Management and Coordination Unit. 4.11.2003. Available at: <http://www.caspianenvironment.org/newsite/Convention-FrameworkConventionText-R.htm> (accessed 18.05.2021)
13. *Nuzhna edinaya ekologicheskaya politika po Kaspiyu* [We need a unified environmental policy for the Caspian]. Kaspiiskii faktor, 18.04.2013. Available at: <http://casfactor.com/rus/news/4251.html> (accessed 19.05.2021)
14. Abbasian H., Ashayeri A., Hasanzadeh H. Agricultural Drainage Water in the Caspian Sea and Their Ecological Impacts. *Aqua Sci.* 2008, vol. 5, pp. 123-129.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Заур Р. Гапизов и Хадиджат Ф.-К. Гапизова проводил экспертные интервью, собирал эмпирические данные. Наталья И. Харитоновна разработала концепцию и методологическую базу исследования, проводила контент-анализ, анализировала и интерпретировала документы, подготовила рукопись статьи. Оба автора в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Zaur R. Gapizov and Khadijat F.-K. Gapizova conducted expert interviews and collected empirical data. Natalya I. Kharitonova developed the concept and methodological base of the research, conducted content analysis, analysed and interpreted documents, and prepared the manuscript of the article. Both authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Наталья И. Харитоновна / Natalya I. Kharitonova <https://orcid.org/0000-0002-7980-6562>
 Заур Р. Гапизов / Zaur R. Gapizov <https://orcid.org/0000-0003-4515-4946>
 Хадиджат Ф. Гапизова / Khadijat F.-K. Gapizova <https://orcid.org/0000-0003-1588-039X>

Рецензия / Review

УДК 657.471.1

DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-236-241

Рецензия на монографию Гаджиева Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимова М.Н. «Теоретические аспекты формирования и развития экологической экономики в России. Москва: Инфра-М, 2022. 169 с.»

Алимурад А. Гаджиев

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Алимурад А. Гаджиев, кандидат биологических наук, доцент, директор Института экологии и устойчивого развития, Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21.

Тел. +79898609555

Email ali-eco@mail.ruORCID <https://orcid.org/0000-0002-7359-1951>**Формат цитирования**

Гаджиев А.А. Рецензия на монографию Гаджиева Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимова М.Н. «Теоретические аспекты формирования и развития экологической экономики в России. Москва: Инфра-М, 2022. 169 с.» // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16, N 4. С. 236-241. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-236-241

Получена 27 ноября 2021 г.

Принята 11 декабря 2021 г.

Резюме. Монография посвящена месту и роли экологии и экологической безопасности в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества. В условиях форсированного перехода экономик ведущих государств мира от индустриального типа к новой формации «зеленой экономики», направленной на обеспечение сохранения экологических систем и максимальное сокращения ущерба биоразнообразию экологических систем, перед Российской Федерацией стоит задача формирования нового курса социально-экономического развития общества, ориентированного на сохранение природного потенциала и экологии на уровне, нормальном для поддержания жизнедеятельности общества, растительного и животного мира в обозримом будущем и долгосрочной перспективе.

В работе изложены роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства, рассмотрена концепция идеологии Global Commons в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества, проанализированы проблемы и перспективы реализации программы «Зеленый курс России», исследованы специальные аспекты экологического аудита, бухгалтерского учета и контроля, оценки ущерба в сфере экологии. Особое внимание уделено прогнозу динамики ключевых экологических показателей на среднесрочную перспективу. Описаны основные направления повышения эффективности механизма обеспечения экологической безопасности в рыночной экономике.

Review of the monograph by N.G. Gadzhiev, S.A. Konovalenko, M.N. Trofimov, "Theoretical aspects of the formation and development of ecological economics in Russia. Moscow, Infra-M Publ., 2022, 169 p."

Alimurad A. Gadzhiev

Dagestan State University, Makhachkala, Russia

Principal contact

Alimurad A. Gadzhiev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University; 21 Dakhadaeva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79898609555

Email ali-eco@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7359-1951>

How to cite this article

Gadzhiev A.A. Review of the monograph by N.G. Gadzhiev, S.A. Konovalenko, M.N. Trofimov, "Theoretical aspects of the formation and development of ecological economics in Russia. Moscow, Infra-M Publ., 2022, 169 p.". *South of Russia: ecology, development*. 2021, vol. 16, no. 4, pp. 236-241. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-4-236-241

Received 27 November 2021

Accepted 11 December 2021

Abstract. The monograph reviewed is devoted to the place and role of ecology and environmental safety in ensuring the sustainable socio-economic development of society. In the conditions of the obligatory transition of the economies of the leading countries of the world from an industrial type to a new form of "green economy" aimed at ensuring the preservation of ecological systems and the maximum reduction of damage to the biodiversity of ecological systems, the Russian Federation faces the task of forming a new course of socio-economic development of society focused on the preservation of the potential of nature and ecology at a level enabling the support of the viability of society, flora and fauna in the foreseeable future and in the long term.

The authors outline the role and importance of environmental safety in the system of ensuring the economic security of the state, examine the concept of the ideology of Global Commons in ensuring sustainable socio-economic development of society, analyse the problems and prospects for the implementation of the Green Course of Russia programme, and examine special aspects of environmental audit, accounting and control, damage assessment in the field of ecology. Special attention is paid to the forecast of the dynamics of key environmental indicators for the medium term. The main directions of increasing the effectiveness of the mechanism for ensuring environmental safety in a market economy are described.

В условиях перехода к новому технологическому укладу российского общества особое значение приобретают вопросы, связанные с сохранением экологии, экологической безопасности и природного потенциала, все это является краеугольной составляющей нового курса устойчивого развития страны – зеленой экономики.

В основе идеологии «зеленой экономики» лежит новый технологический уклад, цель которого заключается в бережном и рациональном использовании имеющихся ресурсов на основе применения высоких технологий для максимального удовлетворения потребности людей, а главенствующим фактором устойчивого социально-экономического развития общества выступает экология или окружающая среда. С другой стороны, экологическая политика развитого мира представляет собой новую форму неокOLONIALИЗМА, направленную на захват стратегических природных ресурсов слабых стран, ограничивающих права этих стран на технологическое и социальное развитие, нацеленное вплоть до военного или экономического захвата национальных природных и биологических ресурсов. Все это бросает вызов государственному суверенитету и национальной безопасности и может привести к принципиально новому типу конфликтов в будущем [1].

Авторами монографического исследования сделана попытка систематизировать теоретические и практические аспекты экологии в системе социально-экономического развития государства.

Отдельно в монографическом исследовании упор был сделан на оценку перспектив устойчивого развития в условиях пандемии. Результаты проведенного исследования подтвердили необходимость перехода к формированию циркулярной экономики в России.

Ученые в своем исследовании предлагают рассматривать экологическую безопасность как составную часть экономической безопасности. При этом делают вывод, что в условиях обострения мирового финансового кризиса, наложения внешнеэкономических санкций на Россию и развития новых волн пандемии COVID-19, а также таких негативных тенденций, как сокращение финансовых вложений, направленных на охрану окружающей среды, важно не допустить необоснованного роста коэффициента затрат на охрану окружающей среды, снижения инвестиционной привлекательности экологических проектов, роста экологической преступности.

Монография подготовлена на основе научных статей, опубликованных авторами в авторитетном научном журнале Юг России: экология, развитие. В качестве методов проведенного исследования широко применялись следующие: анализа, дедукции, прогнозирования, сравнительно-описательного анализа и экстраполяции.

В научном исследовании общие аспекты влияния экологии и экологической безопасности на устойчивое социально-экономическое развитие рассматриваются в единой связке с проблемами проведения экологического аудита, формирования системы учета и контроля за экологической деятельностью, оценкой экономического ущерба от негативного воздействия на окружающую среду.

Авторами научного исследования даны практические рекомендации по развитию института экологического аудита в стране и стимулирования со стороны государства разработки (внедрения) в оценочную деятельность новых профессиональных стандартов оценки экологического ущерба и наиболее прогрессивных методик определения экономического ущерба на основе международного опыта в сфере экологических правоотношений. На основе метода экстраполяции авторами предложены прогнозные значения поведения основных показателей экологической безопасности в рыночной экономике, которые могут стать основой формирования системы мониторинга и контроля в сфере обеспечения охраны окружающей среды. Например с помощью метода экстраполяции были спрогнозированы значения инвестиционного потока и коэффициента затрат на охрану окружающей среды в среднесрочной перспективе [2]. В исследовании подтверждена необходимость государственного регулирования сферы экологии и экологической безопасности, разработки системы показателей оценки экологической безопасности с определением пороговых значений и критических границ, а также проведения ежегодного мониторинга и анализа индикаторов и показателей с целью выявления негативных факторов и рисков в данной сфере.

Авторский коллектив предусмотрел возможность включения в монографическое исследование некоторых проблемных вопросов специального характера, например, в отношении места и роли экологического аудита в системе обеспечения экологической безопасности государства. Ученые предлагают отойти от традиционных затратных (таксировочных) методик и закрепить в нормативной практике единый подход к оценке экономического ущерба, учитывающий актуарную методику оценки с учетом санкционных инструментов к недобросовестным субъектам экологических отношений, возможность дисконтирования расходов на восстановление окружающей среды и ущерба здоровью населения. Нельзя не согласиться с тем, что принятие единых подходов и принципов в оценке экономического ущерба поможет исключить манипуляции данной категорией при наложении экономических санкций на недобросовестных участников экологических отношений, обеспечит возможность улучшения экологической ситуации и здоровья населения в долгосрочном периоде.

При рассмотрении современного этапа социально-экономического развития государства авторами обращено внимание на остро стоящие вопросы оценки, учета и контроля за расходами в сфере экологической безопасности и охраны окружающей среды. Основопологающим остается вопрос, за счет каких источников покрывать вышеуказанные расходы, должно ли покрытие расходов осуществляться за счет средств государства или специализированных фондов и юридических лиц, а также должны ли принимать в этом процессе участие домашние хозяйства и частные лица. От состава расходов, источников их покрытия, нормативного обеспечения зависит методология бухгалтерского учета расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды и, как следствие, зависят важнейшие показатели

финансово-хозяйственной деятельности компаний (себестоимость, прибыль, убыток, текущие и капитальные затраты), а также эффективность всех природоохранных мероприятий.

Далее ученые уделили значительное внимание концепции бухгалтерского учета в отношении источников покрытия расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды с учетом действующих нормативно-правовых актов. Предложены пути решения вопроса, связанного с необходимостью научно-обоснованного выбора модели отражения в учете расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды для формирования эффективной системы финансирования данных расходов для коммерческих компаний и частных инвесторов. Сделаны выводы о необходимости подготовки бухгалтерского стандарта, посвященного учету расходов и доходов в сфере экологической деятельности и экологической безопасности.

Предложения авторов в части методологии бухгалтерского учета расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды создаст предпосылки формирования теоретической модели финансирования «зеленой экономики».

Рекомендации, сделанные в данном монографическом исследовании по совершенствованию организационно-правового механизма экологического аудита в Российской Федерации, имеют практическую социальную значимость в долгосрочной перспективе и направлены на решение государственной задачи в области обеспечения экологической безопасности страны.

Раздел I. Общие вопросы «Зеленой экономики» в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества

Особенностями данного раздела работы является то, что он носит комплексный, общепрофессиональный характер и активно использует междисциплинарные связи, в том числе с юридической наукой, социологией, статистикой и математическим моделированием.

В первом разделе монографии даны рекомендации по переходу к формированию циркулярной экономики, в частности, в результате использования возобновляемой энергетики, которое обеспечит снижение уровня негативного влияния антропогенной нагрузки на окружающую среду и обеспечит сбалансированность экологических, экономических и социальных компонентов устойчивого социально-экономического развития государства [3].

В разделе подробно изложены роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства, рассмотрена концепция идеологии Global Commons в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества, проанализированы проблемы и перспективы реализации программы «Зеленый курс России», исследованы специальные аспекты экологического аудита, бухгалтерского учета и контроля, оценки ущерба в сфере экологии. Особое внимание уделено прогнозу динамики ключевых экологических показателей на среднесрочную перспективу. Описаны основные направления повышения эффективности механизма обеспечения экологической безопасности в рыночной экономике.

По мнению авторов научного исследования, совершенствование государственного регулирования сферы экологической безопасности обеспечит возможность улучшения экологической ситуации в долгосрочном периоде, создаст предпосылки устойчивого социально-экономического развития государства. Формирование «экологической экономики» является новым вектором устойчивого социально-экономического развития общества. В связи с этим от органов государственной власти РФ требуется принятие необходимых организационных, военных, управленческих и нормативных мер по реализации конкурентных преимуществ страны, сохранение природного потенциала государства, недопущение захвата нерезидентами национального богатства страны и организация эффективной системы экологической безопасности [4].

В монографическом исследовании сделана попытка ответить на вопрос, какова перспектива реализации программы «Зеленый курс России» при имеющейся экономической ситуации в стране. Реализация стратегических инициатив «Зеленого курса России», согласно исследованию, потребует серьезных как текущих, так и инвестиционных затрат. Так, примерный объем средств, необходимых для осуществления ключевых положений программы, до 2050 года может составить по самым скромным оценкам от 300 до 500 млрд. долл., что сопоставимо с годовым объемом ВВП страны. Такой объем средств будет сложно изыскать без реализации специального механизма финансирования программы.

Авторами был сделан вывод о необходимости проведения комплекса организационных, нормотворческих, административных и управленческих мер со стороны государства и общества, направленных на структурную модернизацию всей социально-экономической системы страны, при этом сделаны конкретные предложения и даны рекомендации в части обеспечения сохранения природного потенциала и экологической безопасности.

Результаты проведенного исследования в разделе подтвердили необходимость перехода к формированию циркулярной экономики в России, поскольку несмотря на то, что объем утилизации и обезвреживания отходов, связанных с производством и потреблением в РФ, растет быстрее, чем объем их образования, доля объема утилизации и обезвреживания отходов хотя и растет, но медленными темпами и составляет немногим больше 50%, а доля объема отходов производства и потребления, размещаемых на принадлежащих предприятию объектах, в среднем за анализируемый период составила 50%. Отрицательное влияние на окружающую среду оказывают и выбросы в атмосферу парниковых газов, что обуславливает актуальность перехода к возобновляемой энергетике. Для достижения целей устойчивого развития необходимо реформирование энергетики путем более активного роста доли возобновляемой энергетики с целью снижения выбросов парниковых газов в окружающую среду и, соответственно, предотвращения дальнейшего изменения климата, являющегося одной из основных причин не только экологического, но и экономического ущерба.

Раздел II. Специальные аспекты экологического аудита, бухгалтерского учета и контроля, оценки экономического ущерба в сфере экологии

В специальных аспектах монографического исследования, посвященных проблемам становления и развития экологического аудита, ученые предлагают отойти от традиционных затратных (таксировочных) методик и закрепить в нормативной практике единый подход к оценке экономического ущерба.

Принятие единых подходов и принципов в оценке экономического ущерба поможет исключить манипуляции данной категорией при наложении экономических санкций на недобросовестных участников экологических отношений, обеспечит возможность улучшения экологической ситуации и здоровья населения в долгосрочной перспективе [5].

Авторами рассмотрены основные концепции в системе бухгалтерского учета в отношении источников покрытия расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды с учетом действующих нормативно-правовых актов. Рассмотрен порядок отражения в учете и отчетности информации о расходах на охрану окружающей среды и экологическую безопасность.

Предложения авторов в части методологии бухгалтерского учета расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды создают предпосылки формирования информационно-учетной составляющей экологической безопасности.

Таким образом, монография посвящена месту и роли экологии и экологической безопасности в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества. В условиях форсированного перехода экономик ведущих государств мира от индустриального типа к новой формации «зеленой экономики», направленной на обеспечение сохранения экологических систем и максимальное сокращения ущерба биоразнообразию экологических систем, перед Российской Федерацией стоит задача формирования нового курса социально-экономического развития общества, ориентированного на сохранение природного потенциала и экологии на уровне, нормальном для поддержания жизнедеятельности общества, растительного и животного мира в обозримом будущем и долгосрочной перспективе. В ходе исследования авторами были решены следующие задачи:

- сформулированы основные принципы информационно-учетной системы в экологической экономике;
- проведен анализ основных проблем, и предложены пути реализации «Зеленого курса России»;
- исследована теоретическая основа идеологии Global Commons в современной рыночной системе экономики;
- доказано, что для достижения целей устойчивого развития, в частности, Цели 7 «Источники недорогой и чистой энергии», необходимо реформирование энергетики путем более активного роста доли возобновляемой энергетики с целью снижения выбросов парниковых газов в окружающую среду и, соответственно, предотвращения дальнейшего изменения климата, являющегося одной из основных причин экологического и экономического ущерба;
- расширен перечень показателей в стратегии экономической безопасности, показателями оценки

экологической безопасности как составной части экономической безопасности государства;

- определены подходы к ежегодному мониторингу и анализу целевых показателей и индикаторов Государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» с внесением соответствующих корректировок и оценкой рисков факторов реализации программы, рекомендовать определять границы пороговых и критических значений данных показателей;

- изучены основные угрозы обеспечения экологической безопасности, даны рекомендации по их нейтрализации;

- осуществлены прогнозы поведения базовых показателей экологической безопасности в сфере экономики на среднесрочную перспективу;

- даны рекомендации по установлению разграничения между обязательным экологическим аудитом и государственным экологическим контролем;

- выявлены проблемы реализации организационно-правового механизма экологического аудита в нашей стране, связанные с серьезными недоработками отечественного законодательства в области экоаудирования и отсутствием понимания у отечественных предприятий важности добровольного применения экологического аудита;

- предложены изменения в законодательстве «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности» [6];

- в качестве методологических подходов к оценке компонента восстановления окружающей среды и здоровья населения, предложены подходы, применяемые в актуарных методиках, раскрываемых в международных стандартах учета и финансовой отчетности;

- рассмотрены основные концепции в системе бухгалтерского учета в отношении источников покрытия расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды с учетом действующих нормативно-правовых актов;

- предложены пути решения вопроса, связанного с необходимостью научно-обоснованного выбора модели отражения в учете расходов на экологическую безопасность и восстановление окружающей среды для формирования эффективной системы финансирования данных расходов для коммерческих компаний и частных инвесторов. Сделаны выводы о необходимости подготовки бухгалтерского стандарта, посвященного учету расходов и доходов в сфере экологической деятельности и экологической безопасности.

Научное исследование выполнено авторским коллективом на высоком научно-методическом уровне, имеет большое теоретическое значение в части формирования концептуальных подходов к исследованию теоретических аспектов формирования и развития «экологической экономики» в России и может быть рекомендована к изданию в ведущих издательствах страны.

Специальные аспекты исследования, раскрываемые авторами во втором разделе монографии, имеют практическое значение для построения эффективной информационно-учетной системы в экологической экономике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Корнилович Р.А., Ахмедова Х.Г. «Экологическая экономика» – важнейшая часть идеологии Global Commons в обеспечении устойчивого социально-экономического развития общества // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. №4. С. 17-24. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-17-24
2. Гаджиев Н.Г., Мурзак Н.А., Митенкова А.Е., Скрипкина О.В., Коноваленко С.А., Гаджиева У.А., Исмаилова О.С. Оценка перспектив устойчивого развития в условиях пандемии // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. №1. С. 98-109. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-98-109
3. Гаджиев Н.Г., Мурзак Н.А., Митенкова А.Е., Скрипкина О.В., Коноваленко С.А. Проблемы развития циркулярной экономики как фактора устойчивого развития России // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. №3. С. 155-164. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-155-164
4. 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. №3. С. 200-214. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-3-200-214
5. 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. №4. С. 137-144. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-137-144
6. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н. Теоретические аспекты формирования и развития экологической экономики в России: монография. Москва: ИНФРА-М, 2022. 169 с.

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алимурат А. Гаджиев подготовил и написал рецензию. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. 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
2. Gadzhiev N.G., Murzak N.A., Mitenkova A.E., Skripkina O.V., Konovalenko S.A., Gadzhieva U.A., Ismailova O.S. Assessing the prospects for sustainable development in the context of a pandemic. *South of Russia: ecology, development*, 2021, vol. 16, no. 1, pp. 98-109. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-98-109
3. Gadzhiev N.G., Murzak N.A., Mitenkova A.E., Skripkina O.V., Konovalenko S.A. Problems of development of the circular economy as a factor in Russia's sustainable development. *South of Russia: ecology, development*, 2020, vol. 15, no. 3, pp. 155-164. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-155-164
4. 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
5. 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
6. Gadzhiev N.G., Konovalenko S.A., Trofimov M.N. *Teoreticheskie aspekty formirovaniya i razvitiya ekologicheskoi ekonomiki v Rossii* [Theoretical aspects of the formation and development of ecological economics in Russia]. Moscow, INFRA-M Publ., 2022, 169 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Alimurad A. Gadzhiev prepared and wrote the review. 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

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

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: 367000, 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: 367000, 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 11.01.2022 г.
Объем 30,25. Тираж 100. Заказ № 75.
Формат 70х90%. Печать офсетная.
Бумага офсетная № 1.
Тиражировано в типографии издательства ДГУ
г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 59е