

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 15 № 2 2020

ISSN 1992-1098  
e-ISSN 2413-0958

# **ЮГ РОССИИ:** ЭКОЛОГИЯ, РАЗВИТИЕ

---

Vol.15 no. 2 2020

# **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 Орджоникидзевна**, 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**

**Алекперов И.Х.**, Институт Зоологии Национальная академия наук Республики Азербайджан (Баку, Азербайджан)

**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)

**Шагапсоев 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**

**Ilham Kh. Alakbarov**, Institute of Zoology, National Academy of Sciences, Republic of Azerbaijan (Baku, Azerbaijan)

**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)

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

Гаджиев Н.Г., Ахмедова Х.Г., Коноваленко С.А., Гаджиев М.Н.

Организационно-методологические механизмы осуществления экологического аудита в Российской Федерации.....6-16

**ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ**

Шестопалов А.М., Кононова Ю.В., Гаджиев А.А., Гуляева М.А., Маранди Мехди Васфи,

Алексеев А.Ю., Джамалутдинов Д.М., Щелканов М.Ю.

Биоразнообразие и эпидемический потенциал коронавирусов (*Nidovirales: Coronaviridae*) рукокрылых.....17-34

Аннинский Б.Е., Финенко Г.А., Дацык Н.А.

Альтернативные условия массового появления сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) и гребневика *Pleurobrachia pileus* (O.F.Muller, 1776) в планктоне Черного моря.....35-47

Володина В.В., Грушко М.П., Федорова Н.Н., Воронина Е.А., Терпугова Н.Ю., Гуляева М.А.

Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна.....48-60

**ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ**

Асадулаев З.М., Садыкова Г.А., Маллалиев М.М., Рамазанова З.Р.,

Мищенко Н.В., Десинов С.Л., Асадулаев Ш.З.

Группировки пионерной растительности и некоторые подходы к искусственному обрастанию откосов автодорог Предгорного Дагестана.....61-77

**ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ**

Баубекова Д.Г., Сопрунова О.Б., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В.

Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата.....78-90

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Разумов В.В., Разумова Н.В., Линьков А.Д., Кондратьева Н.В., Гусейнова Н.О., Гаджибеков М.И.

Активность проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России.....91-102

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Шляхов В.А., Магзанова Д.К., Баймухамбетова А.С.

Фитотоксичность и инсектоакарицидная активность актиномицетов, выделенных из засоленных почв аридной территории.....103-112

**ЛАНДШАФТНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Волков С.Н., Савинова С.В., Черкашина Е.В., Шаповалов Д.А., Братков В.В., Ключин П.В.

Природные ландшафты как фактор эффективного развития сельского хозяйства на Северном Кавказе.....113-124

Миронова Н.В., Панкеева Т.В.

Пространственно-временные изменения макрофитобентоса бухты Круглая (Черное море).....125-139

**СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Фомина Н.В., Луговской А.М., Кочуров Б.И.

Оценка комфортности проживания населения (на примере г. Балаково Саратовской области).....140-149

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

Дзюев Р.И., Чепракова А.А., Жилыева Ф.Х., Машукова К.А.

Особенности воспроизводства кустарниковой полевки *Microtus majori* Thomas, 1906 в природных условиях.....150-157

Сивухин А.Н., Марков Д.С., Нода И.Б.

Распределение уровней загрязнения почвы тяжёлыми металлами в Ивановской и Костромской областях.....158-164

Оздемиров А.А., Селионова М.И., Чижова Л.Н., Хожиков А.А., Суржикова Е.С., Рамазанова Д.М.

Полиморфизм генов PIT-1, PRL, GH молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан.....165-171

**ОЧЕРКИ УЧЕНОГО**

Розенберг Г.С.

Рецензия на книгу Чибилёва А.А. «Картины Природы степной Евразии»: Том 1: От предгорий Альп до Южного Урала. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2018. 172 с.; Том 2: От Урала до Иртыша. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2019. 184 с.....172-177

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ.....178**

**GENERAL PROBLEMS**

*Gadzhiev N.G., Akhmedova Kh.G., Konovalenko S.A., Gadzhiev M.N.*

Organizational and methodological mechanisms for implementation of environmental auditing in the Russian Federation.....6-16

**ECOLOGY OF ANIMALS**

*Shestopalov A.M., Kononova Yu.V., Gadzhiev A.M., Gulyaeva M.A., Marandi Mehdi Vasfi,*

*Alekseev A.Yu., Jamalutdinov J.M., Shchelkanov M.Yu.*

Biodiversity and epidemic potential of Chiropteran coronaviruses (*Nidovirales: Coronaviridae*).....17-34

*Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A.*

Alternative conditions of mass appearance of the scyphozoan jellyfish, *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), and the ctenophore, *Pleurobrachia pileus* (O.F. Muller, 1776), in plankton of the Black Sea.....35-47

*Volodina V.V., Grushko M.P., Fedorova N.N., Voronina E.A., Terpigova N.Yu., Gulyaeva M.A.*

Morphological characteristics and ecological significance of Volga-Caspian Basin fish tumors.....48-60

**ECOLOGY OF PLANTS**

*Asadulaev Z.M., Sadykova G.A., Mallaliev M.M., Ramazanov Z.R.,*

*Mishchenko N.V., Desinov S.L., Asadulaev Sh.Z.*

Pioneer vegetation groupings and some approaches to the artificial overgrowth of highway slopes of piedmont Dagestan, Russia.....61-77

**ECOLOGY OF MICROORGANISMS**

*Baubekova D.G., Soprunova O.B., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V.*

Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions.....78-90

**GEOECOLOGY**

*Razumov V.V., Razumova N.V., Linkov A.D., Kondratieva N.V., Guseynova N.O., Gadzhibekov M.I.*

Earthquake manifestation activity in the border territories of the south of the European part of Russia.....91-102

**AGROECOLOGICAL ECOLOGY**

*Grigoryan L.N., Bataeva J.V., Shlyahov V.A., Magzanova D.K., Baimukhambetova A.S.*

Phytotoxicity and insectoacaricidal activity of actinomycetes isolated from saline soils of arid territory.....103-112

**LANDSCAPE ECOLOGY**

*Volkov S.N., Savinova S.V., Cherkashina E.V., Shapovalov D.A., Bratkov V.V., Klyushin P.V.*

Natural landscapes as a factor in the effective development of agriculture in the North Caucasus, Russia.....113-124

*Mironova N.V., Pankeeva T.V.*

Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos of Kruglaya Bay (Black Sea).....125-139

**SOCIAL ECOLOGY**

*Fomina N.V., Lugovskoy A.M., Kochurov B.I.*

Assessment of comfort of living of the population of a municipality: methodological approaches.....140-149

**BRIEF REPORTS**

*Dzuev R.I., Cheprakova A.A., Zhilyaeva F.H., Mashukova K.A.*

Features of reproduction of the shrub vole *Microtus majori* Thomas, 1906 in natural conditions.....150-157

*Sivukhin A.N., Markov D.S., Noda I.B.*

Distribution of levels of soil contamination by heavy metals in the Ivanovo and Kostroma regions, Russia.....158-164

*Ozdemiroy A.A., Selionova M.I., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Ramazanov D.M.*

Polymorphism of PIT-1, PRL and GH genes in dairy cattle of the Caucasian Brown breed bred in various natural ecological zones of the Republic of Dagestan, Russia.....165-171

**SCIENTIST'S ESSAY**


*Rozenberg G.S.*

Review of the book by A.A. Chibilev "Pictures of Nature of Steppe Eurasia": Volume 1: From the Foothills of the Alps to the Southern Urals. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2018. 172 p.; Volume 2: From the Urals to the Irtysh. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2019. 184 p.....172-177

**CONTACT INFORMATION**.....178

Обзорная статья / Review article  
УДК 657.6: 504.75  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-6-16

## Организационно-методологические механизмы осуществления экологического аудита в Российской Федерации

Назирхан Г. Гаджиев<sup>1</sup> , Хамида Г. Ахмедова<sup>2</sup>, Сергей А. Коноваленко<sup>3</sup>, Марат Н. Гаджиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

<sup>3</sup>Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя, Рязань, Россия

### Контактное лицо

Назирхан Г. Гаджиев, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Аудит и экономический анализ», Дагестанский государственный университет; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 43А.

Тел. +7(8722)682939

Email [nazirhan55@mail.ru](mailto:nazirhan55@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6321-3543>

### Формат цитирования

Гаджиев Н.Г., Ахмедова Х.Г., Коноваленко С.А., Гаджиев М.Н. Организационно-методологические механизмы осуществления экологического аудита в Российской Федерации // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 6-16. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-6-16

Получена 26 июля 2019 г.

Прошла рецензирование 13 ноября 2019 г.

Принята 18 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Совершенствование организационно-методологических и правовых механизмов осуществления экологического аудита в Российской Федерации с учетом действующей нормативной базы и зарубежного опыта в этой сфере.

**Обсуждение.** Рост экономики признается всеми как положительное и необходимое явление в общественном развитии. Однако у данного процесса есть и обратная сторона – ежегодно предприятия отравляют воздух токсичными выбросами, сточные воды загрязняют водоемы, радиоактивные отходы делают земли непригодными для культивации. Все это является причиной ухудшения экологической обстановки в стране и мире. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что экологический аудит, являясь инструментом повышения инвестиционной привлекательности, позволяет решать государственные задачи в области экологической безопасности страны, усилить контроль за соблюдением экологического законодательства правоохранительным органам. В настоящее время отечественными специалистами признана необходимость развития данного направления аудита. Однако до сих пор нет разработанной нормативно-правовой базы, методики осуществления экологического аудита. Все это в определенной мере сдерживает развитие организационных механизмов осуществления экологического аудита.

**Выводы.** В этой связи в статье авторами всесторонне рассматривается современный отечественный и зарубежный опыт экологического аудирования, его недостатки и преимущества. При этом экологический аудит рассматривается как самостоятельный институт, призванный снижать риски хозяйствующих субъектов на основе соблюдения экологических норм и требований международных стандартов. По мнению авторов, экоаудиторское заключение следует рассматривать как юридический документ, признаваемый субъектами экоаудиторских правоотношений.

### Ключевые слова

Экологический аудит, международные стандарты, риски, природопользование, экологическая безопасность, окружающая среда.

# Organizational and methodological mechanisms for implementation of environmental auditing in the Russian Federation

Nazirkhan G. Gadzhiev<sup>1</sup> , Khamida G. Akhmedova<sup>2</sup>, Sergey A. Konovalenko<sup>3</sup> and Marat N. Gadzhiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Technology and Management, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Ryazan Branch, V.Y. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of the Russia Federation, Ryazan, Russia

## Principal contact

Nazirkhan G. Gadzhiev, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Audit and Economic Analysis, Dagestan State University; 43A M. Gadzhieva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +7(8722)682939

Email [nazirhan55@mail.ru](mailto:nazirhan55@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6321-3543>

## How to cite this article

Gadzhiev N.G., Akhmedova Kh.G., Konovalenko S.A., Gadzhiev M.N. Organizational and methodological mechanisms for implementation of environmental auditing in the Russian Federation. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 6-16. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-6-16

Received 26 July 2019

Revised 13 November 2019

Accepted 18 January 2020

## Abstract

**Aim.** The purpose of this article is the improvement of organizational, methodological and legal mechanisms for environmental auditing in the Russian Federation, taking into account the current regulatory framework and foreign experience in this area.

**Discussion.** Economic growth is recognized by all as a positive and necessary phenomenon in social development. However, this process has a flip side - every year, enterprises poison the air with toxic emissions, waste water damages water bodies and radioactive waste makes land unsuitable for cultivation. All this causes environmental degradation both in Russia and the broader world. The relevance of this study is that environmental auditing as a mechanism to increase the attractiveness of investment facilitates the solution of state problems of environmental safety and the strengthening of environmental law enforcement. While domestic experts currently recognize the need to develop this area of auditing, there is still no fully developed legal framework and methodology for its implementation within the Russian Federation. To a certain degree this restrains the development of organizational mechanisms for environmental auditing.

**Conclusion.** The authors have comprehensively examined the current domestic and foreign experience in environmental auditing, its advantages and disadvantages. The environmental audit is also considered as an independent institution of governance, designed to reduce risks of business entities on the basis of compliance with environmental norms and international standards. According to the authors, an eco-audit report should be considered as a legal document recognized as a component of conformity within eco-auditing legal relations.

## Key Words

Environmental audit, international standards, risks, environmental management, environmental safety, environment.



## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня проблемы, связанные с отрицательным воздействием человека на экологическую систему и рациональным природопользованием, являются объектом широких дискуссий многих ученых – исследователей и практиков. Оценка степени вредного воздействия на окружающую среду – проблема как самих природопользователей, так и государственных контрольных органов с позиции внедрения новых эколого-экономических категорий и решений. Такой новой категорией, к примеру, признается «экологический аудит» [1; 2].

Более того, в современной экономической науке появилось новое понятие и даже идеология «Global Commons», основной темой которой является вопрос об устойчивости социально-экономического развития, то есть формирования основ «экологичной экономики» [3].

Согласно Федеральному Закону «Об охране окружающей среды» экологический аудит это «независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований, в том числе нормативов и нормативных документов, федеральных норм и правил, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности» [4].

В специальной литературе исследователи по-разному определяют экологический аудит как вид деятельности. Например, Г.П. Серов под экологическим аудитированием предлагает понимать «коммерческую деятельность по проведению независимых вневедомственных мероприятий, осуществляемой на основании договора и заключающихся в сборе и оценке достоверности информации о финансовом положении и экологической безопасности аудируемого предприятия» [5].

В проекте Федерального закона Российской Федерации «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности» (статья 1) прописано, что «экологический аудит – независимая, документированная оценка соответствия объектов экологического аудита требованиям в области охраны окружающей среды» [6].

По мнению Л.В. Чхутиашвили экологический аудит – это независимая, документированная проверка хозяйственной деятельности аудируемого лица в области охраны окружающей среды, эффективного использования минеральных и органических ресурсов с учетом требований обеспечения экологической безопасности, оценка достоверности его экологической отчетности и экологической устойчивости с целью снижения его воздействия на окружающую среду [7].

Согласно международному стандарту ИСО 14012-96 «Руководящие указания по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для аудиторов в области экологии» под экологическим аудитом понимается независимая оценка и соблюдение нормативных требований в области охраны экологии хозяйствующими субъектами, а также подготовка рекомендаций в сфере экологической деятельности [8].

Главная задача экологического аудита – поиск оптимальных (наилучших) путей сочетания экономического и экологического регулирования хозяйственной деятельности организации [9].

Изучая нормативные аспекты организации и применения экологического аудита в нашей стране, можно сделать вывод, что нормативно-правовая база в этой области разработана в неполной мере, вследствие этого наблюдается недостаточный уровень развития экологического аудита. В связи с этим представляет интерес изучение современного состояния и уровня экологического аудита природоохранных мероприятий и снижения экологического риска в зарубежных странах.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Широкое использование экологический аудит первоначально получил при контроле деятельности крупных промышленных корпораций в Соединенных Штатах. Возникающие крупные аварии на промышленных предприятиях стали привлекать все большее внимание, и фактор окружающей среды рассматривался как один из приоритетных направлений, а при осуществлении внутреннего контроля необходимой была признана оценка негативного воздействия, оказываемого на окружающую среду. При этом главная задача экологического аудита состояла в информировании руководства предприятия о мерах по соблюдению действующего природоохранного законодательства, о снижении экологических рисков и снижения уровня отрицательного воздействия на биосферу.

Экологический аудит за рубежом, по существу, является одним из важнейших инструментов управления окружающей средой. Поэтому развитию экологического аудита в западных странах, как одному из основных и эффективных инструментов снижения экологических рисков и уменьшения пагубного воздействия на окружающую среду, уделяется особое внимание. Тому свидетельство – наличие множества законов и постановлений в области охраны природопользования и ужесточение действующего экологического законодательства, формирование негосударственных экологических организаций, которые своими усилиями принуждают крупные промышленные предприятия осуществлять природоохранные мероприятия и оценивать свою производственную деятельность с экологической точки зрения.

Методология осуществления экологического аудита, появившаяся в аудиторской практике США, нашла свое применение и в европейских странах, но с учетом национальных особенностей учетной и аудиторской практики этих стран. В Великобритании экологический аудит это прежде всего управленческий инструмент внутреннего контроля, который необходим для обеспечения соблюдения минимальных нормативных требований в сфере экологии, финансов и производства. Использование принципа добровольности и минимальных требований в системе экологического аудита как исключительно внутреннего инструмента и средства деловой репутации предприятий во многом отличаются, например, от



трактовки и принципов использования реализации экологического аудита в Германии.

В Германии для компаний установлено жесткое выполнение всех экологических требований и нормативов, что отражено в «Руководстве по экологическому менеджменту и экологическому аудиту ЕС». В качестве альтернативного варианта контролю со стороны государственных экологических служб рассматривается вариант внедрения систем экологического менеджмента, а в дальнейшем независимой проверки экологическими аудиторами. Такой же позиции придерживается Франция.

Основными факторами широкого распространения процедур экологического аудита в США и европейских странах явились ужесточение экологического законодательства и образование единого экономического пространства для развития торговых и иных отношений. В ряде стран процедуры экологического аудита реализуются посредством национальных стандартов. Базовым из числа таких стандартов является стандарт – BS 7750.

В России экологический аудит стал применяться в начале 90-х годов XX века. Первые попытки по внедрению и реализации процедур экологического аудита с учетом опыта зарубежных стран были предприняты в нашей стране в 1992 году и первоначально был определен и признан как важное направление деятельности в связи с принятием документа «Положение об экологическом аудировании в транспортном комплексе». Широкого применения данный документ, однако не получил и экологический аудит в нашей стране начал развиваться с 1995 года, после принятия Правительством РФ постановления «О лицензировании отдельных видов деятельности».

В то же время по действующему законодательству экологический аудит не подлежит государственному регулированию посредством лицензирования этой деятельности. В 1998 г. был принят ряд правовых актов Государственным комитетом экологии России в области экологического аудита, в том числе установившие правила их аттестации. Но, развитие этого направления сдерживалось отсутствием необходимой правовой и нормативной базы. В этих условиях Министерством природных ресурсов Российской Федерации предпринимались меры, направленные на организацию регулирования экоаудиторской деятельности, обеспечение качества предоставляемых услуг и, в конечном итоге, внедрение экологического аудита в природоохранную деятельность, как органов государственной власти, так и свободных рыночных агентов.

В сложившейся ситуации принятие закона «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности» на федеральном уровне в полной мере отвечало бы потребностям практики.

Сегодня в условиях повсеместного нарушения действующего законодательства в сфере экологии появилась также необходимость введения института уполномоченного по проблемам экологии при президенте РФ с широкими полномочиями. Появления данного института власти обеспечит усиления контроля

общественных организаций и органов власти в сфере экологической безопасности государства.

Отсутствие системы государственного регулирования данного вида деятельности в процессе зарождения и на первичном этапе его развития в нашей стране привело к тому, что иностранные инвесторы осуществлявшие реальные инвестиции в экономику России в основном привлекали зарубежные экоаудиторские фирмы или их представительства. Экологический аудит на начальном этапе использовался международными финансовыми и инвестиционными структурами в качестве процедуры необходимой для получения правительственных гарантий и минимизации экологических рисков при осуществлении крупномасштабных инвестиционных программ и проектов. Однако экологический аудит в этот период осуществлялся преимущественно зарубежными транснациональными аудиторскими фирмами и в основном по договорам зарубежных инвестиционных фондов. Таким образом, основная доля рынка экоаудиторских и консалтинговых услуг в России принадлежала международным аудиторским организациям. Начиная с 2012 г. развитие экологического аудита связано с совершенствованием нормативных правовых документов федерального уровня, а также со вступлением России в ВТО и постепенной интеграцией России в международную систему экологической безопасности.

В результате анализа зарубежного опыта, изучения системы экологического менеджмента и экологического аудита других государств, можно отметить, что в России экологический аудит сочетает в себе элементы финансового аудита (так как базируется на нем) и контрольной природоохранной деятельности (в части оценки ущерба от воздействия на окружающую среду и применяемых к нарушителям санкций). В настоящее время экологический аудит постепенно эволюционирует в механизм оценки возможностей повышения экологической и экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов во всех секторах экономики. Основой такого аудиторского контроля выступает система бухгалтерского учета [10].

Отдельные аспекты экологического аудита сегодня внедряются в деятельности правоохранительных органов. В частности, в подразделениях экономической безопасности и противодействия коррупции МВД России инструментарий экологического аудита применяется при оценке экономического ущерба государству от загрязнения окружающей среды в ходе выявления и расследования преступлений, предусмотренных главой 26 УК РФ «Экологические преступления». Действующие системы оценки ущерба ориентированы, прежде всего, на учет фактических затрат по прекращению эксплуатации объектов, осуществляющих вредные выбросы и загрязнения окружающей среды. Такой подход не позволяет реально оценить весь объем ущерба, нанесенный экологии и обществу и, по сути, не позволяет адекватно наказать хозяйствующие субъекты за целенаправленное разрушение экологическим систем. Применение «риск-ориентированного» подхода и системы актуарных оценок, широко

используемых в методологии экологического аудита за рубежом, дает возможность включить в величину ущерба государству (экологии) затраты на восстановление окружающей среды с учетом их индексации на будущие периоды и штрафных санкций. Все это обеспечивает возможность сделать оценку ущерба экологии более реалистичной и приемлемой с экономической точки зрения. Вместе с тем требуется законодательное закрепление методик экологического аудита для возможности предотвращения ухода виновных лиц от уголовной и административной ответственности в сфере экологического законодательства, а также формирования необходимой судебной практики по привлечению к экологической ответственности юридических лиц.

Таким образом, экологический аудит находит широкое развитие в части формирования и анализа информации об экологическом и технико-экономическом состоянии производства, для оптимизации эколого-экономических показателей, повышения конкурентоспособности продукции,

минимизации экологических рисков, повышения инвестиционной привлекательности, оптимизации природоохранной деятельности хозяйствующих субъектов, пресечения преступлений в сфере экологии, обеспечения технико-производственной и экологической безопасности и др.

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ определяет экологический аудит как «независимую, комплексную, документированную оценку соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности». Как было отмечено выше, большинство российских исследователей определяют экологический аудит как одно из направлений финансового аудита, имеющих ряд общих свойств. Сравнительный анализ финансового и экологического аудита представлен в таблице 1.

**Таблица 1.** Сравнительный анализ финансового и экологического аудитов

**Table 1.** Comparative analysis of financial and environmental audits

Финансовый аудит Financial audit	Экологический аудит Environmental audit
<b>Применяемые законом нормы (принципы, требования)</b> Applicable law (principles, requirements)	<b>Инициативная деятельность компании</b> Activities initiated by a company
<b>Осуществляется ежегодно</b> Carried out annually	<b>Нет постоянного расписания</b> There is no permanent schedule
<b>Подтверждение в официальном бюллетене</b> Confirmation in an official bulletin	<b>Советы и рекомендации</b> Advice and recommendations
<b>Проводится внешней независимой компанией</b> Undertaken by an external independent company	<b>Является внутренним механизмом управления компаний</b> Internal mechanism of company management
<b>Регулируется в рамках принятых стандартов, правил</b> Regulated within framework of accepted standards and rules	<b>Регулируется отдельными правилами и стандартами, в т.ч. международными</b> Regulated by separate rules and standards, incl. international
<b>Определяемый законодательством минимальный объем работы</b> Minimum amount of auditing work determined by law	<b>Требования к осуществляемой работе устанавливаются отдельно</b> Requirements for work undertaken are set out separately

Следовательно, можно определить базовые принципы действия механизма экологического аудита в нашей стране [11]:

- профилактика ущерба окружающей среде и экологии;
- охрана жизни и здоровья человека;
- обязанность каждого гражданина и экономического субъекта охранять окружающую среду (в соответствии со ст.58 Конституции РФ);
- вовлечение граждан и общественности в механизм охраны окружающей среды и принятия решения;
- обеспечение рационального использования природных и биологических ресурсов.

В настоящее время Правительством РФ ведется активная подготовка проектов федеральных законов в области экологической аудиторской деятельности на период до 2030 г.

С января 2018 года утратили силу федеральные стандарты аудита и введены в действие международные стандарты, унифицирующие деятельность аудиторов во всем мире. Такого рода стандарты также разработаны и в сфере экологического аудита. Однако они не нашли широкого применения в нашей стране. В отечественной практике чаще всего используются директивы и рекомендации Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора). Конечно, данные рекомендации учитывают особенности системы сертификации и стандартизации экологической деятельности, но вместе с тем не раскрывают механизм оценки и страхования экологических рисков. По нашему мнению, российским экологическим аудиторам следует использовать в работе международные стандарты серии ISO 14000.

Серия стандартов ISO 14000 содержит практические инструменты для различных экологически-ответственных компаний и организаций.

ISO 14001:2015 и данная серия стандартов, такие как ISO 14006:2011 содержат информацию о системах окружающей среды для достижения необходимых целей. В других стандартах этой серии акцент сделан на специфических подходах, таких как аудит, коммуникации, маркировка и анализ жизненного цикла, а также на проблемах окружающей среды, таких как климатические изменения. ISO 14001:2015 содержит критерии к системам менеджмента окружающей среды и, опираясь на эти критерии можно пройти сертификацию. Он может быть использован любой организацией независимо от деятельности или сектора. Применение ISO 14001:2015 предоставляет заинтересованным сторонам гарантию в том, что влияние на окружающую среду будет минимальным.

Рассматривать нормативно-правовое регулирование экологического аудита в нашей стране следует с основополагающего источника законодательства – Конституции Российской Федерации. Она содержит статьи, связанные с природопользованием и охраной окружающей среды. К их числу относятся:

- ст. 1, 2 Конституции РФ, которые гарантируют соблюдение и защиту прав и свобод человека, и гражданина;

- ст. 42 Конституции РФ, которая обеспечивает право гражданина на достойный уровень экологической безопасности;

- ст. 58 Конституции РФ, которая устанавливает обязанность сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам.

Так как первоначально сложилась система финансового аудита, в Российской Федерации проведение общего аудита регламентируется Федеральным законом от 30.12.2008 г. №307-ФЗ «Об аудиторской деятельности». Однако нормативный акт не вводит в официальный экономический словарь дефиницию «экологическое аудирование» или «экологический аудит». Сегодня утвержден перечень нормативных правовых актов, которые устанавливают экологический аудит как правовую категорию.

Федеральный закон №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» раскрывает следующую трактовку экологического аудита: «экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности».

Федеральный закон №96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» устанавливает отдельные аспекты контрольной деятельности в части обеспечения безопасности экологических систем, согласно документу, органам государственной власти предоставлена возможность осуществлять контроль над состоянием атмосферы и водных ресурсов, вносить предложения о необходимости осуществления экологического аудита объектов хозяйственной и иной деятельности.

Необходимость проведения экологического аудита определена также в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. №1662-р». В документе определена главенствующая роль государства по формированию единых правил, требований и системных мер осуществления экологического аудита для всех предприятий с различными организационно-правовыми формами собственности. Вместе с тем реализация организационных и управленческих системных мер по обязательному внедрению экологического аудита в РФ пока откладывается в ближайшей перспективе.

Распоряжением Правительства РФ от 05 сентября 2011 г. №1538-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Южного федерального округа до 2020 года» предусмотрено проведение экологического аудита с целью выявления проблемных ситуаций, источников и характера загрязнения окружающей среды, оценки их влияния на качество городской среды.

Распоряжением Правительства РФ от 05 июля 2010 г. №1120-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 года» предусматривается создание эффективного экологического сектора экономики, в том числе формирование рынка экологических услуг, продвижения экологического аудита, экологического лицензирования и сертификации, страхования рисков, технологической безопасности.

С переходом в январе 2018 года на международные стандарты аудиторской деятельности, которые являются обязательными для исполнения, не утратили силу стандарты, имеющие непосредственное отношение к окружающей среде. Следует учесть, что стандарты серии ISO 14000 тщательно прописывают порядок организации управления охраной окружающей среды, причем они могут применяться к любому юридическому лицу и позволяют ему выходить с отечественной продукцией на международный рынок после получения соответствующего положительного заключения эколога.

На данный момент в нашей стране законодательное регулирование данного направления аудита не в полной мере завершено. Главной проблемой в области нормативного регулирования экологического аудита в нашей стране, на наш взгляд, можно считать отсутствие ФЗ «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности». Нормативно-правовое регулирование экологического аудита в Российской Федерации осуществляется на основе Федерального закона от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Однако, данный закон лишь вносит общие принципы проведения экологического аудита и не обязывает компании проводить обязательный экологический аудит с получением соответствующего аудиторского заключения.

В современных условиях хозяйствования аудиторские заключения российских экологов-

аудиторов используются только компаниями по собственной инициативе (отсутствует принцип обязательности), сугубо для минимизации налоговых и финансовых рисков. Все эти факты требуют принятия Федерального закона «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности», проект которого уже разработан.

По нашему мнению, требуется включить в законопроект следующие нормы:

- обязательный аудит может проводиться не только в случаях, установленных Федеральным законом, но и по инициативе государственного органа;
- определить квалификационные требования к экоаудиторам.

Это существенно расширит сферу применения экологического аудита и повысит ответственность и эффективность деятельности экоаудиторов.

В настоящее время значительный интерес представляет информационное обеспечение экологического аудита в Российской Федерации. Проведение экологического аудита невозможно представить без информационных технологий, которые используются на протяжении всей процедуры экологического аудита, начиная со стадии сбора экоинформации, заканчивая анализом и принятием решения.

Методология экологического аудита предполагает формирования значительной базы данных в части информации по биологическим, техническим, экономическим и трудовым ресурсам, обработка которой возможна только при применении автоматизированных информационных систем.

Например, для обработки информации экологического аудита могут применяться географические информационные системы (ГИС), дающие возможность исследовать, анализировать, прогнозировать и сравнивать различные массивы данных, оперативно контролировать параметры процессов, формируя целостную картину ГИС, определять экологически опасные объекты и компоненты экологической системы, на которые осуществляется воздействие, а также его характер, направленность и интенсивность.

Также аудиторы могут на стадии принятия решения использовать автоматизированные экспертно-аналитические системы, позволяющие из множества вариантов выбрать наиболее оптимальный.

В ходе проведения аудиторской проверки требуется сформировать достаточные доказательства для составления обоснованного и объективного аудиторского заключения. При этом следует учитывать, что используемая информация должна обеспечивать аудиторские доказательства в объеме достаточном для выражения мнения аудитора [12].

Функции отдела бухгалтерии и экологической службы для каждого отдельно взятого хозяйствующего субъекта могут быть различны (в рамках природоохранной деятельности). Однако между экономическим и экологическим аспектами их деятельности существует тесная связь.

Система экологического менеджмента и экологический учет на предприятии является источником и базой для разработки нормативов и

лимитов на сбросы загрязняющих веществ, и как следствие служит базой для расчетов платежей в бухгалтерии. Вся первичная документация в сфере экологических отношений формируется экологической службой и бухгалтерией хозяйствующего субъекта. К такой информации следует отнести затраты на очистные сооружения, расходы по сокращению и минимизации выбросов в воду и атмосферу, платежи в бюджет в виде различных сборов за загрязнение окружающей среды, штрафы, пени и неустойки за нарушение требований законодательства в сфере природоохранной деятельности.

Для учета выбросов отходов и вредных веществ компании применяют следующие унифицированные формы: ПОД-1 «Журнал учета стационарных источников загрязнений, и их характеристика», ПОД-2 «Журнал выполнения мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу», ПОД-3 «Журнал учета работы пылегазоочистного оборудования». На основании Приказа Росстата от 11.06.2014 г. №430 «О признании недействующим на территории Российской Федерации приказа Центрального статистического управления СССР от 9.06.1981 г. №329 «Об утверждении форм первичной учетной документации по охране воздушного бассейна» отменены формы ведения первичного учета выбросов ПОД-1, ПОД-2, ПОД-3. В настоящее время данные формы носят рекомендательный, а не обязательный характер. В то же время, новые типовые формы не разработаны.

Внутренняя документация и внутренняя отчетность хозяйствующего субъекта по экологическим вопросам также разрабатывается его экологической службой. Системы внутренней отчетности действуют в большинстве крупных и средних предприятий. Еще один внутренний документ, служащий одним из основных источников информационной базы при проведении экологического аудита – экологический паспорт предприятия. Это документ, в полной мере характеризует взаимоотношения предприятия с окружающей средой. Состоит он обычно из трех частей и содержит сведения о видах используемого на предприятии сырья, информацию о схемах выработки основных видов продукции, производимых предприятием, содержит сведения о системах очистки и утилизации отходов производственного процесса и т.д.

Помимо фактических данных, в нем содержится информация о планируемых мероприятиях экологического характера, например, план о снижении объема выбросов в окружающую среду, анализ результатов проводимых природоохранных мероприятий и т.д. Существует ряд показателей, который обязателен к раскрытию в экологическом паспорте независимо от типа предприятия и видов производимой продукции.

По нашему мнению, экологический паспорт предприятия должен быть основополагающим отчетным документом в работе экологического аудитора, поскольку в нем отражаются все сведения, необходимые для оценки деятельности предприятия с экологической точки зрения, а также предоставляет аудитору возможность в наиболее короткие сроки

изучить исчерпывающее количество экологической информации об аудируемом лице.

Для проведения экологического аудита и выражения мнения аудитора информационную базу предприятия можно считать вполне достаточной. Для получения наиболее полных сведений, по нашему мнению, необходимо объединить части информационной системы предприятия, собрать

данные по обособленным отделам – бухгалтерии, экологической службы и т.д. и таким образом своевременно получить наиболее полную информацию, характеризующую предприятие в экологическом аспекте. Информационная база экологического аудита в разрезе каждого источника информации, представлена в таблице 2.

**Таблица 2.** Источники информации экологического аудита деятельности предприятия

**Table 2.** Sources of information on the environmental audit of the enterprise

Наименование Designation	Вид Type	Содержание (описание) Contents (description)
<b>1. Нормативно-законодательная документация:</b> 1. Normative and legislative documentation:	<b>1.1. Внешняя</b> 1.1. External	Необходимый состав локальных нормативно-правовых актов, регулирующих деятельность экологического аудитора Necessary composition of local regulatory acts governing the activities of the environmental auditor
	<b>1.2. Внутренняя</b> 1.2. Internal	Экологическая политика, учетная политика предприятия, внутренние стандарты «Управление охраной окружающей среды» Environmental policy, enterprise accounting policies, internal standards of environmental management
<b>2. Отчетность:</b> 2. Reporting:	<b>2.1. Внешняя статистическая экологическая</b> 2.1. External statistical environmental	Ф №2-ТП (ВОЗДУХ), Ф-№4-ОС Экологический паспорт природопользователя f No. 2-TP (AIR), F-No. 4-OS Environmental passport of nature resource user
	<b>2.2. Внутренняя экологическая</b> 2.2. Internal environmental	Баланс водопотребления и водоотведения за год Состав, содержание и вес отходов производства и потребления за год Годовой отчет о выполнении природоохранных мероприятий Нормативные и сверхнормативные расчеты платы за загрязнения экологической системы Balance of water consumption and sanitation per year Composition, content and weight of production and consumption waste per year Annual report on implementation of environmental measures Regulatory and excess normative calculations of charges for environmental pollution
<b>3. Документооборот экологического учета:</b> 3. Document circulation of environmental accounting:	<b>3.1. Регистры синтетического и аналитического учета</b> 3.1. Registers of synthetic and analytical accounting	Анализ, карточки счетов учета затрат, ведомости аналитического учета по счетам учета затрат, капитальных вложений, оборотные ведомости, ведомости расчетов с бюджетом, ведомость инвентаризации отходов, главная книга Analysis, record cards of expenditure accounting, statements of analytical accounting of accounts of accounting of expenses, capital investments, turnover statements, statements of calculations with budget, statement of waste inventory, general ledger
	<b>3.2. Расчеты налоговых сборов в экологической сфере</b> 3.2. Environmental tax calculations	Расчет сборов за загрязнение окружающей среды, экологические сборы Calculation of charges for environmental pollution, environmental fees
	<b>3.3. Первичная документация</b> 3.3. Primary documents	Накладная, счет, инвентаризационные карточки учета объектов основных средств, акт приемки-передачи основных средств (НМА), расчет износа основных средств, лимитно-заборные карты, талон учета вывозимых отходов Invoice, account, inventory cards of fixed assets, acceptance certificate of fixed assets (NMA), calculation of fixed assets depreciation, limit-fence cards, coupon of accounting for exported waste
<b>4. Техническая документация</b> 4. Technical documentation		Технические паспорта оборудования, основных средств, проекты планов строительства и ликвидации объектов хозяйственной деятельности Technical passports of equipment, fixed assets, draft plans for construction and liquidation of economic objects
<b>5. Внеучетная (прочая) документация</b> 5. Non-accounting (other) documentation		Заключение экологической экспертизы, лицензия на осуществление деятельности в области охраны окружающей среды, разрешение на сброс загрязняющих веществ, лист регистрации изменений Conclusion of environmental impact assessment, license to carry out activities in the field of environmental protection, permission to discharge pollutants, change registration sheet



В хозяйственной деятельности формы и виды экологической документации, чаще всего различаются, а объем информационной базы напрямую зависит от масштабов деятельности предприятия. В то же время, работать с информационной базой небольших предприятий экологическому аудиторю значительно сложнее, так как обычно такие предприятия ограничиваются лишь необходимым объемом экологической документации, но его чаще всего недостаточно. Вследствие недостатка информации качество проводимого аудита снижается и это сказывается на качестве выводов и заключений аудитора. Для получения достаточного количества информации эоаудитору приходится расширять ее за счет других источников. Все это приводит к нерациональным затратам, повышает стоимость услуг эоаудитора и увеличивает сроки проверки.

Информация, используемая в ходе эоаудиторской проверки, в зависимости от целевого назначения может быть условно разделена на 3 группы:

- первую группу составляет информация о ранее проводимом экологическом аудите (в случае если он проводился) или о других проверках касающихся экологических вопросов;
- вторая группа включает в себя информацию о самом объекте аудита (все внутренние документы, характеризующие деятельность предприятия с экологической точки зрения);
- третья группа содержит информацию об объектах окружающей среды, на которые возможно влияние аудируемого лица.

Помимо всех вышеперечисленных документов, служащих в качестве информационной базы экологического аудитора для проведения проверки, есть ряд других документов, которые также могут выступать в качестве достоверных источников информации. К их числу относят: уставные документы аудируемого лица, техпаспорт, разрешения на природопользование, документы, удостоверяющие право владения земельным участком, где расположены производственные сооружения, лицензии на использование природных ресурсов, паспорта на размещение отходов, сертификаты соответствия выпускаемой продукции нормам экологического законодательства, данные по ранее проведенному экологическому аудиту и т.д.

Экологический аудитор, исходя из функциональных обязанностей, стоящих перед ним, а также учитывая специфические особенности аудируемого лица, самостоятельно выбирает те или иные источники информации, для выполнения экологического аудита. Для проведения сравнительного анализа, регистрации отклонений, выявленных недостатков в системе экологического менеджмента предприятия, а также изучения данных о состоянии окружающей среды аудитор пользуется документацией, предусмотренной законодательством РФ.

## Выводы

По результатам проведенного исследования сформулированы следующие выводы:

- экологический аудит следует рассматривать как систему инструментов оценки перспектив повышения экологической и экономической эффективности деятельности хозяйствующих субъектов;

- во избежание излишней нагрузки и давления на хозяйствующие субъекты необходимо установить четкое разграничение между обязательным экологическим аудитом и государственным экологическим контролем;

- требуется законодательное закрепление прогрессивных методик экологического аудита для возможности предотвращения ухода виновных лиц от уголовной и административной ответственности в сфере экологического законодательства, а также формирования необходимой судебной практики по привлечению к экологической ответственности юридических лиц;

- необходимо повысить правовое значение эоаудиторского заключения. Оно должно рассматриваться как официальный юридический документ, предназначенный для всех субъектов эоаудиторских правоотношений;

- на протяжении всей процедуры экологического аудита (начиная со сбора информации, заканчивая анализом и принятием решения) эоаудиторам рекомендуется для обработки эоинформации по природным, техническим, экономическим, социальным данным использовать базы данных, автоматизированные географические информационные системы, а также экспертно-аналитические системы, позволяющие из множества вариантов выбрать наиболее оптимальный;

- выявлены проблемы реализации организационно-правового механизма экологического аудита в нашей стране, связанные с серьезными недоработками отечественного законодательства в области эоаудирования и отсутствием понимания у отечественных предприятий важности добровольного применения экологического аудита;

- с целью расширения сферы применения экологического аудита и повышения ответственности и эффективности деятельности эоаудиторов, предложено дополнить законопроект «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности» положениями, в соответствии с которыми обязательный аудит может проводиться не только в случаях, установленных Федеральным законом, но и по инициативе контрольных органов, а также определить квалификационные требования к эоаудиторам;

- необходимо своевременно проводить экологический аудит, выделять на это денежные средства, а не пытаться «урезать» данную статью расходов в целях мнимой экономии.

Предложенные в данной статье рекомендации по совершенствованию организационно-правового механизма экологического аудита в Российской Федерации имеют практическую и социальную значимость в долгосрочной перспективе и направлены на решение государственной задачи в области обеспечения экологической безопасности страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кукин П.П., Колесников Е.Ю., Колесникова Т.М. Экологическая экспертиза и экологический аудит. Москва: Издательство Юрайт, 2017, 453 с.
2. Чхутиашвили Л.В. Экологический аудит в системе экологического контроля Российской Федерации // Вестник СамГУПС. 2015. N 3(29). С. 95-100.
3. Гаджиев Н.Г., Коноваленко С.А., Трофимов М.Н., Корнилов 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. N 4. С. 17-24. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-17-24
4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об охране окружающей среды». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/#dst473](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/#dst473) (дата обращения: 14.06.2019)
5. Серов Г.П. Экологический аудит и экоаудиторская деятельность. Москва: Дело, 2008, 406 с.
6. Проект Федерального закона Российской Федерации «Об экологическом аудите и экологической аудиторской деятельности» // Экологический консалтинг. 2015. N 2(58). С. 46-64.
7. Чхутиашвили Л.В. Экологический аудит: проблемы и пути их решения // Аудитор. 2016. Т. 2. N 1. С. 22-28. DOI: 10.12737/17577
8. ГОСТ Р ИСО 14012:1996. Руководство по экологическому аудиту. Квалификационные критерии для экологов-аудиторов. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 5 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005255> (дата обращения: 17.06.2019).
9. Герасимова Д.В. Экологический аудит: современное правовое регулирование, проблемы реализации // Молодой ученый. 2017. N 8(142). С. 230-232. URL: <https://moluch.ru/archive/142/39967/> (дата обращения: 14.06.2019).
10. Гаджиев Н.Г., Ивлиева Н.А. и др. Бухгалтерский учет. Москва: Инфра-М, 2020, 581 с. DOI: 10.12737/1032771.
11. Чхутиашвили Л.В. Перспективы развития и нормативно-правовое регулирование экологического аудита в РФ // Теоретическая и прикладная экономика. 2012. N 1. С. 131-153. DOI: 10.7256/2306-4595.2012.1.530
12. Гаджиев Н.Г., Толчинская М.Н. Контроль качества аудита: институциональный подход // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 3. Общественные науки. 2016. Т. 31. N 3. С. 23-29. DOI: 10.21779/2500-1930-2016-31-3-24-29
2. Chhutiashvili L.V. Environmental audit in the environmental control system of the Russian Federation. Vestnik SamGUPS [Vestnik SamGUPS]. 2015, no. 1, pp. 95-100. (In Russian)
3. 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
4. Federal'nyi zakon ot 10.01.2002 N 7-FZ (red. ot 27.12.2019) «Ob okhrane okruzhayushchei sredy» [Federal Law dated 10.01.2002 N 7-FL (as amended on 12.27.2019) "On Environmental Protection"]. (In Russian). Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/#dst473](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/#dst473) (accessed 14.06.2019)
5. Serov G.P. *Ekologicheskii audit i ekoauditorskaya deyatel'nost'* [Environmental audit and environmental audit activities]. Moscow, Delo Publ., 2008, 406 p. (In Russian)
6. Draft Federal law of the Russian Federation «On environmental audit and environmental audit activities». *Ekologicheskii konsanting* [Environmental consulting]. 2015, no. 2(58), pp. 46-64. (In Russian)
7. Chkhutiashvili L.V. Environmental audit: problems and solutions. *Auditor*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 22-28. (In Russian) DOI: 10.12737/17577
8. *GOST R ISO 14012:1996. Rukovodstvo po ekologicheskomu auditu. Kvalifikatsionnye kriterii dlya ekologov-auditorov* [GOST R ISO 14012:1996. Guidelines for environmental auditing. Qualification criteria for environmental auditors]. Moscow, IPK publishing house of standards, 1998, 5 p. (In Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200005255> (accessed 17.06.2019)
9. Gerasimova D.V. [Environmental audit: modern legal regulation, implementation problems]. *Molodoi uchenyi*, 2017, no. 8 (142), pp. 230-232. (In Russian). Available at: <https://moluch.ru/archive/142/39967/> (accessed 14.06.2019)
10. Gadzhiev N.G., Ivlicheva N.A. et al. *Bukhgalterskii uchët* [Accounting]. Moscow, Infra-M Publ., 2020, 581 p. (In Russian)
11. Chkhutiashvili L.V. Prospects of Development and Legal Regulation of Environment Audit in the Russian Federation. *Theoretical and Applied Economics*, 2012, no. 1, pp. 131-153. (In Russian) DOI: 10.7256/2306-4595.2012.1.530
12. Gadzhiev N.G., Tolchinskiy M.N. Quality control audit: institutional approach. *Herald of Dagestan State University. Series 3. Social Sciences*, 2016, vol. 31, no. 3, pp. 23-29. (In Russian) DOI: 10.21779/2500-1930-2016-31-3-24-29

## REFERENCES

1. Kukin P.P., Kolesnikov E.Yu., Kolesnikova T.M. *Ekologicheskaya ekspertiza i ekologicheskii audit* [Environmental expertise and environmental audit]. Moscow, Yurayt Publ., 2017. 453 p. (In Russian)



**КРИТЕРИИ АВТОРСТВА**

Назирхан Г. Гаджиев собрал и обобщил теоретический и фактический материал по проведению экологического аудита в РФ, написал рукопись. Хамида Г. Ахмедова собрала и обобщила информацию об использовании информационных технологий при проведении экологического аудита. Сергей А. Коноваленко собрал и обобщил зарубежный опыт по организации экологического аудита, рассмотрел отдельные аспекты применения инструментария экологического аудита в деятельности правоохранительных органов. Марат Н. Гаджиев изучил и обобщил теоретические аспекты финансового и экологического аудитов. 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**

Nazirkhan G. Gadzhiev gathered theoretical and factual material on environmental auditing in the Russian Federation and wrote the manuscript. Khamida G. Akhmedova collected and summarised information on the use of information technologies in environmental auditing. Sergey A. Konovalenko collected and generalized foreign experiments in the organization of ecological auditing, considered separate aspects of use of tools of ecological auditing in the activity of law enforcement agencies. Marat N. Gadzhiev studied and outlined the theoretical aspects of financial and environmental audits. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

**NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION**


The authors declare no conflict of interest.

**ORCID**

Назирхан Г. Гаджиев / Nazirkhan G. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-6321-3543>  
Хамида Г. Ахмедова / Khamida G. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0003-2442-9955>  
Сергей А. Коноваленко / Sergey A. Konovalenko <https://orcid.org/0000-0001-9696-942X>  
Марат Н. Гаджиев / Marat N. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0002-2418-919X>

Обзорная статья / Review article  
УДК 578.4[599.4]  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-17-34

## Биоразнообразие и эпидемический потенциал коронавирусов (*Nidovirales: Coronaviridae*) рукокрылых

Александр М. Шестопалов<sup>1,2</sup> , Юлия В. Кононова<sup>1</sup>, Алимуррад А. Гаджиев<sup>2</sup>,  
Марина А. Гуляева<sup>3</sup>, Маранди Мехди Васфи<sup>4</sup>, Александр Ю. Алексеев<sup>1,3</sup>,  
Джалалутдин М. Джамалутдинов<sup>2</sup>, Михаил Ю. Щелканов<sup>5,6,7</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup>Тегеранский университет, Тегеран, Иран

<sup>5</sup>Федеральный научный Центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия

<sup>6</sup>Национальный научный Центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток, Россия

<sup>7</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

### Контактное лицо

Александр М. Шестопалов, доктор биологических наук, профессор, 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; 630060 Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2. Тел. +79059326476  
Email [shestopalov2@mail.ru](mailto:shestopalov2@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9734-0620>

### Формат цитирования

Шестопалов А.М., Кононова Ю.В., Гаджиев А.А., Гуляева М.А., Маранди Мехди Васфи, Алексеев А.Ю., Джамалутдинов Д.М., Щелканов М.Ю. Биоразнообразие и эпидемический потенциал коронавирусов (*Nidovirales: Coronaviridae*) рукокрылых // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 17-34. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-17-34

Получена 09 июня 2020 г.

Прошла рецензирование 10 июля 2020 г.

Принята 13 июля 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Целью настоящего обзора является комплексный анализ современных литературных данных о коронавирусах, идентифицированных у рукокрылых.


**Обсуждение.** Коронавирусы (*Coronaviridae*) – самое обширное семейство вирусов порядка *Nidovirales*. Коронавирусы имеют широкий круг хозяев, включающий млекопитающих (*Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Deltacoronavirus*, *Gammacoronavirus*) и птиц (*Deltacoronavirus*, *Gammacoronavirus*), земноводных (*Alphaletovirus*), и являются возбудителями респираторных, кишечных, кардиоваскулярных и неврологических заболеваний. Вплоть до начала нынешнего века, среди патогенных для человека коронавирусов были известны лишь этиологические агенты легких и среднетяжелых респираторных заболеваний. В XXI веке были открыты новые высокопатогенные коронавирусы, ставшие причиной вспышек тяжелых пневмоний с высокой летальностью: коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus, SARS-CoV; 2002-2003 гг., южные провинции Китая), коронавирус Ближневосточного респираторного синдрома (Middle East respiratory syndrome-related coronavirus, MERS-CoV; 2012 г., западная часть Саудовской Аравии) и коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2-го типа (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2, SARS-CoV-2; 2019-... гг., восточная часть центрального Китая). Природными резервуарами SARS-CoV, SARS-CoV-2 и MERS-CoV являются рукокрылые (*Chiroptera*). Коронавирусы, циркулирующие в популяциях рукокрылых, не только филогенетически близки к известным на сегодняшний день особо опасным вирусам человека, но, возможно, обладают эпидемическим потенциалом, способным реализоваться в будущем.

**Заключение.** В настоящем обзоре представлены современные данные по коронавирусам рукокрылых: таксономический статус, спектр потенциальных хозяев, распространение. Особенности экологии коронавирусов рукокрылых рассматриваются в контексте их эпидемиологической значимости. Обсуждается происхождение патогенных для человека коронавирусов.

### Ключевые слова

Коронавирусы, рукокрылые, коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2 типа (SARS-CoV-2), коронавирусная инфекция 2019 (COVID-19), коронавирус ближневосточного респираторного синдрома (MERS-CoV).

# Biodiversity and epidemic potential of Chiropteran coronaviruses (*Nidovirales: Coronaviridae*)

Alexander M. Shestopalov<sup>1,2</sup> , Yulia V. Kononova<sup>1</sup>, Alimurad A. Gadzhiev<sup>2</sup>,  
Marina A. Gulyaeva<sup>3</sup>, Marandi Mehdi Vafsi<sup>4</sup>, Alexander Yu. Alekseev<sup>1,3</sup>,  
Jalalutdin M. Jamalutdinov<sup>2</sup> and Mikhail Yu. Shchelkanov<sup>5,6,7</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center of Fundamental and Translational Medicine, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

<sup>3</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Tehran University, Tehran, Iran

<sup>5</sup>Federal Scientific Center of the Eastern Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

<sup>6</sup>National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

<sup>7</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

## Principal contact

Alexander M. Shestopalov, Doctor of Sciences in Biology, Professor, Head of the Department of Experimental Modeling and Pathogenesis of Infectious Diseases, Head of the Eurasian Center for Zoonotic Infections of the Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2 Timakova St., Novosibirsk, 630060 Russia.

Tel. +79059326476

Email [shestopalov2@mail.ru](mailto:shestopalov2@mail.ru)

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-9734-0620>

## How to cite this article

Shestopalov A.M., Kononova Yu.V., Gadzhiev A.A., Gulyaeva M.A., Marandi Mehdi Vafsi, Alekseev A.Yu., Jamalutdinov J.M., Shchelkanov M.Yu. Biodiversity and epidemic potential of Chiropteran coronaviruses (*Nidovirales: Coronaviridae*). *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 17-34. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-17-34

Received 09 June 2020

Revised 10 July 2020

Accepted 13 July 2020

## Abstract

**Aim.** The aim of this review is a comprehensive analysis of current literature data on coronaviruses identified in bats.

**Discussion.** Coronaviruses (*Coronaviridae*) constitute the most extensive family of viruses of the order *Nidovirales*. Coronaviruses have a wide range of hosts, including mammals (*Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Deltacoronavirus*, *Gammacoronavirus*) and birds (*Deltacoronavirus*, *Gammacoronavirus*), amphibians (*Alphaletovirus*) and are pathogens of respiratory, intestinal, cardiovascular. Until the beginning of this century, only etiological agents of mild and moderate respiratory diseases were known among pathogenic coronaviruses for humans. In the 21st century, new highly pathogenic coronaviruses were discovered that caused outbreaks of severe pneumonia with high mortality: the severe acute respiratory syndrome coronavirus (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus, SARS-CoV; 2002-2003, southern provinces of China), the Middle East respiratory coronavirus Syndrome (Middle East respiratory syndrome-related coronavirus, MERS-CoV; 2012, western part of Saudi Arabia) and type 2 acute respiratory syndrome coronavirus (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2, SARS-CoV-2; 2019 -..., the eastern part of central China). The natural reservoirs of SARS-CoV, SARS-CoV-2 and MERS-CoV are bats (*Chiroptera*). Coronaviruses circulating in bat populations are not only phylogenetically close to the currently known especially dangerous human viruses but probably have epidemic potential that can be realized in the future.

**Conclusion.** This review presents current data on coronaviruses of bats: taxonomic status, spectrum of potential hosts, distribution. The ecological features of coronaviruses of bats are considered in the context of their epidemiological significance. The origin of pathogenic human coronaviruses is discussed.

## Key Words

Coronaviruses, bats, severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), coronavirus disease 2019 (COVID-19), Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV).

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, согласно информации Международного комитета по таксономии вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV), семейство Коронавирусов (*Coronaviridae*) относится к подотряду *Cornidovirineae* отряда *Nidovirales*, и включает в себя два подсемейства – *Letovirinae* и *Orthocoronavirinae*. В подсемейство *Letovirinae* входит единственный род Альфалетовирус (*Alphaletovirus*), подсемейство *Orthocoronavirinae* представлено четырьмя родами – Альфакоронавирусов (*Alphacoronavirus*), Бетакоронавирусов (*Betacoronavirus*), Гаммакоронавирусов (*Gammacoronavirus*) и Дельтакоронавирусов (*Deltacoronavirus*) [1].

Вирионы коронавирусов имеют псевдосферическую плейоморфную форму диаметром 120-160 нм и снабжены липидной оболочкой, содержащей хорошо видимые на электронно-микроскопических фотографиях булавовидные пепломеры (10-25 нм)<sup>1</sup>, сформированные тримерами спайкового белка S, трансмембранный белок М и небольшое количество пентамеров виropорина Е.

Геном коронавирусов представлен линейной, одноцепочечной (+)смысловой РНК размером 27-32 тыс. нуклеотидных оснований. Помимо структурных белков (спайковый S, оболочки Е, мембранный М и нуклеокапсида N), геномная РНК кодирует два протяженных полипептида (pp1a и pp1ab), которые котрансляционно протеолизуются в 16 белков репликативно-транскрипционного комплекса, и 5-10 регуляторных белков, количество которых варьирует у разных коронавирусов [2; 3]. Регуляторные вирусные белки способны влиять на различные жизненные процессы инфицированной клетки (пролиферацию, апоптоз, синтез провоспалительных цитокинов) и взаимодействовать с иммунной системой организма хозяина, способствуя распространению инфекции [2; 3]. Коронавирусы имеют уникальный механизм репликации, вследствие которого возможно появление рекомбинантных вариантов [2], в том числе с вирусами из других семейств [4] и разных родов коронавирусов [5]. Рекомбинации являются источником генетической вариативности коронавирусов и повышают их экологическую пластичность.

Коронавирусы распространены повсеместно, представители всех четырех родов циркулируют среди млекопитающих, у птиц встречаются только Гамма- и Дельтакоронавирусы [1]. У восприимчивых хозяев коронавирусы вызывают заболевания респираторного тракта, гастроэнтериты, гепатиты и поражения нервной системы.

Рукокрылые являются природным резервуаром и источником генетического разнообразия для Альфа- и Бетакоронавирусов [6-9], включая почти все известные на сегодняшний день коронавирусы человека (табл. 1), в том числе – высокопатогенные для человека коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus) (*Betacoronavirus*, *Sarbecovirus*), коронавирус Ближневосточного респираторного

синдрома (MERS-CoV – Middle East respiratory syndrome-related coronavirus) (*Betacoronavirus*, *Merbecovirus*), и коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2-го типа (*Betacoronavirus*, *Sarbecovirus*) (SARS-CoV-2 – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2) [10-12].

С целью прояснения участия рукокрылых в циркуляции и распространении коронавирусов, патогенных или потенциально патогенных для человека, представляется актуальным проведение комплексного анализа доступных данных по экологии и эволюции коронавирусов, ассоциированных с рукокрылыми, в контексте их эпидемиологической значимости.

## ОБСУЖДЕНИЕ

*Коронавирусы рукокрылых: таксономическое положение, природный резервуар и географическое распространение*

Современное таксономическое положение коронавирусов рукокрылых представлено в табл. 2. У рукокрылых (*Chiroptera*) идентифицирована значительная часть коронавирусов – так, для *Alphacoronavirus* их доля составляет 58% (11 из 19 видов), и они присутствуют в 64% (9/14) подродов этого рода; для *Betacoronavirus* – 64% (9/14) видов вирусов и в 80% (4/5) подродов. Кроме представленных в таблице, в настоящее время в базе GenBank депонированы десятки последовательностей полного генома неклассифицированных коронавирусов рукокрылых [7]. Широкое внедрение методов высокопроизводительного секвенирования позволило идентифицировать у рукокрылых последовательности полных геномов новых коронавирусов, для которых пока не определено таксономическое положение.

### Природный резервуар

Согласно актуальной информации базы The database of bat-associated viruses [16], спектр потенциальных хозяев коронавирусов среди рукокрылых включает представителей 13 семейств – крыланов (*Pteropodidae*), футлярохвостых (*Emballonuridae*), копыносовых (*Megadermatidae*), складчатогубых (*Molossidae*), подбородколистных (*Mormoopidae*), футлярорылых (*Mystacinidae*), щелемордов (*Nycteridae*), листоносовых (*Phyllostomidae*), подковоносовых (*Rhinolophidae*), подковогубых (*Hipposideridae*), мышехвостов (*Rhinopomatidae*), гладконосовых (*Vespertilionidae*) и длиннокрылов (*Miniopteridae*).

Филогенетический анализ 44 последовательностей участка гена РНК-зависимой РНК-полимеразы (RdRp) коронавирусов рукокрылых, проведенный Leopardi с соавторами, показал формирование родоспецифических кластеров [17]. Для большинства родов рукокрылых ассоциированные с ними коронавирусы формировали одиночные филогенетические кластеры. По 2-3 кластера выделялись у коронавирусов плодоядных листоносов *Artibeus*, летучих собак *Rousettus*, подковогубов *Hipposideros*, трилистоносов *Triaenops*, подковоносов *Rhinolophus*, кожанов *Eptesicus* и длиннокрылов *Miniopterus*; формирование более 3 кластеров было характерно для коронавирусов ночниц *Myotis* и нетопырей *Pipistrellus*.

<sup>1</sup> Благодаря этому факту семейство *Coronaviridae* и получило своё название в 1968 г. [2].

**Таблица 1.** Патогенные для человека коронавирусы (*Coronaviridae*, *Orthocoronavirinae*) и генетически близкие им коронавирусы рукокрылых (*Chiroptera*)  
**Table 1.** Pathogenic human coronaviruses (*Coronaviridae*, *Orthocoronavirinae*) and genetically close coronaviruses of bats (*Chiroptera*)

Род Genus	Подрод Subgenus	Коронавирус* Coronavirus	Год открытия Year of discovery	Клинические проявления** Clinical features	Эпидемиологический период Epidemiological period	Летальность Lethality	Генетически близкий коронавирус летучих мышей Genetically close bat coronavirus <sup>###</sup>	Предполагаемый промежуточный хозяин Putative intermediate host
<i>Alphacoronavirus</i>	<i>Duvinacovirus</i>	HCoV-229E	1966	ОРЗ, бронхолит, пневмония ARI, bronchiolitis, pneumonia	Обнаруживается в разные времена года Detected at different times of the year	Незначительна Minor	229E-ПКВПЛН BtHv-229E-CoV	Одногорбые верблюды Dromedary
	<i>Setracovirus</i>	HCoV-NL63	2004	ОРЗ, бронхолит, пневмония ARI, bronchiolitis, pneumonia	Осенне-зимний период Autumn-winter period	Незначительна Minor	NL63-ПКВ-9b NL63r-BtCoV-9b	Неизвестен Unknown
	<i>Embecovirus</i>	HCoV-OC43	1967	ОРЗ ARI	Осенне-зимний период Autumn-winter period	Незначительна Minor	Неизвестен Unknown	Неизвестен Unknown
		HCoV-HKU1	2005	ОРЗ, пневмония ARI, pneumonia	Осенне-зимний период Autumn-winter period	Незначительна Minor	Неизвестен Unknown	Неизвестен Unknown
	<i>Merbecovirus</i>	MERS-CoV	2012	ОРЗ, тяжелая первичная вирусная пневмония ARI, severe primary virus pneumonia	Спорадические случаи и эпидемиологические вспышки Sporadic cases and epidemic outbreaks	34,4% (866 / 2519) в 27 странах <sup>***</sup> 34,4% (866 / 2519) in 27 countries <sup>***</sup>	KBKK-PML-PHE1 BtNC-CoV-PML-PHE1	Одногорбые верблюды Dromedary
<i>Betacoronavirus</i>	<i>Sarbecovirus</i>	SARS-CoV	2002	ОРЗ, тяжелая первичная вирусная пневмония ARI, severe primary virus pneumonia	Эпидемия в Китае (01.11.2002–31.07.2003) Epidemic in China (01.11.2002–31.07.2003)	9,6% (774 / 8096) в 30 странах <sup>***</sup> 9,6% (774 / 8096) in 30 countries <sup>***</sup>	БКВБПН-Rf1 BtRf-BetaCoV-Rf1	Гималайские циветты Palm civet
		SARS-CoV-2	2019	ОРЗ, тяжелая первичная вирусная пневмония ARI, severe primary virus pneumonia	Эпидемия в Китае (08.12.2019–...), пандемия (11.03.2020–...) Epidemic in China (08.12.2019–...), pandemic (11.03.2020–...)	5,4% (4648 / 85345) повсеместно <sup>###</sup> 4,7% (535759 / 11500302) ubiquitously <sup>###</sup>	БКВАПН-RaTG13 BtRa-BetaCoV-RaTG13	Яванские панголины Malayan pangolins

Примечание: \* Жирным шрифтом на сером фоне выделены вирусы, имеющие самостоятельный видовой статус; HCoV-229E – Human coronavirus 229E (коронавирус человека 229E); HCoV-NL63 – Human coronavirus NL63 (коронавирус человека NL63); HCoV-OC43 (BetaCoV-1) – Human coronavirus OC43 (Betacoronavirus 1) (коронавирус человека OC43, в настоящее время не имеющий самостоятельного видowego статуса и входящий в бетакоронавирус 1-го типа);

HCoV-HKU1 – Human coronavirus HKU1 (коронавирус человека HKU1); MERS-CoV – Middle East respiratory syndrome-related coronavirus (коронавирус Ближневосточного респираторного синдрома); SARS-CoV-2 – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2 (коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома 2-го типа).

\*\* ОРЗ – острое респираторное заболевание.

\*\*\* Согласно данным Всемирной организации здравоохранения на январь 2020 г., URL: <http://www.emro.who.int/health-topics/mers-cov/mers-outbreaks.html> [13].

# Согласно данным Всемирной организации здравоохранения на 31.12.2003. URL: [https://www.who.int/csr/sars/country/table2004\\_04\\_21/en/](https://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/) [14].

## Согласно данным Всемирной организации здравоохранения на 7.07.2020. URL: [https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6b69c88\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6b69c88_2) [15].

### Жирным шрифтом на сером фоне выделены вирусы, имеющие самостоятельный видовой статус; 229E-ПКВПЛН – 229E-подобный коронавирус полосатых листоносов; NL63-ПКВ-9b – NL63-подобный коронавирус BtKYNL63-9b;

KBKK-PML-PHE1 – Коронавирус капских кожанов PML-PHE1; БКВБПН-Rf1 – Бетакоронавирус больших подковоносов Rf1; БКВАПН-RaTG13 – Бетакоронавирус азиатских подковоносов RaTG13.

Note: \* Viruses that have an independent species status are highlighted in bold on a gray background; HCoV-229E – Human coronavirus 229E; HCoV-NL63 – Human coronavirus NL63; HCoV-OC43 (BetaCoV-1) – Human coronavirus OC43 (currently it does not have an independent species status and is included into Betacoronavirus 1); HCoV-HKU1 – Human coronavirus HKU1; MERS-CoV – Middle East respiratory syndrome-related coronavirus; SARS-CoV – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus; SARS-CoV-2 – Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2.

\*\* ARI – acute respiratory infection.

\*\*\* According to World Health Organization on January, 2020. URL: <http://www.emro.who.int/health-topics/mers-cov/mers-outbreaks.html> [13].

# According to World Health Organization on 31.12.2003. URL: [https://www.who.int/csr/sars/country/table2004\\_04\\_21/en/](https://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/) [14].

## According to World Health Organization on 7.07.2020. URL: [https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6b69c88\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6b69c88_2) [15].

### Viruses that have an independent species status are highlighted in bold on a gray background; BtHv-229E-CoV – Hippoboscoides vittatus bat 229E-related coronavirus; NL63-related bat coronavirus BtKYNL63-9b (NL63r-BtCoV-9b); BtNC-CoV-PML-PHE1 – Neoromicia capensis coronavirus PML-PHE1; BtRf-BetaCoV-Rf1 – Rhinolophus ferrumequinum betacoronavirus Rf1; BtRa-BetaCoV-RaTG13 – Rhinolophus affinis betacoronavirus RaTG13.



**Таблица 2.** Современное таксономическое положение коронавирусов (*Coronaviridae*, *Orthocoronavirinae*), обнаруженных в рукокрылых (*Chiroptera*)\*  
**Table 2.** Current taxonomy of coronaviruses (*Coronaviridae*, *Orthocoronavirinae*) found in chiropterans (*Chiroptera*)\*

Род Genus	Подрод Subgenus	Вирус Virus	Выделение вируса Isolation of virus		GenBank ID GenBank ID
			хозяин host	место (год) place (year)	
<i>Alphacoronavirus</i>	<i>Colacovirus</i>	Коронавирус летучих мышей СDRHE15 (КВЛМ-СДРHE15) Bat coronavirus CDRHE15 (BtCoV-CDRHE15)	Малая бурая ночница ( <i>Myotis lucifugus</i> ) Little brown bat ( <i>Myotis lucifugus</i> )	США, штат Колорадо, округ Боулдер (2006) USA, Colorado state, Boulder county (2006)	NC_022103
		Альфа-коронавирус больших подковоносов HuB2013 (АКБП-HuB2013) Rhinalophus ferrumequinum alphacoronavirus HuB2013 (BtRF-AlphaCoV-HuB2013)	Большой подковонос ( <i>Rhinalophus ferrumequinum</i> ) Greater horseshoe bat ( <i>Rhinalophus ferrumequinum</i> )	Китай, провинция Хубэй (2013) China, Hubei province (2013)	NC_028814
		Коронавирус ночниц GS2013 (КВН-GS2013) Myotis coronavirus GS2013 (BtM-CoV-GS2013)	Ночница ( <i>Myotis</i> spp.) Mouse-eared bat ( <i>Myotis</i> spp.)	Китай, провинция Ганьсу (2013) China, Gansu province (2013)	KJ473810
		Коронавирус летучих мышей НКU10 (КВЛМ-НКU10) Bat coronavirus NKU10 (BtCoV-NKU10)	Пещерный крылан ( <i>Rousettus leschenaulti</i> ) Leschenault's rousette ( <i>Rousettus leschenaulti</i> )	Китай, провинция Гуандун (2005) China, Guangdong province (2005)	NC_018871
	<i>Desacovirus</i>		Большеухий листонос ( <i>Hipposideros pomona</i> ) Andersen's leaf-nosed bat ( <i>Hipposideros pomona</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2010) China, Hong Kong special administrative region (2010)	JO989273
		Коронавирус китайских подковоносов НКU32 (КВКПН-НКU32) Rhinalophus sinicus bat coronavirus NKU32 (BtRs-CoV-NKU32)	Китайский подковонос ( <i>Rhinalophus sinicus</i> ) Chinese rufous horseshoe bat ( <i>Rhinalophus sinicus</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2010) China, Hong Kong special administrative region (2010)	MK720946
		НКU10-подобный коронавирус большеухих листоносов (НКU10-ПКББЛН) Hipposideros pomona bat NKU10-related coronavirus (BtNr-NKU10r-CoV-)	Большеухий листонос ( <i>Hipposideros pomona</i> ) Andersen's leaf-nosed bat ( <i>Hipposideros pomona</i> )	Восточная часть центрального Китая (2018) Eastern part of Central China (2018)	MN611523
		Коронавирус обыкновенных листоносов CHB25 (КВОЛН-CHB25) Hipposideros larvatus bat coronavirus CHB25 (BtH-CoV-CHB25)	Обыкновенный листонос ( <i>Hipposideros larvatus</i> ) Intermediate roundleaf bat ( <i>Hipposideros larvatus</i> )	Восточная часть центрального Китая (2018) Eastern part of Central China (2018)	MN611525
		НКCoV-229E	Полосатый листонос ( <i>Hipposideros vittatus</i> ) Striped leaf-nosed bat ( <i>Hipposideros vittatus</i> )	Юго-западная часть Кении (2010) South-Western part of Kenya (2010)	KY073748
		<i>Duvinacovirus</i>	Египетская летучая собака ( <i>Rousettus aegyptiacus</i> ) Egyptian rousette ( <i>Rousettus aegyptiacus</i> )	Южная часть Кении (2018) Southern part of Kenya (2018)	MN611517
		Коронавирус длиннокрылов 1-го типа (КВДК-1) Miniopterus bat coronavirus 1 (BtMCoV-1)	Большой длиннокрыл ( <i>Miniopterus major</i> ) Western bent-winged bat ( <i>Miniopterus major</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2008) China, Hong Kong special administrative region (2008)	EU420138
		<i>Mininacovirus</i>	Обыкновенный длиннокрыл ( <i>Miniopterus schreibersii</i> ) Common bent-wing bat ( <i>Miniopterus schreibersii</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2018) China, Hong Kong special administrative region (2018)	MN611524
		Коронавирус длиннокрылов НКU8 (BtCoV-NKU8) Miniopterus bat coronavirus NKU8 (BtMCoV-1r-CoV)	Никобарский длиннокрыл ( <i>Miniopterus pusillus</i> ) Small bent-winged bat ( <i>Miniopterus pusillus</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2008) China, Hong Kong special administrative region (2008)	NC_010438





<i>Hibecovirus</i>	Бетакоронавирус листоносов Пратта Zhejiang2013 (БКВЛП-Zh13) Bat Hp-betacoronavirus Zhejiang2013 (BtHp-BetaCoV-Zh13)	Листонос Пратта ( <i>Hipposideros pratti</i> ) Pratt's leaf-nosed bat ( <i>Hipposideros pratti</i> )	Китай, провинция Чжэцзян (2013) China, Zhejiang province	NC_025217
	МЕРС-КоВ Коронавирус капских кожанов PML-PHE1 (KBKK-PML-PHE1) Neoromicia capensis coronavirus PML-PHE1 (BtNc-CoV-PML-PHE1) Бетакоронавирус восточных кожанов (BKBBK-SC2013) Vespertilio superans betacoronavirus SC2013 (BtVs-BetaCoV-SC2013)	Капский кожан ( <i>Neoromicia capensis</i> ) Cape serotine ( <i>Neoromicia capensis</i> )  Восточный кожан ( <i>Vespertilio superans</i> ) Asian particolored bat кожан ( <i>Vespertilio superans</i> )	Северо-восточная часть Южно-Африканской Республики (2011) North-Eastern part of the Republic of South Africa (2011)  Китай, провинция Сычуань (2013) China, Sichuan province (2013)	KC869678  KJ473821
	Коронавирус носоланых кожанов HKU4 (KBKK-HKU4) Tytonycteris pachypus bat coronavirus HKU4 (BtTp-HKU4)	Плоскоголовый кожан ( <i>Tytonycteris pachypus</i> ) Lesser flat-headed bat ( <i>Tytonycteris pachypus</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2005) China, Hong Kong special administrative region (2005)	EF065505
	HKU4-подобный коронавирус плоскоголовых кожанов (HKU4-ПКВПК) Tytonycteris pachypus bat HKU4-related coronavirus (BtTp-HKU4-rCoV)	Плоскоголовый кожан ( <i>Tytonycteris pachypus</i> ) Lesser flat-headed bat ( <i>Tytonycteris pachypus</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2018) China, Hong Kong special administrative region (2018)	MN611519
<i>Merbecovirus</i>	Коронавирус нетопырей HKU5 (KBHP-HKU5) Pipistrellus abramus bat coronavirus HKU5 (BtPa-HKU5)	Восточный нетопырь ( <i>Pipistrellus abramus</i> ) Japanese house bat ( <i>Pipistrellus abramus</i> )	Китай, специальный административный район Гонконг (2005) China, Hong Kong special administrative region (2005)	EF065509
	Коронавирус серых нетопырей HKU25 (KBCH-HKU25) Hypsugo pulveratus bat coronavirus HKU25 (BtHp-CoV-HKU25) HKU5-подобный коронавирус восточных нетопырей (HKU5-ПКВВН) Pipistrellus abramus bat HKU5-related coronavirus (BtPa-HKU5-rCoV)	Серый нетопырь ( <i>Hypsugo pulveratus</i> ) Chinese pipistrelle ( <i>Hypsugo pulveratus</i> )  Восточный нетопырь ( <i>Pipistrellus abramus</i> ) Japanese house bat ( <i>Pipistrellus abramus</i> )	Китай, провинция Гуйчжоу (2014) China, Guizhou province (2014)  Китай, специальный административный район Гонконг (2018) China, Hong Kong special administrative region (2018)	KX442565  MN611520;
	Коронавирус ночных крыланов GCCDC1 (KBHK-GCCDC1) Rousettus bat coronavirus GCCDC1 (BtCoV-GCCDC1) Коронавирус ночных крыланов HKU9 (KBHK-HKU9) Rousettus bat coronavirus HKU9 (BtCoV-HKU9) Коронавирус пальмовых крыланов C704 (KBPK-C704) Eidolon bat coronavirus C704 (EI-BatCoV C704)	Пещерный крылан ( <i>Rousettus leschenaulti</i> ) Leschenault's rousette ( <i>Rousettus leschenaulti</i> ) Пальмовый крылан ( <i>Eidolon helvum</i> ) Straw-coloured fruit bat ( <i>Eidolon helvum</i> )	Китай, провинция Юньнань (2015) China, Yunnan province (2015) Китай, провинция Гуандун (2005) China, Guangdong province (2005) Камерун (2013) Cameroon (2013)	NC_030886 EF065513 MG693168
	Бетакоронавирус азиатских подковоносов (БКВАПН-GX2018) Rhinolophus affinis betacoronavirus GX2018 (BtRa-BetaCoV-GX2018)	Азиатский подковонос ( <i>Rhinolophus affinis</i> ) Intermediate horseshoe bat ( <i>Rhinolophus affinis</i> )	Китай, провинция Гуанси (2018) China, Guangxi province (2018)	MK211379
<i>Sarbecovirus</i>	Коронавирус китайских подковоносов (KBKP) Rhinolophus sinicus coronavirus (BtRsCoV)	Китайский подковонос ( <i>Rhinolophus sinicus</i> ) Chinese rufous horseshoe bat ( <i>Rhinolophus sinicus</i> )	Китай, провинция Чжэцзян (2015) China, Zhejiang province (2015)	MG772934
	Бетакоронавирус китайских подковоносов Rp3 (BKBPН-Rp3) Rhinolophus sinicus betacoronavirus Rp3 (BtRs-BetaCoV-Rp3)	Китайский подковонос ( <i>Rhinolophus sinicus</i> ) Chinese rufous horseshoe bat ( <i>Rhinolophus sinicus</i> )	Китай, провинция Чжэцзян (2017) China, Zhejiang province (2017)	MG772933
		Китайский подковонос ( <i>Rhinolophus sinicus</i> ) Chinese rufous horseshoe bat ( <i>Rhinolophus sinicus</i> )	Китай, провинция Юньнань (2004) China, Yunnan province (2004)	DQ071615

Betacoronavirus

SAR-CoV

SARS-CoV-2	Бетакоронавирус больших подковоносов Rf1 (БКВБПН-Rf1)	Большой подковонос ( <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> )	Китай, провинция Гуандун (2005) China, Guangdong province (2005)	DQ412042
	Rhinolophus ferrumequinum betacoronavirus Rf1 (BtRf-BetaCoV-Rf1)	Greater horseshoe bat ( <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> )		
	Бетакоронавирус подковоносов BtKY72 (БКВПН-BtKY72)	Подковонос ( <i>Rhinolophus</i> spp.)	Юго-западная часть Кении (2007) South-Western part of Kenya (2007)	KY352407
	Rhinolophus betacoronavirus BtKY72 (BtR-BetaCoV-BtKY72)	Horseshoe bat ( <i>Rhinolophus</i> spp.)		
	Бетакоронавирус средиземноморских подковоносов BM48-31 (БКВСЗПН-BM48-31)	Средиземноморский подковонос ( <i>Rhinolophus blasii</i> )	Болгария, горный массив Странджа (2008) Bulgaria, Strandja mountains	GU190215
	Rhinolophus blasii betacoronavirus BM48-31 (BtRb-BetaCoV-BM48-31)	Blasius's horseshoe bat ( <i>Rhinolophus blasii</i> )		
	Бетакоронавирус китайских подковоносов WIV1 (БКВКПН-WIV1)	Китайский подковонос ( <i>Rhinolophus sinicus</i> )	Китай, провинция Юньнань (2012) China, Yunnan province (2012)	KF367457
	Rhinolophus sinicus betacoronavirus WIV1 (BtRr-BetaCoV-WIV1)	Chinese rufous horseshoe bat ( <i>Rhinolophus sinicus</i> )		
	Бетакоронавирус азиатских подковоносов RaTG13 (БКВАПН-RaTG13)	Азиатский подковонос ( <i>Rhinolophus affinis</i> )	Китай, провинция Юньнань (2013) China, Yunnan province (2013)	MN996532
	Rhinolophus affinis betacoronavirus RaTG13 (BtRa-BetaCoV-RaTG13)	Intermediate horseshoe bat ( <i>Rhinolophus affinis</i> )		

Примечание: \*Коронавирусы рукокрылых, имеющие самостоятельный видовой статус, выделены жирным шрифтом на сером фоне. Наиболее обсуждаемые в научной литературе коронавирусы с известным полноразмерным геномом, не имеющие видового статуса и включенные в ранге подвидовых штаммов в другие вирусы, окаймлены слева серым фоном, исходящим от соответствующего видового вируса; \*\* – С 2008 г. вид *M. schreibersii* Oriental-Australasian «schreibersii» complex выделен в *M. fuliginosus*. Источник: [www.icsnredlist.org](http://www.icsnredlist.org)

Note: \*Chiropteran coronaviruses that have an independent species status are highlighted in bold on a gray background. Coronaviruses the most discussed in the scientific literature with known full-size genome, which do not have a species status and are included in the rank of subspecies strains into the other viruses, are bordered on the left by a gray background emanating from the corresponding species virus; \*\* – Since 2008, the species *M. schreibersii* Oriental-Australasian «schreibersii» complex has been isolated in *M. fuliginosus*. Source: [www.icsnredlist.org](http://www.icsnredlist.org)

У представителей родов *Hipposideros*, *Rhinolophus*, *Eptesicus* и *Pipistrellus* встречаются как Альфа-, так и Бетакоронавирусы, с рукокрылыми родов *Myotis* и *Miniopterus* ассоциированы только Альфакоронавирусы, а с представителями семейства крыланов *Pteropodidae* – только Бетакоронавирусы. Наибольшее число видов-хозяев внутри родоспецифических кластеров отмечено среди подковоносов *Rhinolophus* (10 видов), длиннокрылов *Miniopterus* (7 видов) и подковогубов *Hipposideros* (4 вида).

В целом, разнообразие коронавирусов и число родоспецифических кластеров имеет положительную связь с видовым разнообразием внутри рода и географическим распространением потенциальных хозяев.

#### Географическое распространение

Встречаемость коронавирусов среди рукокрылых различных семейств отличается по регионам – в Азии коронавирусы были обнаружены преимущественно у представителей *Vespertilionidae*, *Rhinolophidae* и *Nycteridae*, в юго-восточной части азиатского региона – у *Miniopteridae*, *Pteropodidae* и *Hipposideridae*. В Европе коронавирусы встречались у гладконосых и подковоносов, в Африке большая часть коронавирусов была идентифицирована у крыланов, в Южной Америке – у листоносых, а в Северной Америке только у гладконосых [17]. Среди Альфа- и Бетакоронавирусов рукокрылых, представленных в табл. 2, большинство были обнаружены в Китае: 83,7% (36/43). В *Alphacoronavirus* исключение составили 16,0% (4/25) вирусов, в *Betacoronavirus* за пределами Китая обнаружены 16,7% (3/18) коронавирусов.

Изучение роли рукокрылых в циркуляции коронавирусов стало особенно актуальным после того, как в 2005 г. Li с соавторами у китайских подковоносов (*Rhinolophus sinicus*) в Китае (Гонг Конг) была обнаружена РНК коронавируса, близкого к патогенному для человека вирусу тяжелого острого респираторного синдрома SARS-CoV [18]. Позже РНК SARS-подобных коронавирусов была выявлена у представителей семейств *Rhinolophidae*, *Hipposideridae* и *Molossidae* в нескольких провинциях Китая, а также в других странах Азии, Европы и Африки – Южной Кореи, Тайланде, Болгарии, Словении, Италии, Люксембурге, Кении и Нигерии [8; 19]. Большая часть находок РНК SARS-подобных коронавирусов была сделана у подковоносов *Rhinolophidae*, что позволяет рассматривать этих рукокрылых в качестве их природного резервуара. Следовательно, распространение SARS-подобных коронавирусов возможно в пределах ареалов рукокрылых семейства *Rhinolophidae*.

После открытия MERS-CoV в 2012 г. на территории Саудовской Аравии [20] были предприняты многочисленные попытки обнаружить близкородственные коронавирусы у рукокрылых. На момент первых исследований в этом направлении наиболее высокий уровень гомологии с изолятами MERS-CoV от людей демонстрировали коронавирусы HKU4 от плоскоголового кожана (*Tylonycteris pachypus*) и HKU5 от восточного нетопыря (*Pipistrellus abramus*) из

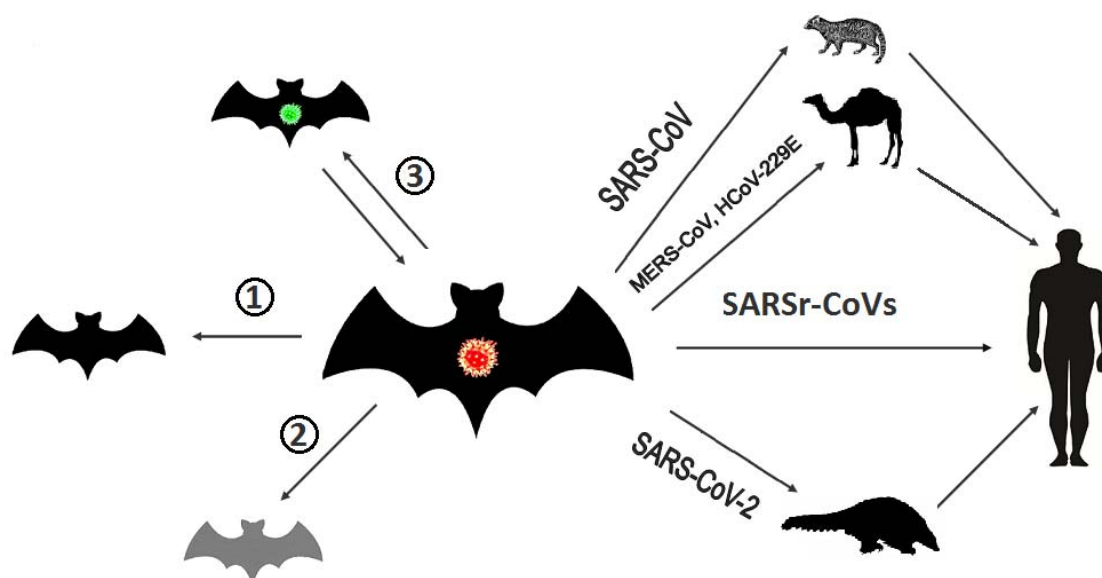
Китая – рукокрылых, ареалы которых ограничены определенными районами Китая и Юго-Восточной Азии [21]. Позже у капского кожана (*Neoromicia capensis*) в ЮАР и восточного кожана (*Vespertilio superans*) в Китае были идентифицированы коронавирусы, которые наряду с изолятами MERS-CoV от людей и верблюдов в настоящее время относят к виду MERS-подобных коронавирусов [7]. В последующие годы РНК MERS-подобных коронавирусов была обнаружена у рукокрылых различных видов семейств *Vespertilionidae* и *Nycteridae* в Азии, Европе, Африке, Северной и Южной Америке [6; 8]. Учитывая широкое распространение и многочисленность видов гладконосых *Vespertilionidae*, можно предположить, что коронавирусы подрода *Merbecovirus* распространены повсеместно.

#### Экология коронавирусов рукокрылых

**Циркуляция коронавирусов в популяциях рукокрылых.** Соответствие критериям природного резервуара предполагает постоянное поддержание циркуляции возбудителя в популяции хозяина без нанесения ущерба его численности с возможностью передачи возбудителя другим восприимчивым видам, что в полной мере характерно для рукокрылых и ассоциированных с ними коронавирусов. Эти животные не болеют в клинически выраженной форме, но выделяют вирус с биологическим жидкостями – слюной, мочой, фекалиями. Остаётся открытым вопрос о возможности передачи коронавирусов среди рукокрылых половым путём и трансплацентарно. Циркуляция коронавирусов в популяциях рукокрылых происходит по типу персистирующей инфекции, вызывающей у вирусносителя умеренное воспаление в легких [22] и потерю веса [23], без появления массового эпизоотического процесса или спорадических случаев заболевания и гибели. Персистенция коронавируса в организме летучих мышей возможна как у животных в активном состоянии, так и в состоянии гибернации [22].

Поддержание циркуляции коронавирусов у рукокрылых возможно при реализации нескольких условий (рис. 1). Инфицированные животные могут передавать вирус здоровым особям, при этом возможна как внутривидовая, так и межвидовая передача в смешанных колониях [22; 23]. При контакте рукокрылых, инфицированных разными коронавирусами, имеют место случаи коинфекции с последующей персистенцией у отдельных особей нескольких коронавирусов [24].

Восприимчивость к инфицированию коронавирусами здоровых особей может зависеть от возраста [25], а также наличия в их организме других инфекционных агентов, например, психрофильного грибка *Pseudogymnoascus destructans*, возбудителя «синдрома белого носа» (White-nose syndrome) [26]. Динамика распространения коронавирусов в популяциях рукокрылых может быть обусловлена изменениями в структуре популяции в период размножения. Так, Drexler с соавторами на примере колонии большой ночницы *Myotis myotis* в Германии было показано, что количество вирусной РНК и частота ее выявления увеличивались в период образования материнской колонии и в течение месяца после появления потомства [27].



**Рисунок 1.** Циркуляция коронавирусов рукокрылых: 1 – передача вируса неинфицированным особям своего вида; 2 – передача вируса неинфицированным особям других видов; 3 – инфицирование другим коронавирусом (ко-инфекция)

**Figure 1.** Bats coronavirus circulation: 1 – virus transmission to uninfected bats of the same species; 2 – virus transmission to uninfected bats of another species; 3 – infection with another coronavirus (co-infection)

Вместе с тем, попытки провести моделирование передачи коронавирусов рукокрылых в лабораторных условиях настоящее время не увенчались успехом. Так, Watanabe с соавторами описана попытка изоляции Альфа- и Бетакоронавирусов из образцов от малайского короткомордого крылана (*Cynopterus brachyotis*) путем экспериментального заражения летучих собак Лешенолта (*Rousettus leschenaulti*), оказавшаяся безуспешной [28]. van Doremalen с соавторами было показано, что экспериментальное заражение египетских летучих собак (*Rousettus aegyptiacus*) единственным изолированным от рукокрылых SARS-подобным коронавирусом WIV1 [29] не приводило к развитию у них продуктивной инфекции с выделением живого вируса [30].

Таким образом, в результате длительной совместной эволюции коронавирусов и рукокрылых, произошла выработка ряда стратегий, обеспечивающих коронавирусам возможность сохранения в популяциях хозяев независимо от экологических условий.

*Передача коронавирусов рукокрылых другим млекопитающим* является естественным процессом расширения этими вирусами своей экологической ниши (рис. 1). Вместе с тем попытки изолировать коронавирусы рукокрылых в лабораторных условиях с использованием перевиваемых культур клеток человеческого и приматного происхождения в подавляющем большинстве оказались неудачны [4; 18; 23; 31], имеется только одно сообщение об изоляции коронавируса от этих млекопитающих на культуре клеток [29]. Это свидетельствует о недостаточном понимании механизмов преодоления коронавирусами рукокрылых межвидового барьера.

В то же время в естественных условиях описана передача коронавирусов другим млекопитающим. Так,

во время вспышки диареи среди новорожденных поросят в феврале 2017 г. на одной из свиноферм в южном Китае был изолирован альфакоронавирус энтерита свиней (swine enteric alphacoronavirus, SeACoV). Секвенирование вирусного генома показало 94,5% гомологии с изолятами коронавируса рукокрылых HKU2, ассоциированного с китайским подковоносом (*Rh. sinicus*) [32]. Высокий уровень гомологии и отсутствие находок HKU2 у других животных позволяет предполагать, что этот коронавирус попал к домашним свиньям непосредственно от рукокрылых.

Wang с соавторами в 2003-2004 гг. изолировали SARS-CoV от гималайских циветт (*Paguma larvata*), ставших источником заражения официантки и посетителя ресторана в г. Гуанчжоу (провинция Гуандун, КНР), где циветт использовали в гастрономических целях [33].

Sabir с соавторами показали наличие у верблюдов в Саудовской Аравии антител к MERS-CoV, и HCoV-229E [34]. Циркуляция этих вирусов в популяции верблюдов была подтверждена прямой изоляцией штаммов [35]. Zhang с соавторами при серологическом обследовании верблюдов в Кении показали наличие у них антител к MERS-CoV и коронавирусу длиннокрылов HKU8 (BtCoV-HKU8 – *Miniopterus bat coronavirus HKU8*) [36]. Авторы отмечают, что полученные результаты свидетельствуют о возможной коинфекции верблюдов MERS и HKU8-подобным коронавирусами или циркуляции среди верблюдов рекомбинантного коронавируса. В более поздних исследованиях было показано, что значительная доля одnogорбых верблюдов на Ближнем Востоке, Азии и Африке имеет антитела к MERS-CoV, а самые ранние находки относятся к сывороткам 1983 г., что свидетельствует о



длительной циркуляции предшественника этого вируса среди верблюдов [8]. Таким образом, верблюды часто заражаются коронавирусами летучих мышей и являются промежуточными хозяевами, по крайней мере, двух коронавирусов человека: MERS-CoV и HCoV-229E.

Коронавирусы рукокрылых могут также попадать в популяцию человека, минуя промежуточных хозяев. Wang с соавторами провели в провинции Юньнань серологическое обследование жителей нескольких деревень, расположенных рядом с пещерами, где находятся места дневных убежищ рукокрылых рода *Rhinolophus*, природного резервуара SARS-подобных коронавирусов. Район исследования не был затронут вспышкой тяжелого острого респираторного синдрома в 2002-2003 гг., и все обследованные не имели симптомов респираторного заболевания на момент взятия материала. В 2,8% (у 6 из 218 человек) были обнаружены специфичные антитела к нуклеопротеину коронавируса рукокрылых SARS-CoV Rp3 (BtRs-BetaCoV-Rp3 – *Rhinolophus sinicus* betacoronavirus Rp3)<sup>2</sup>, не обладавшие перекрестной активностью с аналогичным белком коронавирусов MERS и NL63 при анализе методом Вестерн-блота [37]. Наличие в сыворотках крови людей антител к внутреннему структурному белку SARS-подобного коронавируса рукокрылых свидетельствует о репликации вируса в организме человека.

#### *Рукокрылые и происхождение коронавирусов человека*

Значение коронавирусов рукокрылых как источника новых коронавирусов человека стала понятна лишь в начале XXI века, когда были выявлены первые SARS-CoV-подобные вирусы в популяциях летучих мышей. Но всю вторую половину XX века коронавирусы не рассматривались как серьезная эпидемическая проблема.

Первые коронавирусы человека, получившие наименование 229E и OC43, были изолированы в США в 1967 г. от пациентов с заболеваниями верхних дыхательных путей [38; 39]. В 2003 г. в Нидерландах от 7-месячного ребенка с бронхолитом впервые был выделен коронавирус NL63 [40], а в 2004 в Китае от пациента с пневмонией – коронавирус HKU-1 [41]. В последующие годы коронавирусы HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV- NL63 и HCoV-HKU-1 выявляли в разных странах у людей с сезонными заболеваниями верхних и нижних дыхательных путей, которые протекают в большинстве случаев в легкой, реже – в среднетяжелой форме. Однако у детей и ослабленных пациентов возможно развитие бронхолитов, бронхитов и пневмоний. Считается, что эти вирусы являются причинами примерно одной трети всех простудных заболеваний в мире [42].

В 2003 г. в качестве этиологического агента, вызвавшего эпидемию тяжелого острого респираторного синдрома 2002-2003 гг. в китайской провинции Гуандун, был идентифицирован новый коронавирус [43]. Вызываемое им заболевание характеризовалось лихорадкой, головной болью,

кашлем, с последующим развитием пневмонии и тяжелой дыхательной недостаточности; уровень летальности составил 9,6%. Вирус эффективно передавался от человека к человеку, завозные случаи были отмечены в 29 странах [14]. При расследовании повторной вспышки SARS, случившейся в той же провинции с декабря 2003 г. по январь 2004 г., было доказано ее зоонозное происхождение после изоляции SARS-CoV от гималайских циветт (*P. larvata*) и контактировавших с ними и впоследствии заболевших людей [33]. В 2005 г. у китайских подковоносов (*Rh. sinicus*) были идентифицированы геномы SARS-CoV-подобных коронавирусов, рассматриваемых в настоящее время в качестве предшественников коронавируса SARS [18] (табл. 2).

В 2012 г. MERS-CoV стал причиной нескольких случаев тяжелой вирусной пневмонии в Саудовской Аравии [20]. Спорадические случаи ежегодно регистрируются в странах Аравийского полуострова и Ближнего Востока, также были документированы завозные случаи в Южной Корее, Таиланде, Китае, Малайзии, Филиппинах, Австрии, Германии, Турции и США с летальностью 34,4% [13; 44; 45]. Для MERS-CoV также было установлено зоонозное происхождение от летучих мышей с вовлечением в процесс передачи вируса человеку промежуточного хозяина – одногорбых верблюдов [6; 46].

В декабре 2019 г. в г. Ухань (провинция Хубэй КНР) началась вспышка тяжелой пневмонии, этиологически связанной с SARS-CoV-2 (первоначальное название: 2019-nCoV – 2019-novel coronavirus). Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) официально утвердила название новой болезни, вызываемой SARS-CoV-2, как COVID-19 (coronavirus disease 2019 – коронавирусная инфекция 2019 г.). Для COVID-19 был характерен ряд особенностей, отличавшей её от предшествующих SARS и MERS. Вирус эффективно передавался от человека к человеку воздушно-капельным и контактным путем, заражение людей было возможно во время инкубационного периода, длительность которого достигала 14 дней (в среднем 3-7 дней). Основное число репродукции  $R_0$  варьировало от 1,4 до 6,5 (в среднем 2,2). Также, в отличие от SARS и MERS, во время вспышки COVID-19 доля инфицированных работников здравоохранения составила 3,8%; в то же время часто отмечались семейные кластеры пневмонии. В целом, у большинства взрослых заболевших и детей болезнь протекала в гриппоподобной форме, но у взрослых с сопутствующими заболеваниями и возрастными пациентами часто происходило развитие тяжелой пневмонии с дыхательной недостаточностью [47]. Вследствие высокой контагиозности и эффективной передачи SARS-CoV-2 от человека к человеку, а также неготовности многих стран к предотвращению разрастания завозных случаев в широкомасштабную эпидемию, произошла глобализация эпидемии, и 11.03.2020 г. ВОЗ официально объявила начало пандемии COVID-19 [48].

Филогенетический анализ полных геномов изолятов SARS-CoV-2 от людей обнаружил высокий уровень гомологии 96,2% с бетакоронавирусом азиатских подковоносов RaTG13 (BtRa-BetaCoV-RaTG13

<sup>2</sup> Не является самостоятельным вирусом и входит в состав SARS-CoV (табл. 2).

– *Rhinolophus affinis* betacoronavirus RaTG13), идентифицированным у азиатского подковоноса (*Rh. affinis*) в 2013 г. в провинции Юньнань, что позволяет рассматривать его как наиболее вероятного предшественника SARS-CoV-2 [12]. Первым заболевшим COVID-19 был продавец с рынка морепродуктов в г. Ухань, что указывало на возможное инфицирование от диких животных, которые в большом количестве и в скученном виде содержатся на зоогастрономических рынках Юго-Восточной Азии [47]. Zhang с соавторами идентифицировали последовательность 76% генома коронавируса в образцах легких погибших яванских панголинов (*Manis javanica*), имеющего высокий уровень гомологии с аналогичным фрагментом генома SARS-CoV-2 от людей [49]. Таким образом, наиболее вероятная цепочка передачи вируса: азиатские подковоносы → яванские панголины → человек.

*Высокопатогенные коронавирусы человека: от антропоноза к зоонозу?*

Как правило, вирусы, патогенные для человека и адаптированные к передаче внутри человеческой популяции, не способны преодолевать межвидовой барьер и инфицировать другие виды млекопитающих при непосредственной передаче от человека животному. В литературе описано несколько единичных случаев заболевания (инфицирования) животных вирусами человека – вспышка кори среди импортированных в Великобританию восточных колобусов (*Colobus guereza*) [50], идентификация человеческих вирусов гриппа А H3N2 у домашних свиней в Китае [51], выявление антител к эболавирусу Заир у собак в крупных городах Габона [52], где были отмечены единичные завозные случаи болезни Эбола у людей и источником вируса могли быть только больные и вирусоносители, что исключало инфицирование собак от диких животных. Вышеперечисленные примеры крайне редки и являются скорее исключением из общего представления, согласно которому вирусы, в том числе имеющие зоонозное происхождение, но прошедшие многократную передачу от человека к человеку, становятся фактически возбудителями антропонозов, утрачивая при этом зоонозный потенциал.

В то же время для высокопатогенных коронавирусов человека SARS-CoV и SARS-CoV-2 показаны случаи естественного инфицирования животных от людей. Так, Chen с соавторами в ходе обследования домашних животных в деревнях пригорода округа Сицин (г. Тяньцзинь, КНР), где весной 2003 г. была зарегистрирована вспышка SARS, у одной из домашних свиней была обнаружена РНК и антитела к вирусу SARS-CoV. Из образцов крови и фекалий был изолирован вирус, филогенетический анализ полного генома которого выявил максимальный уровень гомологии с изолятами SARS-CoV от заболевших людей [53]. Ввиду отсутствия антител к коронавирусу SARS у работников фермы, авторы сделали предположение, что инфицирование животного произошло с пищей, в качестве которой на ферму могли быть доставлены пищевые отходы из городских ресторанов, загрязненные вирусом. Бессимптомная

персистенция и выделение в окружающую среду от домашних свиней вируса SARS-CoV, генетически близкого изолятам от людей, не исключает возможности возвращения вируса в человеческую популяцию через этих животных.

В отличие от единичного сообщения о заражении домашних свиней SARS-CoV «человеческого» происхождения, для коронавируса SARS-CoV-2 описаны случаи инфицирования диких и домашних животных от людей – домашних собак и кошек в Бельгии и Гонг Конге, сибирских тигров и африканских львов в зоопарке Нью-Йорка [54]. Отдельный резонанс вызвала вспышка новой коронавирусной инфекции у норок на нескольких фермах в Голландии в конце апреля 2020 г. [55]. Изначально предполагалось, что вирус попал животным от персонала, среди которых были сотрудники с симптомами COVID-19. При анализе объектов окружающей среды на фермах было показано, что вирус отсутствовал в пробах воздуха за пределами помещений для животных и в образцах пыли как на расстоянии, так и в непосредственной близости от клеток с норками. Обследование животных на фермах выявило возможность передачи вируса между норками при бессимптомном течении инфекции. Согласно официальному заключению, инфицированные SARS-CoV-2 сотрудники были, по-видимому, не единственным источником заражения животных. Позже официальными властями Нидерландов было заявлено, что от инфицированных норок заразился сотрудник на одной из ферм, при этом риск распространения вируса от норок человеку вне ферм был признан незначительным [56].

Таким образом, пройдя эволюционный путь от рукокрылых и адаптацию к человеческой популяции, высокопатогенные коронавирусы человека SARS-CoV и SARS-CoV-2 демонстрируют уникальные свойства, позволяющие им преодолевать межвидовой барьер и переходить из человеческой популяции животным, близко контактирующим с людьми. Эпидемиологические последствия таких межвидовых переходов в настоящее время остаются недооцененными.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природным резервуаром и источником генетического разнообразия для представителей *Alphacoronavirus* и *Betacoronavirus* семейства *Coronaviridae* являются рукокрылые. Почти все известные на сегодняшний день коронавирусы человека эволюционно восходят к коронавирусам летучих мышей. Возможно, что HCoV-OC43 (BetaCoV-1) и HCoV-NKU1, для которых не обнаружены прямые аналоги среди рукокрылых, вероятнее всего, представляют собой результат длительной адаптации вирусов рукокрылых к организму диких млекопитающих (в первую очередь – грызунов), ставших промежуточными хозяевами в процессе проникновения этих вирусов в человеческую популяцию.

Рост народонаселения, интенсификация популяционных взаимодействий и недостаточность научных данных о вирусах рукокрылых в начале XXI века привели к проявлению коронавирусами сначала

своего эпидемического (на примере SARS-CoV и MERS-CoV), а затем и пандемического (SARS-CoV-2) потенциала. Следствием недостаточных знаний и понимания процессов, связанных с циркуляцией коронавирусов в популяциях рукокрылых, могут стать ощутимые угрозы для здоровья и привычного существования людей. Последствия недооценки этих угроз вполне очевидны на примере пандемии COVID-19, которая нанесла серьезный ущерб не только общественному здоровью, но и мировой экономике. Таким образом, обязательным элементом устойчивого развития человеческой цивилизации в среднесрочной перспективе становится системное изучение коронавирусов, основу которого должен составить эколого-вирусологический мониторинг природных экосистем.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

1. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 20-04-60010 «Изучение разнообразия, циркуляции и патогенного потенциала коронавирусов в природных резервуарах на территории Западной и Восточной Сибири» и 20-04-60212 «Комплексный эколого-вирусологический мониторинг коронавирусов в экосистемах Дальнего Востока».

2. Работа выполнена при поддержке Гранта Президента РФ МК-6831.2018.4 (075-02-2018-1022).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

1. This work was supported by the RFBR grants 20-04-60010 "The study of the diversity, circulation and pathogenic potential of coronaviruses in natural reservoirs in Western and Eastern Siberia" and 20-04-60212 "Integrated ecological and virological monitoring of coronaviruses in the ecosystems of the Far East".

2. The work was supported by the Grant of the President of the Russian Federation МК-6831.2018.4 (075-02-2018-1022).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Virus Taxonomy: 2019 Release. EC 51, Berlin, Germany, July 2019. URL: <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/> (дата обращения 16.06.2020)
2. Masters P.S. The molecular biology of coronaviruses // *Adv Virus Res.* 2006. V. 66. P. 193-292. DOI: 10.1016/S0065-3527(06)66005-3
3. Liu D.X., Fung T.S., Chong K.K., Shukla A., Hilgenfeld R. Accessory proteins of SARS-CoV and other coronaviruses // *Antiviral Res.* 2014. V. 109. P. 97-109. DOI: 10.1016/j.antiviral.2014.06.013
4. Huang C., Liu W.J., Xu W., Jin T., Zhao Y., Song J., Shi Y., Ji W., Jia H., Zhou Y., Wen H., Zhao H., Liu H., Li H., Wang Q., Wu Y., Wang L., Liu D., Liu G., Yu H., Holmes E.C., Lu L., Gao G.F. A Bat-Derived Putative Cross-Family Recombinant Coronavirus with a Reovirus Gene // *PLoS Pathog.* 2016. V. 12. N 9:e1005883. DOI: 10.1371/journal.ppat.1005883
5. de Haan C.A., Haijema B.J., Masters P.S., Rottier P.J. Manipulation of the coronavirus genome using targeted RNA recombination with interspecies chimeric coronaviruses // *Methods Mol Biol.* 2008. V. 454. P. 229-236. DOI: 10.1007/978-1-59745-181-9\_17

6. Wong A.C.P., Li X., Lau S.K.P., Woo P.C.Y. Global Epidemiology of Bat Coronaviruses // *Viruses.* 2019. V. 11. N 2. pii: E174. DOI: 10.3390/v11020174
7. Taxonomy Browser. Coronaviridae. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=11118> (дата обращения 16.06.2020)
8. Cui J., Li F., Shi Z. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses // *Nat Rev Microbiol.* 2019. V. 17. N 3. P. 181-192. DOI: 10.1038/s41579-018-0118-9
9. Wu Z., Yang L., Ren X., He G., Zhang J., Yang J., Qian Z., Dong J., Sun L., Zhu Y., Du J., Yang F., Zhang S., Jin Q. Deciphering the bat virome catalog to better understand the ecological diversity of bat viruses and the bat origin of emerging infectious diseases // *ISME J.* 2016. V. 10. N 3. P. 609-620. DOI: 10.1038/ismej.2015.138
10. Banerjee A., Kulcsar K., Misra V., Frieman M., Mossman K. Bats and Coronaviruses // *Viruses.* 2019. V. 11. N 1. pii: E41. DOI: 10.3390/v11010041
11. Щелканов М.Ю., Колобухина Л.В., Львов Д.К. Коронавирусы человека (Nidovirales, Coronaviridae): возросший уровень эпидемической опасности // *Лечащий врач.* 2013. N. 10. С. 49-54. URL: [www.lvrach.ru/2013/10/15435832/](http://www.lvrach.ru/2013/10/15435832/) (дата обращения 15.04.2020)
12. Zhou P., Yang X.L., Wang X.G., Hu B., Zhang L., Zhang W., Si H.R., Zhu Y., Li B., Huang C.L., Chen H.D., Chen J., Luo Y., Guo H., Jiang R.D., Liu M.Q., Chen Y., Shen X.R., Wang X., Zheng X.S., Zhao K., Chen Q.J., Deng F., Liu L.L., Yan B., Zhan F.X., Wang Y.Y., Xiao G.F., Shi Z.L. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin // *Nature.* 2020. V. 579. N 7798. P. 270-273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7
13. World Health Organization. MERS situation update, January 2020. URL: <http://www.emro.who.int/health-topics/mers-cov/mers-outbreaks.html> (дата обращения 16.06.2020)
14. World Health Organization. Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003 (based on data as of the 31 December 2003). URL: [https://www.who.int/csr/sars/country/table2004\\_04\\_21/en/](https://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/) (дата обращения 16.06.2020)
15. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report – 169 URL: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6c69c88\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6c69c88_2) (дата обращения 08.07.2020)
16. Chen L., Liu B., Yang J., Jin Q. DBatVir: The database of bat-associated viruses // *Database (Oxford).* 2014. V. 2014. bau021. DOI: 10.1093/database/bau021
17. Leopardi S., Holmes E.C., Gastaldelli M., Tassoni L., Priori P., Scaravelli D., Zamperin G., De Benedictis P. Interplay between co-divergence and cross-species transmission in the evolutionary history of bat coronaviruses // *Infect Genet Evol.* 2018. V. 58. P. 279-289. DOI: 10.1016/j.meegid.2018.01.012
18. Li W., Shi Z., Yu M., Ren W., Smith C., Epstein J.H., Wang H., Crameri G., Hu Z., Zhang H., Zhang J., McEachern J., Field H., Daszak P., Eaton B.T., Zhang S., Wang L.F. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses // *Science.* 2005. V. 310. Iss. 5748. P. 676-679. DOI: 10.1126/science.1118391



19. Yu P., Hu B., Shi Z.L., Cui J. Geographical structure of bat SARS-related coronaviruses // *Infect Genet Evol.* 2019. V. 69. P. 224-229. DOI: 10.1016/j.meegid.2019.02.001
20. Zaki A.M., van Boheemen S., Bestebroer T.M., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia // *N Engl J Med.* 2012. V. 367. N 19. P. 1814-1820. DOI: 10.1056/NEJMoa1211721
21. Woo P.C., Lau S.K., Li K.S., Tsang A.K., Yuen K.Y. Genetic relatedness of the novel human group C betacoronavirus to *Tylonycteris* bat coronavirus HKU4 and *Pipistrellus* bat coronavirus HKU5 // *Emerg Microbes Infect.* 2012. V. 1. Iss. 1. P. 1-5. DOI: 10.1038/emi.2012.45
22. Subudhi S., Rapin N., Bollinger T.K., Hill J.E., Donaldson M.E., Davy C.M., Warnecke L., Turner J.M., Kyle C.J., Willis C.K.R., Misra V. A persistently infecting coronavirus in hibernating *Myotis lucifugus*, the North American little brown bat // *J Gen Virol.* 2017. V. 98. Iss. 9. P. 2297-2309. DOI: 10.1099/jgv.0.000898
23. Lau S.K., Li K.S., Tsang A.K., Shek C.T., Wang M., Choi G.K., Guo R., Wong B.H., Poon R.W., Lam C.S., Wang S.Y., Fan R.Y., Chan K.H., Zheng B.J., Woo P.C., Yuen K.Y. Recent transmission of a novel alphacoronavirus, bat coronavirus HKU10, from Leschenault's rousettes to pomona leaf-nosed bats: first evidence of interspecies transmission of coronavirus between bats of different suborders // *J Virol.* 2012. V. 86. N 21. P. 11906-11918. DOI: 10.1128/JVI.01305-12
24. Chu D.K.W., Peiris J.S.M., Chen H., Guan Y., Poon L.L.M. Genomic characterizations of bat coronaviruses (1A, 1B and HKU8) and evidence for co-infections in *Miniopterus* bats // *J Gen Virol.* 2008. V. 89. Iss. 5. P. 1282-1287. DOI: 10.1099/vir.0.83605-0
25. Wacharapluesadee S., Duengkae P., Chaiyes A., Kaewpom T., Rodpan A., Yingsakmongkon S., Petcharat S., Phengsakul P., Maneeorn P., Hemachudha T. Longitudinal study of age-specific pattern of coronavirus infection in Lyle's flying fox (*Pteropus lylei*) in Thailand // *Virol J.* 2018. V. 15. N 1. P. 38. DOI: 10.1186/s12985-018-0950-6
26. Davy C.M., Donaldson M.E., Subudhi S., Rapin N., Warnecke L., Turner J.M., Bollinger T.K., Kyle C.J., Dorville N.A.S., Kunkel E.L., Norquay K.J.O., Dzal Y.A., Willis C.K.R., Misra V. White-nose syndrome is associated with increased replication of a naturally persisting coronaviruses in bats // *Sci Rep.* 2018. V. 8. N 1. P. 15508. DOI: 10.1038/s41598-018-33975-x
27. Drexler J.F., Corman V.M., Wegner T., Tateno A.F., Zerbini R.M., Gloza-Rausch F., Seebens A., Müller M.A., Drosten C. Amplification of emerging viruses in a bat colony // *Emerg Infect Dis.* 2011. V. 17. N 3. P. 449-456. DOI: 10.3201/eid1703.100526
28. Watanabe S., Masangkay J.S., Nagata N., Morikawa S., Mizutani T., Fukushi S., Alviola P., Omatsu T., Ueda N., Iha K., Taniguchi S., Fujii H., Tsuda S., Endoh M., Kato K., Tohya Y., Kyuwa S., Yoshikawa Y., Akashi H. Bat coronaviruses and experimental infection of bats, the Philippines // *Emerg Infect Dis.* 2010. V. 16. N 8. P. 1217-1223. DOI: 10.3201/eid1608.100208
29. Yang X.L., Hu B., Wang B., Wang M.N., Zhang Q., Zhang W., Wu L.J., Ge X.Y., Zhang Y.Z., Daszak P., Wang L.F., Shi Z.L. Isolation and Characterization of a Novel Bat Coronavirus Closely Related to the Direct Progenitor of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus // *J Virol.* 2015. V. 90. N 6. P. 3253-3256. DOI: 10.1128/JVI.02582-15
30. Van Doremalen N., Schäfer A., Menachery V.D., Letko M., Bushmaker T., Fischer R.J., Figueroa D.M., Hanley P.W., Saturday G., Baric R.S., Munster V.J. SARS-Like Coronavirus WIV1-CoV Does Not Replicate in Egyptian Fruit Bats (*Rousettus aegyptiacus*) // *Viruses.* 2018. V. 10. N 12. 727 p. DOI: 10.3390/v10120727
31. Drexler J.F., Gloza-Rausch F., Glende J., Corman M., Pfefferle S., Yordanov S., Zhelyazkov L., Hermanns U., Vallo P., Lukashev A., Müller M.A., Deng H., Herrler G., Drosten C. Genomic characterization of severe acute respiratory syndrome-related coronavirus in European bats and classification of coronaviruses based on partial RNA-dependent RNA polymerase gene sequences // *J Virol.* 2010. V. 84. N 21. P. 11336-11349. DOI: 10.1128/JVI.00650-10
32. Pan Y., Tian X., Qin P., Wang B., Zhao P., Yang Y.L., Wang L., Wang D., Song Y., Zhang X., Huang Y.W. Discovery of a novel swine enteric alphacoronavirus (SeACoV) in southern China // *Vet Microbiol.* 2017. V. 211. P. 15-21. DOI: 10.1016/j.vetmic.2017.09.020
33. Wang M., Yan M., Xu H., Liang W., Kan B., Zheng B., Chen H., Zheng H., Xu Y., Zhang E., Wang H., Ye J., Li G., Li M., Cui Z., Liu Y.F., Guo R.T., Liu X.N., Zhan L.H., Zhou D.H., Zhao A., Hai R., Yu D., Guan Y., Xu J. SARS-CoV infection in a restaurant from palm civet // *Emerg Infect Dis.* 2005. V. 11. N 12. P. 1860-1865. DOI: 10.3201/eid1112.041293
34. Sabir J.S., Lam T.T., Ahmed M.M., Li L., Shen Y., Abo-Aba S.E., Qureshi M.I., Abu-Zeid M., Zhang Y., Khyami M.A., Alharbi N.S., Hajrah N.H., Sabir M.J., Mutwakil M.H., Kabli S.A., Alsulaimany F.A., Obaid A.Y., Zhou B., Smith D.K., Holmes E.C., Zhu H., Guan Y. Co-circulation of three camel coronavirus species and recombination of MERS-CoVs in Saudi Arabia // *Science.* 2016. V. 351. Iss. 6268. P. 81-84. DOI: 10.1126/science.aac8608
35. Corman V.M., Eckerle I., Memish Z.A., Liljander A.M., Dijkman R., Jonsdottir H., Juma Ngeiywa K.J., Kamau E., Younan M., Al Masri M., Assiri A., Gluecks I., Musa B.E., Meyer B., Müller M.A., Hilali M., Bornstein S., Wernery U., Thiel V., Jores J., Drexler J.F., Drosten C. Link of a ubiquitous human coronavirus to dromedary camels // *Proc Natl Acad Sci USA.* 2016. V. 113. Iss. 35. P. 9864-9869. DOI: 10.1073/pnas.1604472113
36. Zhang W., Zheng X.S., Agwanda B., Ommeh S., Zhao K., Lichoti J., Wang N., Chen J., Li B., Yang X.L., Mani S., Ngeiywa K.J., Zhu Y., Hu B., Onyuk S.O., Yan B., Anderson D.E., Wang L.F., Zhou P., Shi Z.L. Serological evidence of MERS-CoV and HKU8-related CoV co-infection in Kenyan camels // *Emerg Microbes Infect.* 2019. V. 8. Iss. 1. P. 1528-1534. DOI: 10.1080/22221751.2019.1679610
37. Wang N., Li S.Y., Yang X.L., Huang H.M., Zhang Y.J., Guo H., Luo C.M., Miller M., Zhu G., Chmura A.A., Hagan E., Zhou J.H., Zhang Y.Z., Wang L.F., Daszak P., Shi Z.L. Serological Evidence of Bat SARS-Related Coronavirus Infection in Humans, China // *Virol Sin.* 2018. V. 33. N 1. P. 104-107. DOI: 10.1007/s12250-018-0012-7
38. Hamre D., Procknow J.J. A new virus isolated from the human respiratory tract // *Proc Soc Exp Biol Med.* 1966. V. 121. N 1. P. 190-193. DOI: 10.3181/00379727-121-30734
39. McIntosh K., Becker W.B., Chanock R.M. Growth in suckling-mouse brain of "IBV-like" viruses from patients with upper respiratory tract disease // *Proc Natl Acad Sci*

- USA. 1967. V. 58. Iss. 6. P. 2268-2273. DOI: 10.1073/pnas.58.6.2268
40. van der Hoek L., Pyrc K., Jebbink M.F., Vermeulen-Oost W., Berkhout R.J., Wolthers K.C., Wertheim-van Dillen P.M., Kaandorp J., Spaargaren J., Berkhout B. Identification of a new human coronavirus // *Nat Med*. 2004. V. 10. Iss. 4. P. 368-373. DOI: 10.1038/nm1024
41. Woo P.C., Lau S.K., Chu C.M., Chan K.H., Tsoi H.W., Huang Y., Wong B.H., Poon R.W., Cai J.J., Luk W.K., Poon L.L., Wong S.S., Guan Y., Peiris J.S., Yuen K.Y. Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia // *J Virol*. 2005. V. 79. Iss. 2. P. 8884-8895. DOI: 10.1128/JVI.79.2.884-895.2005
42. van der Hoek L. Human coronaviruses: what do they cause? // *Antivir Ther*. 2007. V. 12. N 4. Pt. B. P. 651-658.
43. Peiris J.S., Lai S.T., Poon L.L., Guan Y., Yam L.Y., Lim W., Nicholls J., Yee W.K., Yan W.W., Cheung M.T., Cheng V.C., Chan K.H., Tsang D.N., Yung R.W., Ng T.K., Yuen K.Y.; SARS study group. Coronavirus as a possible cause of severe acute respiratory syndrome // *Lancet*. 2003. V. 361. Iss. 9366. P. 1319-1325. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13077-2
44. Щелканов М.Ю., Ананьев В.Ю., Кузнецов В.В., Шуматов В.Б. Ближневосточный респираторный синдром: когда вспыхнет тлеющий очаг? // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2015. N 2. С. 94-98.
45. Щелканов М.Ю., Ананьев В.Ю., Кузнецов В.В., Шуматов В.Б. Эпидемическая вспышка Ближневосточного респираторного синдрома в Республике Корея (май-июль 2015 г.): причины, динамика, выводы // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2015. N 3. С. 89-93.
46. Haagmans B.L., Al Dhahiry S.H., Reusken C.B., Raj V.S., Galiano M., Myers R., Godeke G.J., Jonges M., Farag E., Diab A., Ghobashy H., Alhajri F., Al-Thani M., Al-Marri S.A., Al Romaihi H.E., Al Khal A., Bermingham A., Osterhaus A.D., Alhajri M.M., Koopmans M.P. Middle East respiratory syndrome coronavirus in dromedary camels: an outbreak investigation // *Lancet Infect Dis*. 2014. V. 14. Iss. 2. P. 140-145. DOI: 10.1016/S1473-3099(13)70690-X
47. Guo Y.R., Cao Q.D., Hong Z.S., Tan Y.Y., Chen S.D., Jin H.J., Tan K.S., Wang D.Y., Yan Y. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status // *Mil Med Res*. 2020. V. 7. N 1. P. 11. DOI: 10.1186/s40779-020-00240-0
48. Вступительное слово Генерального директора ВОЗ на брифинге по COVID-19 для постоянных представительств – 12 марта 2020 г. URL: <https://www.who.int/ru/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-mission-briefing-on-covid-19---12-march-2020> (дата обращения 19.06.2020)
49. Zhang T., Wu Q., Zhang Z. Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19 Outbreak // *Curr Biol*. 2020. V. 30. N 7. P. 1346-1351. DOI: 10.1016/j.cub.2020.03.022
50. Scott G.B., Keymer I.F. The pathology of measles in Abyssinian Colobus monkeys (*Colobus guereza*): a description of an outbreak // *J Pathol*. 1975. V. 117. Iss. 4. P. 229-33. DOI: 10.1002/path.1711170405
51. Zhu W., Yang S., Dong L., Yang L., Tang J., Zou X., Chen T., Yang J., Shu Y. The repeated introduction of the H3N2 virus from human to swine during 1979-1993 in China // *Infect Genet Evol*. 2015. V. 33. P. 20-24. DOI: 10.1016/j.meegid.2015.04.001
52. Allela L., Boury O., Pouillot R., Délicat A., Yaba P., Kumulungui B., Rouquet P., Gonzalez J.P., Leroy E.M. Ebola virus antibody prevalence in dogs and human risk // *Emerg Infect Dis*. 2005. V. 11. N 3. P. 385-390. DOI: 10.3201/eid1103.040981
53. Chen W., Yan M., Yang L., Ding B., He B., Wang Y., Liu X., Liu C., Zhu H., You B., Huang S., Zhang J., Mu F., Xiang Z., Feng X., Wen J., Fang J., Yu J., Yang H., Wang J. SARS-associated coronavirus transmitted from human to pig // *Emerg Infect Dis*. 2005. V. 11. N 3. P. 446-448. DOI: 10.3201/eid1103.040824
54. Leroy E.M., Ar Gouilh M., Brugère-Picoux J. The risk of SARS-CoV-2 transmission to pets and other wild and domestic animals strongly mandates a one-health strategy to control the COVID-19 pandemic // *One Health*. 2020. (In press) DOI: 10.1016/j.onehlt.2020.100133
55. COVID-19 Found on Additional Dutch Mink Farms. URL: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=COVID-19%20Found%20on%20Additional%20Dutch%20Mink%20Farms%20\\_The%20Hague\\_Netherlands\\_05-31-2020](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=COVID-19%20Found%20on%20Additional%20Dutch%20Mink%20Farms%20_The%20Hague_Netherlands_05-31-2020) (дата обращения 16.06.2020)
56. Government of the Netherlands. New results from research into COVID-19 on mink farms. URL: <https://www.government.nl/latest/news/2020/05/19/new-results-from-research-into-covid-19-on-mink-farms> (дата обращения 16.06.2020)

## REFERENCES

1. Virus Taxonomy: 2019 Release. EC 51, Berlin, Germany, July 2019. Available at: <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/> (accessed 16.06.2020)
2. Masters P.S. The molecular biology of coronaviruses. *Adv Virus Res.*, 2006, vol. 66, pp. 193-292. DOI: 10.1016/S0065-3527(06)66005-3
3. Liu D.X., Fung T.S., Chong K.K., Shukla A., Hilgenfeld R. Accessory proteins of SARS-CoV and other coronaviruses. *Antiviral Res.*, 2014, vol. 109, pp. 97-109. DOI: 10.1016/j.antiviral.2014.06.013
4. Huang C., Liu W.J., Xu W., Jin T., Zhao Y., Song J., Shi Y., Ji W., Jia H., Zhou Y., Wen H., Zhao H., Liu H., Li H., Wang Q., Wu Y., Wang L., Liu D., Liu G., Yu H., Holmes E.C., Lu L., Gao G.F. A Bat-Derived Putative Cross-Family Recombinant Coronavirus with a Reovirus Gene. *PLoS Pathog*, 2016, vol. 12, no. 9: e1005883. DOI: 10.1371/journal.ppat.1005883
5. de Haan C.A., Haijema B.J., Masters P.S., Rottier P.J. Manipulation of the coronavirus genome using targeted RNA recombination with interspecies chimeric coronaviruses. *Methods Mol Biol.*, 2008, vol. 454, pp. 229-236. DOI: 10.1007/978-1-59745-181-9\_17
6. Wong A.C.P., Li X., Lau S.K.P., Woo P.C.Y. Global Epidemiology of Bat Coronaviruses. *Viruses*, 2019, vol. 11, no. 2, pii: E174. DOI: 10.3390/v11020174
7. Taxonomy Browser. Coronaviridae. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=11118> (accessed 16.06.2020)
8. Cui J., Li F., Shi Z. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nat Rev Microbiol.*, 2019, vol. 17, no. 3, pp. 181-192. DOI: 10.1038/s41579-018-0118-9

9. Wu Z., Yang L., Ren X., He G., Zhang J., Yang J., Qian Z., Dong J., Sun L., Zhu Y., Du J., Yang F., Zhang S., Jin Q. Deciphering the bat virome catalog to better understand the ecological diversity of bat viruses and the bat origin of emerging infectious diseases. *ISME J.*, 2016, vol. 10, no. 3, pp. 609-620. DOI: 10.1038/ismej.2015.138
10. Banerjee A., Kulcsar K., Misra V., Frieman M., Mossman K. Bats and Coronaviruses. *Viruses*, 2019, vol. 11, no. 1, pii: E41. DOI: 10.3390/v11010041
11. Shchelkanov M.Yu., Kolobukhina L.V., Lvov D.K. [Human coronaviruses (Nidovirales, Coronaviridae): increased level of epidemic threat]. *Lechashchii vrach*, 2013, vol. 10, pp. 49-54. (In Russian) Available at: [www.lvrach.ru/2013/10/15435832/](http://www.lvrach.ru/2013/10/15435832/) (accessed 15.04.2020)
12. Zhou P., Yang X.L., Wang X.G., Hu B., Zhang L., Zhang W., Si H.R., Zhu Y., Li B., Huang C.L., Chen H.D., Chen J., Luo Y., Guo H., Jiang R.D., Liu M.Q., Chen Y., Shen X.R., Wang X., Zheng X.S., Zhao K., Chen Q.J., Deng F., Liu L.L., Yan B., Zhan F.X., Wang Y.Y., Xiao G.F., Shi Z.L. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 2020, vol. 579, no. 7798, pp. 270-273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7
13. World Health Organization. Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003 (based on data as of the 31 December 2003). Available at: [https://www.who.int/csr/sars/country/table2004\\_04\\_21/en/](https://www.who.int/csr/sars/country/table2004_04_21/en/) (accessed 16.06.2020)
14. World Health Organization. MERS situation update, January 2020. Available at: <http://www.emro.who.int/health-topics/mers-cov/mers-outbreaks.html> (accessed 16.06.2020)
15. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report – 169 URL: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6c69c88\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200707-covid-19-sitrep-169.pdf?sfvrsn=c6c69c88_2) (accessed 08.07.2020)
16. Chen L., Liu B., Yang J., Jin Q. DBatVir: The database of bat-associated viruses. *Database (Oxford)*, 2014, vol. 2014, bau021. DOI: 10.1093/database/bau021
17. Leopardi S., Holmes E.C., Gastaldelli M., Tassoni L., Priori P., Scaravelli D., Zamperin G., De Benedictis P. Interplay between co-divergence and cross-species transmission in the evolutionary history of bat coronaviruses. *Infect Genet Evol.*, 2018, vol. 58, pp. 279-289. DOI: 10.1016/j.meegid.2018.01.012
18. Li W., Shi Z., Yu M., Ren W., Smith C., Epstein J.H., Wang H., Cramer G., Hu Z., Zhang H., Zhang J., McEachern J., Field H., Daszak P., Eaton B.T., Zhang S., Wang L.F. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science*, 2005, vol. 310, iss. 5748, pp. 676-679. DOI: 10.1126/science.1118391
19. Yu P., Hu B., Shi Z.L., Cui J. Geographical structure of bat SARS-related coronaviruses. *Infect Genet Evol.*, 2019, vol. 69, pp. 224-229. DOI: 10.1016/j.meegid.2019.02.001
20. Zaki A.M., van Boheemen S., Bestebroer T.M., Osterhaus A.D., Fouchier R.A. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. *N Engl J Med.*, 2012, vol. 367, no. 19, pp. 1814-1820. DOI: 10.1056/NEJMoa1211721
21. Woo P.C., Lau S.K., Li K.S., Tsang A.K., Yuen K.Y. Genetic relatedness of the novel human group C betacoronavirus to *Tylonycteris* bat coronavirus HKU4 and *Pipistrellus* bat coronavirus HKU5. *Emerg Microbes Infect.*, 2012, vol. 1, iss. 1, pp. 1-5. DOI: 10.1038/emi.2012.45
22. Subudhi S., Rapin N., Bollinger T.K., Hill J.E., Donaldson M.E., Davy C.M., Warnecke L., Turner J.M., Kyle C.J., Willis C.K.R., Misra V. A persistently infecting coronavirus in hibernating *Myotis lucifugus*, the North American little brown bat. *J Gen Virol.*, 2017, vol. 98, iss. 9, pp. 2297-2309. DOI: 10.1099/jgv.0.000898
23. Lau S.K., Li K.S., Tsang A.K., Shek C.T., Wang M., Choi G.K., Guo R., Wong B.H., Poon R.W., Lam C.S., Wang S.Y., Fan R.Y., Chan K.H., Zheng B.J., Woo P.C., Yuen K.Y. Recent transmission of a novel alphacoronavirus, bat coronavirus HKU10, from Leschenault's rousettes to pomona leaf-nosed bats: first evidence of interspecies transmission of coronavirus between bats of different suborders. *J Virol.*, 2012, vol. 86, iss. 21, pp. 11906-11918. DOI: 10.1128/JVI.01305-12
24. Chu D.K.W., Peiris J.S.M., Chen H., Guan Y., Poon L.L.M. Genomic characterizations of bat coronaviruses (1A, 1B and HKU8) and evidence for co-infections in *Miniopterus* bats. *J Gen Virol.*, 2008, vol. 89, iss. 5, pp. 1282-1287. DOI: 10.1099/vir.0.83605-0
25. Wacharapluesadee S., Duengkhae P., Chaiyes A., Kaewpom T., Rodpan A., Yingsakmongkon S., Petcharat S., Phengsakul P., Maneerorn P., Hemachudha T. Longitudinal study of age-specific pattern of coronavirus infection in Lyle's flying fox (*Pteropus lylei*) in Thailand. *Virol J.*, 2018, vol. 15, no. 1, pp. 38. DOI: 10.1186/s12985-018-0950-6
26. Davy C.M., Donaldson M.E., Subudhi S., Rapin N., Warnecke L., Turner J.M., Bollinger T.K., Kyle C.J., Dorville N.A.S., Kunkel E.L., Norquay K.J.O., Dzal Y.A., Willis C.K.R., Misra V. White-nose syndrome is associated with increased replication of a naturally persisting coronaviruses in bats. *Sci Rep.*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 15508. DOI: 10.1038/s41598-018-33975-x
27. Drexler J.F., Corman V.M., Wegner T., Tateno A.F., Zerbinati R.M., Gloza-Rausch F., Seebens A., Müller M.A., Drosten C. Amplification of emerging viruses in a bat colony. *Emerg Infect Dis.*, 2011, vol. 17, no. 3, pp. 449-456. DOI: 10.3201/eid1703.100526
28. Watanabe S., Masangkay J.S., Nagata N., Morikawa S., Mizutani T., Fukushi S., Alviola S., Omatsu T., Ueda N., Iha K., Taniguchi S., Fujii H., Tsuda S., Endoh M., Kato K., Tohya Y., Kyuwa S., Yoshikawa Y., Akashi H. Bat coronaviruses and experimental infection of bats, the Philippines. *Emerg Infect Dis.*, 2010, vol. 16, no. 8, pp. 1217-1223. DOI: 10.3201/eid1608.100208
29. Yang X.L., Hu B., Wang B., Wang M.N., Zhang Q., Zhang W., Wu L.J., Ge X.Y., Zhang Y.Z., Daszak P., Wang L.F., Shi Z.L. Isolation and Characterization of a Novel Bat Coronavirus Closely Related to the Direct Progenitor of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus. *J Virol.*, 2015, vol. 90, no. 6, pp. 3253-3256. DOI: 10.1128/JVI.02582-15
30. Van Doremalen N., Schäfer A., Menachery V.D., Letko M., Bushmaker T., Fischer R.J., Figueroa D.M., Hanley P.W., Saturday G., Baric R.S., Munster V.J. SARS-Like Coronavirus WIV1-CoV Does Not Replicate in Egyptian Fruit Bats (*Rousettus aegyptiacus*). *Viruses*, 2018, vol. 10, no. 12, 727 p. DOI: 10.3390/v10120727
31. Drexler J.F., Gloza-Rausch F., Glende J., Corman M., Pfefferle S., Yordanov S., Zhelyazkov L., Hermanns U., Vallo

- P., Lukashev A., Müller M.A., Deng H., Herrler G., Drosten C. Genomic characterization of severe acute respiratory syndrome-related coronavirus in European bats and classification of coronaviruses based on partial RNA-dependent RNA polymerase gene sequences. *J Virol.*, 2010, vol. 84, no. 21, pp. 11336-11349. DOI: 10.1128/JVI.00650-10
32. Pan Y., Tian X., Qin P., Wang B., Zhao P., Yang Y.L., Wang L., Wang D., Song Y., Zhang X., Huang Y.W. Discovery of a novel swine enteric alphacoronavirus (SeACoV) in southern China. *Vet Microbiol.*, 2017, vol. 211, pp. 15-21. DOI: 10.1016/j.vetmic.2017.09.020
33. Wang M., Yan M., Xu H., Liang W., Kan B., Zheng B., Chen H., Zheng H., Xu Y., Zhang E., Wang H., Ye J., Li G., Li M., Cui Z., Liu Y.F., Guo R.T., Liu X.N., Zhan L.H., Zhou D.H., Zhao A., Hai R., Yu D., Guan Y., Xu J. SARS-CoV infection in a restaurant from palm civet. *Emerg Infect Dis.*, 2005, vol. 11, no. 12, pp. 1860-1865. DOI: 10.3201/eid1112.041293
34. Sabir J.S., Lam T.T., Ahmed M.M., Li L., Shen Y., Abo-Aba S.E., Qureshi M.I., Abu-Zeid M., Zhang Y., Khiyami M.A., Alharbi N.S., Hajrah N.H., Sabir M.J., Mutwakil M.H., Kabli S.A., Alsulaimany F.A., Obaid A.Y., Zhou B., Smith D.K., Holmes E.C., Zhu H., Guan Y. Co-circulation of three camel coronavirus species and recombination of MERS-CoVs in Saudi Arabia. *Science*, 2016, vol. 351, iss. 6268, pp. 81-84. DOI: 10.1126/science.aac8608
35. Corman V.M., Eckerle I., Memish Z.A., Liljander A.M., Dijkman R., Jonsdottir H., Juma Ngeiywa K.J., Kamau E., Younan M., Al Masri M., Assiri A., Gluecks I., Musa B.E., Meyer B., Müller M.A., Hilali M., Bornstein S., Wernery U., Thiel V., Jores J., Drexler J.F., Drosten C. Link of a ubiquitous human coronavirus to dromedary camels. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2016, vol. 113, iss. 35, pp. 9864-9869. DOI: 10.1073/pnas.1604472113
36. Zhang W., Zheng X.S., Agwanda B., Ommeh S., Zhao K., Lichoti J., Wang N., Chen J., Li B., Yang X.L., Mani S., Ngeiywa K.J., Zhu Y., Hu B., Onyuk S.O., Yan B., Anderson D.E., Wang L.F., Zhou P., Shi Z.L. Serological evidence of MERS-CoV and HKU8-related CoV co-infection in Kenyan camels. *Emerg Microbes Infect.*, 2019, vol. 8, iss. 1, pp. 1528-1534. DOI: 10.1080/22221751.2019.1679610
37. Wang N., Li S.Y., Yang X.L., Huang H.M., Zhang Y.J., Guo H., Luo C.M., Miller M., Zhu G., Chmura A.A., Hagan E., Zhou J.H., Zhang Y.Z., Wang L.F., Daszak P., Shi Z.L. Serological Evidence of Bat SARS-Related Coronavirus Infection in Humans, China. *Virol Sin.*, 2018, vol. 33, no. 1, pp. 104-107. DOI: 10.1007/s12250-018-0012-7
38. Hamre D., Procknow J.J. A new virus isolated from the human respiratory tract. *Proc Soc Exp Biol Med.*, 1966, vol. 121, no. 1, pp. 190-193. DOI: 10.3181/00379727-121-30734
39. McIntosh K., Becker W.B., Chanock RM. Growth in suckling-mouse brain of "IBV-like" viruses from patients with upper respiratory tract disease. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1967, vol. 58, iss. 6, pp. 2268-2273. DOI: 10.1073/pnas.58.6.2268
40. van der Hoek L., Pyrc K., Jebbink M.F., Vermeulen-Oost W., Berkhout R.J., Wolthers K.C., Wertheim-van Dillen P.M., Kaandorp J., Spaargaren J., Berkhout B. Identification of a new human coronavirus. *Nat Med.*, 2004, vol. 10, iss. 4, pp. 368-373. DOI: 10.1038/nm1024
41. Woo P.C., Lau S.K., Chu C.M., Chan K.H., Tsoi H.W., Huang Y., Wong B.H., Poon R.W., Cai J.J., Luk W.K., Poon L.L., Wong S.S., Guan Y., Peiris J.S., Yuen K.Y. Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia. *J Virol.*, 2005, vol. 79, iss. 2, pp. 8884-8895. DOI: 10.1128/JVI.79.2.884-895.2005
42. van der Hoek L. Human coronaviruses: what do they cause? *Antivir Ther.*, 2007, vol. 12, iss. 4, pt. B., pp. 651-658.
43. Peiris J.S., Lai S.T., Poon L.L., Guan Y., Yam L.Y., Lim W., Nicholls J., Yee W.K., Yan W.W., Cheung M.T., Cheng V.C., Chan K.H., Tsang D.N., Yung R.W., Ng T.K., Yuen K.Y.; SARS study group. Coronavirus as a possible cause of severe acute respiratory syndrome. *Lancet*, 2003, vol. 361, iss. 9366, pp. 1319-1325. DOI: 10.1016/S0140-6736(03)13077-2
44. Shchelkanov M.Yu., Ananiev V.Yu., Kuznetsov V.V., Shumatov V.B. Middle East respiratory syndrome: when will smouldering focus outbreak? *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal [Pacific Medical Journal]*. 2015, no. 2, pp. 94-98. (In Russian)
45. Schelkanhov M.Yu., Ananiev V.Yu., Kuznetsov V.V., Shumatov V.B. Epidemic outbreak of mers in the Republic of Korea (May-July, 2015): reasons, dynamics, conclusions. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal [Pacific Medical Journal]*. 2015, vol. 3, pp. 25-29. (In Russian)
46. Haagmans B.L., Al Dahiry S.H., Reusken C.B., Raj V.S., Galiano M., Myers R., Godeke G.J., Jonges M., Farag E., Diab A., Ghobashy H., Alhajri F., Al-Thani M., Al-Marri S.A., Al Romaihi H.E., Al Khal A., Birmingham A., Osterhaus A.D., Alhajri M.M., Koopmans M.P. Middle East respiratory syndrome coronavirus in dromedary camels: an outbreak investigation. *Lancet Infect Dis.*, 2014, vol. 14, iss. 2, pp. 140-145. DOI: 10.1016/S1473-3099(13)70690-X
47. Guo Y.R., Cao Q.D., Hong Z.S., Tan Y.Y., Chen S.D., Jin H.J., Tan K.S., Wang D.Y., Yan Y. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak – an update on the status. *Mil Med Res.*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 11. DOI: 10.1186/s40779-020-00240-0
48. *Vstupitel'noe slovo General'nogo direktora VOZ na brifinge po COVID-19 dlya postoyannykh predstavitel'stv – 12 marta 2020 g.* [WHO Director-General's opening remarks at the Mission briefing on COVID-19 – 12 March 2020]. Available at: <https://www.who.int/ru/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-mission-briefing-on-covid-19---12-march-2020> (accessed 19.06.2020)
49. Zhang T., Wu Q., Zhang Z. Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19 Outbreak. *Curr Biol.*, 2020, vol. 30, iss. 7, pp. 1346-1351. DOI: 10.1016/j.cub.2020.03.022
50. Scott G.B., Keymer I.F. The pathology of measles in Abyssinian Colobus monkeys (*Colobus guereza*): a description of an outbreak. *J Pathol.*, 1975, vol. 117, iss. 4, pp. 229-33. DOI: 10.1002/path.1711170405
51. Zhu W., Yang S., Dong L., Yang L., Tang J., Zou X., Chen T., Yang J., Shu Y. The repeated introduction of the H3N2 virus from human to swine during 1979-1993 in China. *Infect Genet Evol.*, 2015, vol. 33, pp. 20-24. DOI: 10.1016/j.meegid.2015.04.001
52. Allela L., Boury O., Pouillot R., Délicat A., Yaba P., Kumulungui B., Rouquet P., Gonzalez J.P., Leroy E.M. Ebola



virus antibody prevalence in dogs and human risk. *Emerg Infect Dis.*, 2005, vol. 11, no. 3, pp. 385-390. DOI: 10.3201/eid1103.040981

53. Chen W., Yan M., Yang L., Ding B., He B., Wang Y., Liu X., Liu C., Zhu H., You B., Huang S., Zhang J., Mu F., Xiang Z., Feng X., Wen J., Fang J., Yu J., Yang H., Wang J. SARS-associated coronavirus transmitted from human to pig. *Emerg Infect Dis.*, 2005, vol. 11, no. 3, pp. 446-448. DOI: 10.3201/eid1103.040824

54. Leroy E.M., Ar Gouilh M., Brugère-Picoux J. The risk of SARS-CoV-2 transmission to pets and other wild and domestic animals strongly mandates a one-health strategy to control the COVID-19 pandemic. *One Health*, 2020, (In press) DOI: 10.1016/j.onehlt.2020.100133

55. COVID-19 Found on Additional Dutch Mink Farms.

Available at:

[https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=COVID-19%20Found%20on%20Additional%20Dutch%20Mink%20Farms%20\\_The%20Hague\\_Netherlands\\_05-31-2020](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=COVID-19%20Found%20on%20Additional%20Dutch%20Mink%20Farms%20_The%20Hague_Netherlands_05-31-2020) (accessed 16.06.2020)

56. Government of the Netherlands. New results from research into COVID-19 on mink farms. Available at: <https://www.government.nl/latest/news/2020/05/19/new-results-from-research-into-covid-19-on-mink-farms> (accessed 16.06.2020)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Александр М. Шестопалов – основная идея подготовки обзора, рекомендации и общее руководство. Юлия В. Кононова проводила поиск литературы по коронавирусам рукокрылых, участвовала в подготовке рукописи и иллюстративного материала. Алимурад А. Гаджиев консультировал по систематике и экологии рукокрылых. Марина А. Гуляева, Джамалутдин М. Джамалутдинов проводили поиск литературы по коронавирусам SARS-CoV, MERS-CoV и SARS-CoV-2. Маранди Мехди Васфи консультировал по особенностям экологии MERS-CoV. Александр Ю. Алексеев проводил поиск литературы по коронавирусам животных. Михаил Ю. Щелканов консультировал по вопросам современной таксономии коронавирусов, проводил поиск и анализ литературы по коронавирусам человека, участвовал в редактировании рукописи, составлении таблиц и общем руководстве подготовки 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

Alexander M. Shestopalov – the basic idea of preparing a review, recommendations and general guidance. Yulia V. Kononova searched literature for bats coronaviruses, participated in the preparation of the manuscript and illustrative material. Alimurad A. Gadzhiev advised on the taxonomy and ecology of bats. Marina A. Gulyaeva, Jalalutdin M. Jamalutdinov searched the literature on coronaviruses SARS-CoV, MERS-CoV and SARS-CoV-2. Marandi Mehdi Wasfi advised on the environmental features of MERS-CoV. Alexander Yu. Alekseev searched literature on animal coronaviruses. Mikhail Yu. Shchelkanov advised on the issues of modern taxonomy of coronaviruses, conducted a search and analysis of literature on human coronaviruses, participated in editing the manuscript, compiling tables and general guidelines for preparing 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

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

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

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

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

Мехди Васфи Маранди / Marandi Mehdi Vasfi <https://orcid.org/0000-0002-4684-6218>

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

Джамалутдин М. Джамалутдинов / Jalalutdin M. Jamalutdinov <https://orcid.org/0000-0002-9617-2717>

Михаил Ю. Щелканов / Mikhail Yu. Shchelkanov <https://orcid.org/0000-0001-8610-7623>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 593.8:574.7:583 (262.5)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-35-47

## Альтернативные условия массового появления сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) и гребневика *Pleurobrachia pileus* (O.F. Muller, 1776) в планктоне Черного моря

Борис Е. Аннинский , Галина А. Финенко, Наталия А. Дацык

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

### Контактное лицо

Борис Е. Аннинский, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, отдел физиологии животных и биохимии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии Южных Морей им. А.О. Ковалевского РАН; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2.  
Тел. +79788370828  
Email [anninsky\\_b@mail.ru](mailto:anninsky_b@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9614-9392>

### Формат цитирования

Аннинский Б.Е., Финенко Г.А., Дацык Н.А. Альтернативные условия массового появления сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) и гребневика *Pleurobrachia pileus* (O.F. Muller, 1776) в планктоне Черного моря // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 35-47. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-35-47

Получена 08 октября 2019 г.  
Прошла рецензирование 26 ноября 2019 г.  
Принята 15 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Цель исследований – выяснить, какие внешние факторы могут быть движущей силой роста и популяционной динамики двух близких по экологии видов желетелого макропланктона (сцифомедуза *Aurelia aurita* и гребневик *Pleurobrachia pileus*), играющих важную роль в функционировании пелагической экосистемы Черного моря.

**Материалы и методы.** Состояние популяций желетелых оценивали по данным, полученным в 2000-2014 гг. в районе внешнего шельфа Севастопольской бухты, где на 3-х станциях в 2-х милях от берега (глубина 50-70 м) ежемесячно отбирали количественные пробы мезо- и макропланктона. Сопутствующие погодные и гидрологические процессы оценивали по открытым базам данных.

**Результаты.** Установлено, что удельная скорость линейного роста желетелых зависит от погодно-гидрологических условий в зимне-весенние месяцы и от года к году колеблется в пределах 0.85-1.02% сут<sup>-1</sup> – у *A. aurita*, и 0.27-0.47% сут<sup>-1</sup> – у *P. pileus*.

**Заключение.** Внешние факторы неодинаково контролируют рост этих видов. Субширотный перенос теплых воздушных масс, сопровождающийся повышением температуры морской воды, усилением речного стока и циркуляции водных масс в море, приводит к увеличению скорости роста гребневика, субмеридиональное поступление холодного и сухого воздуха – к увеличению скорости роста медузы. В обоих случаях на рост влияет система трофических отношений, по-разному формирующаяся в зависимости от характера погоды в феврале-мае. Рост гребневика обеспечивает синхронное повышение биомассы рачкового зоопланктона, рост медузы – развитие микропланктона и мезопланктонных микрофагов.

### Ключевые слова

Желетелый макропланктон, гребневик *Pleurobrachia*, медуза *Aurelia*, биомасса, скорость роста, межгодовые изменения, Черное море.

# Alternative conditions of mass appearance of the scyphozoan jellyfish, *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), and the ctenophore, *Pleurobrachia pileus* (O.F. Muller, 1776), in plankton of the Black Sea

Boris E. Anninsky , Galina A. Finenko and Natalya A. Datsyk

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

## Principal contact

Boris E. Anninsky, Cand. Sci. (Biol.),  
Leading Researcher, Department of  
Animal Physiology and Biochemistry,  
A.O. Kovalevsky Institute of Biology of  
the Southern Seas, Russian Academy of  
Sciences; 2 Nakhimov Ave, Sevastopol,  
Russia 299011.

Tel. +79788370828

Email [anninsky\\_b@mail.ru](mailto:anninsky_b@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9614-9392>

## How to cite this article

Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A.  
Alternative conditions of mass  
appearance of the scyphozoan jellyfish,  
*Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758), and the  
ctenophore, *Pleurobrachia pileus* (O.F.  
Muller, 1776), in plankton of the Black  
Sea. *South of Russia: ecology,  
development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 35-  
47. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-  
1098-2020-2-35-47

Received 08 October 2019

Revised 26 November 2019

Accepted 15 January 2020

## Abstract

**Aim.** The aim of the study is to find out what external factors may be the driving force behind the growth and population dynamics of two ecologically similar species of gelatinous macroplankton (scyphomedusa *Aurelia aurita* and ctenophore *Pleurobrachia pileus*), which play an important role in the functioning of the pelagic ecosystem of the Black Sea.

**Material and Methods.** The state of zooplankton populations was estimated by data obtained in 2000-2014 in the outer shelf of Sevastopol Bay, where monthly quantitative samples of meso- and macroplankton were taken 2 miles of the coast (depth 50-70 m). Weather and hydrology related changes were assessed using open databases.

**Results.** It was been established that size-specific growth rate of these species depends on weather and hydrological conditions in the winter-spring months and varies from 0.85 to 1.02% day<sup>-1</sup> and from 0.27 to 0.47% day<sup>-1</sup> for *A. aurita* and *P. pileus*, respectively.

**Conclusions.** External factors unequally affect the growth of these species. Sub-latitudinal transit of warm air masses, accompanied by increased river flow and seawater circulation, activates the growth of the ctenophore, while sub-meridional propagation of cold and dry air increases the growth rate of the jellyfish. In both cases, somatic growth is influenced by trophic relations, differing depending on the weather in February-May. The changes in growth of ctenophore occur in parallel with synchronous variations in biomass of crustacea, while that in jellyfish may relate to an abundance of microplankton and its mesoplanktonic consumers.

## Key Words

Gelatinous macroplankton, ctenophore *Pleurobrachia*, jellyfish *Aurelia*, biomass, growth rate, interannual changes, Black Sea.



## ВВЕДЕНИЕ

Сцифомедуза *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) и гребневик *Pleurobrachia pileus* (O.F. Muller, 1776) – массовые виды хищного желетелого макропланктона Черного моря. Они обитают в сходных условиях и, при всем морфологическом своеобразии, считаются близкими по удельному содержанию органического вещества в теле и некоторым эколого-физиологическим характеристикам, таким как – термо- и галотолерантность, уровень обмена и элективность потребления различных видов мезоооупланктона [1; 3]. Будучи холодолюбивыми по своей природе, эти виды при низкой температуре морской воды встречаются по всей толще кислородной зоны моря, а при прогревании ее верхних горизонтов до  $>20^{\circ}\text{C}$  – обычно не поднимаются выше термоклина. При этом их распределение выглядит зеркально противоположным по отношению друг к другу: гребневик в своей массе преимущественно концентрируется у нижней границы кислородной зоны, а медуза – в районе термоклина или чуть ниже его [1; 4].

Межпопуляционные трофические отношения между *A. aurita* и *P. pileus* в основном носят характер конкуренции, хотя случаи поедания медузой мелких особей гребневика также нередки. Кроме того, в Черном море *P. pileus* поедается другими гребневыми: чаще стенофагом *Beroe ovata* (Mayer, 1912), а в межсезонье, по нашим наблюдениям, иногда и крупными особями *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1860).

Изменения в системе пелагических трофических связей под влиянием климатических и других факторов [5; 8] приводят к тому, что ежегодно популяции *A. aurita* и *P. pileus* оказываются в более или менее благоприятных условиях для своего развития. Из-за межгодовых различий в темпах воспроизводства, роста и смертности, биомасса особей в этих популяциях в каждый новый сезон может отличаться от прежней, нередко меняясь непредсказуемо по направлению или амплитуде [4; 9; 10]. В этом исследовании мы попытались выяснить – какие внешние факторы могут регулировать активность роста и межгодовую популяционную динамику двух близких по образу жизни и экологии видов желетелого макропланктона, играющих важную роль в функционировании планктонного пелагического сообщества Черного моря.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состояние популяций *A. aurita* и *P. pileus* в Черном море оценивали по данным, полученным в 2000-2014 гг. в зоне внешнего шельфа Крыма у Севастопольской бухты, где на 3-х станциях, находящихся на расстоянии ~2-х миль от берега (глубина 50-70 м) ежемесячно отбирали количественные пробы мезо- и макропланктона. Местоположение станций было определено с учетом того, что сообщество планктонных организмов в этом регионе формируются и под влиянием водных масс, переносимых Основным Черноморским течением (ОЧТ) из глубоководных районов моря, и под влиянием вод Северо-западного шельфа (Севастопольский антициклон) [11]. Для сбора желетелого макропланктона использовали сеть Богорова-Расса (входной диаметр 80 см, газ 500  $\mu\text{m}$ ), для мезопланктона – сеть Джеди (входной диаметр 36 см, газ 112  $\mu\text{m}$ ) которыми производили вертикальные

ловы от дна до поверхности моря. Выловленных желетелых подсчитывали и измеряли с точностью до ~1 мм: у медузы находили диаметр зонтика между статоцистами в момент пульсационного расслабления, у гребневика – орально-аборальную длину. Массу тела рассчитывали по известным линейно-весовым соотношениям [10]. Пробы мезопланктона фиксировали 4% (V/V) раствором забуференного формалина и обрабатывали позже в лабораторных условиях, определяя организмы по возможности до вида и стадии развития.

Среднегодовую биомассу (а при необходимости, также численность, диаметр или длину тела, количество эфир или личинок) медузы и гребневика находили по 12-ти ежемесячным средним для 3-х станций. Удельную скорость линейного роста особей рассчитывали исходя из времени наиболее массового появления в планктоне личиночных стадий (середина марта – для медузы и середина апреля – для гребневика) и условно экспоненциальной зависимости их последующего роста [12].

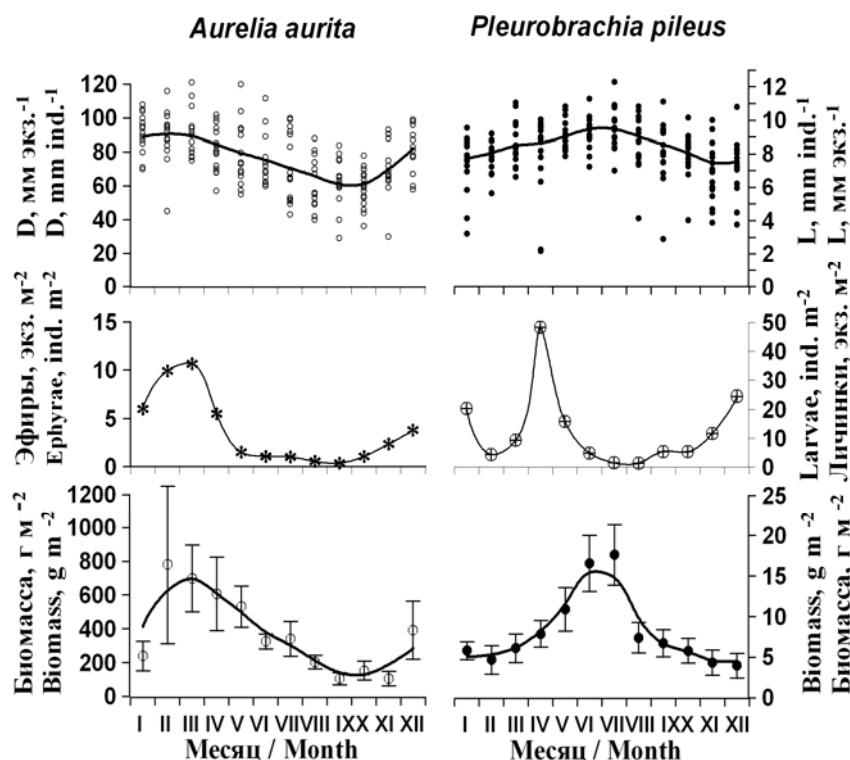
Значения климатических индексов и температуру воды у поверхности моря оценивали по базам данных (<http://www.ncdc.noaa.gov> и <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>, соответственно), имеющимся в свободном доступе. Данные по содержанию биогенов в морской воде в 1999-2006 гг. и объему речного стока Дуная в 1999-2008 гг. были взяты из литературных источников [13; 14].

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием стандартного программного обеспечения Grapher 3 для Windows.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследовании межгодовой динамики планктонных популяций необходимо четко представлять их состояние в различные периоды годового цикла. Это тем более важно в связи с тем, что качественный и количественный составы популяций *A. aurita* и *P. pileus* претерпевают в течение года закономерные изменения, происходящие в строго определенной последовательности (рис. 1).

Эфиры аурелии появляются в планктоне круглый год, однако их массовое отделение от стробилирующих полипов (сцифистом) ежегодно наблюдается в феврале-марте. В это же время зонтик взрослых нерестящихся особей прежнего весеннего поколения достигает максимальных размеров. Отнерестившись, эти особи перестают питаться и на протяжении 3-х-6-ти месяцев деградируют морфофизиологически, разрушаясь, в конечном счете. Соответственно, в разные сезоны популяция медузы может быть представлена особями 2-х, а в сентябре-октябре – 3-х поколений. Период активной жизни аурелии близок к 1 году, а в течение ~1.5 лет популяция обновляется полностью. Биомасса медузы изменяется параллельно сезонной динамике размеров особей. Будучи максимальной в феврале-марте она снижается до минимума в сентябре-ноябре (доминирует отмирающее поколение прошлого года), после чего резко усиливается обратный процесс (доминирует весеннее поколение этого года). По амплитуде между этими величинами возможны в среднем ~5-кратные различия, а среднегодовая биомасса меньше максимальной весенней примерно вдвое.



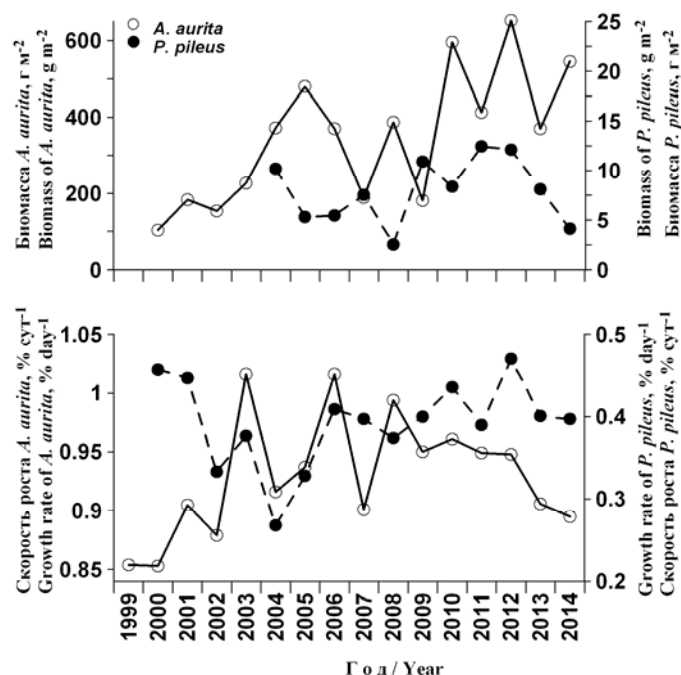
**Рисунок 1.** Среднегодовая сезонная динамика размеров тела (мм экз.<sup>-1</sup>), численности планктонных личинок (экз. м<sup>-2</sup>) и биомассы (г м<sup>-2</sup>) медузы *Aurelia aurita* и гребневика *Pleurobrachia pileus* в районе внешнего шельфа Севастопольской бухты за период 1999-2014 гг.

**Figure 1.** The average seasonal dynamics of body size (mm ind.<sup>-1</sup>), planktonic larval number (ind. m<sup>-2</sup>) and biomass (g m<sup>-2</sup>) of the jellyfish *Aurelia aurita* and ctenophore *Pleurobrachia pileus* in the outer shelf area of Sevastopol Bay for the period 1999-2014

Гребневик *P. pileus* размножается активнее медузы в течение всего года, и в отличие от нее, у него два периода интенсивного нереста: в декабре-январе и апреле-мае. Весенний пик размножения выражен сильнее. Его запаздывание по отношению ко времени появления наиболее крупных особей (июнь-июль) указывает, очевидно, на многопорционный вымет яиц, постепенно затухающий, как и соматический рост, к середине лета. К осени эти особи в большинстве своем гибнут и разрушаются, вследствие чего биомасса всей популяции снижается в 2-3 раза. В октябре-ноябре ее в основном формирует зимне-весеннее поколение этого года, крупные экземпляры (длиной – до 25 мм) более ранних поколений встречаются единично. Скорее всего, они представлены уже осенним поколением прошлого года, полностью исчезающим к зиме. Таким образом, срок активной жизни у *P. pileus*, как и медузы, достигает ~1 года, но, в отличие от нее, гребневика гибнут и разлагаются очень быстро, не образуя сколь-нибудь существенных скоплений из отмирающих особей.

Удельная скорость линейного роста, рассчитанная по времени массового появления личиночных и более поздних возрастных стадий (в позитивную фазу сезонной динамики размеров) могла в разные годы достигать 0.85-1.02% сут.<sup>-1</sup> – для *A. aurita*, и 0.27-0.47% сут.<sup>-1</sup> – для *P. pileus* (рис. 2).

У обоих видов она варьировала асинхронно по отношению друг к другу и независимо от среднегодовой биомассы ( $p > 0.05$ ). В большинстве случаев высокая скорость роста желетелых приводила к повышению их биомассы на следующий год. Но иногда (в 2007 и 2009 гг.) из-за резкой остановки роста медузы в январе-феврале ее прошлогодняя генерация не имела особого влияния на среднегодовую биомассу. По-видимому, среднегодовая биомасса (как и численность) желетелых не всегда может быть свидетельством лучших условий для популяции в том же году. Будучи интегральной характеристикой по своей сути, она зависит от активности многих физиологических процессов (воспроизводство, рост и элиминация особей), а также межпопуляционных отношений (выедание хищниками). У медузы ее во многом определяет весенняя амплитуда биомассы (нерестовые скопления), а также обычно медленная скорость отмирания этого, функционально неактивного, но все еще присутствующего в планктоне поколения в период с марта по сентябрь; у *P. pileus* – пресс хищничества других желетелых (особенно *B. ovata*) и, возможно, рыб. Немаловажно и то, что из-за агрегированного распределения особей обоих видов, оценки их биомассы при небольшом количестве проб не всегда могут быть достаточно репрезентативны.



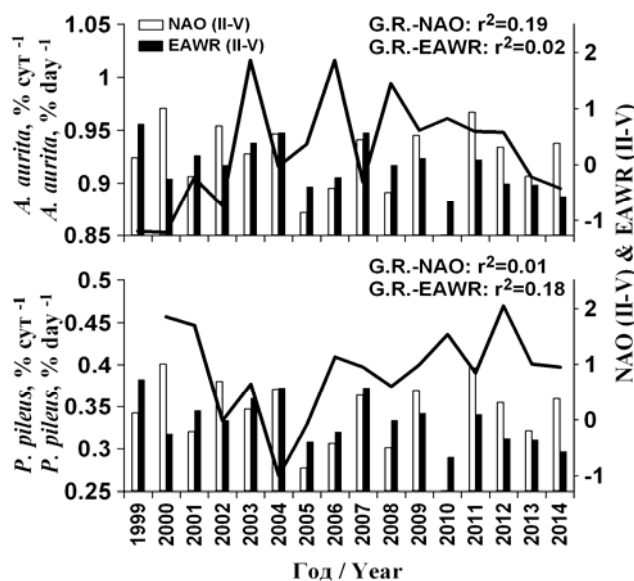
**Рисунок 2.** Межгодовая динамика биомассы ( $\text{г м}^{-2}$ ) и скорости линейного роста ( $\% \text{сут.}^{-1}$ ) у *Aurelia aurita* и *Pleurobrachia pileus* в районе внешнего шельфа Севастопольской бухты

**Figure 2.** Interannual dynamics of biomass ( $\text{g m}^{-2}$ ) and size-specific growth rate ( $\% \text{day}^{-1}$ ) for *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* in the outer shelf area of Sevastopol Bay

Скорость соматического роста наиболее массового весеннего поколения — несомненно, более объективный критерий того — насколько сформировавшиеся условия обитания в этом году оказались приемлемыми для развития популяций. Хотя эффективность генеративного обновления, непосредственно влияющая на численность нового поколения, часто не менее важна для популяций, она в конечном счете также существенно регулируется соматическим ростом особей. Так, несмотря на вдвое меньшую численность крупных особей и вдвое

меньшее количество эфир весеннего поколения, биомасса медузы в 2010 г. ( $596 \text{ г м}^{-2}$ ) из-за быстрого роста была выше, чем в 2014 г. ( $546 \text{ г м}^{-2}$ ). Мы не нашли связи между скоростью соматического роста и численностью эфир *A. aurita* в том же году ( $r^2=0.01$ ;  $p>0.05$ ).

Межгодовые изменения в скорости роста рассматриваемых видов неодинаково зависели от характера погодной активности, определяемой атмосферным давлением в Северной Атлантике (NAO) в первую половину года (рис. 3).



**Рисунок 3.** Влияние атмосферной активности NAO и EAWR (в феврале-мае) на скорость линейного роста (G.R.,  $\% \text{сут.}^{-1}$ ) у *Aurelia aurita* и *Pleurobrachia pileus* в районе внешнего шельфа Севастопольской бухты

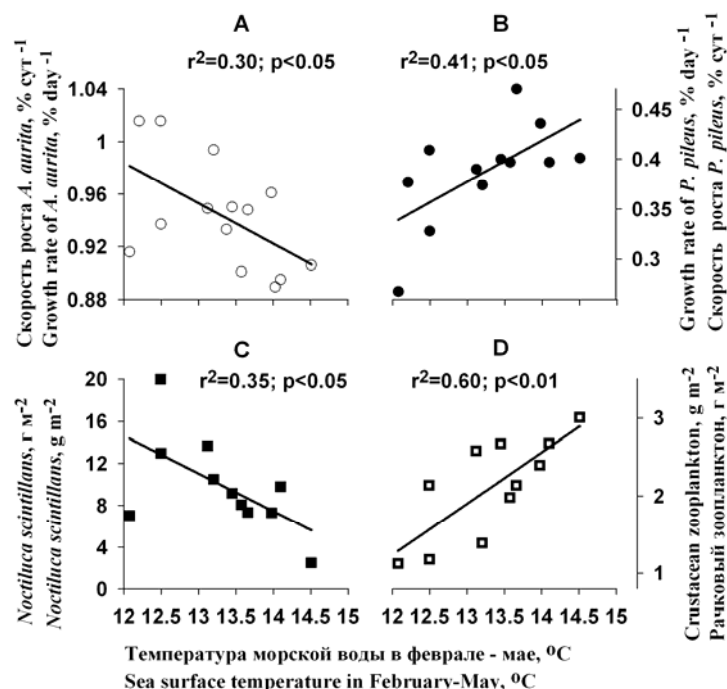
**Figure 3.** The effect of atmospheric activity of NAO and EAWR (in February-May) on size-specific growth rate (G.R.,  $\% \text{day}^{-1}$ ) of *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* in the outer shelf area of Sevastopol Bay

Скорость роста медузы повышалась в отрицательную фазу NAO в феврале-мае и снижалась при обратном изменении атмосферного давления ( $r^2=0.25$ ;  $p<0.05$ ). Скорость роста гребневика от таких колебаний NAO в 2000-2014 гг. достоверно не зависела ( $p>0.05$ ) и находилась под влиянием этой климатической системы преимущественно в июле ( $r^2=0.20$ ). Одновременные колебания атмосферного давления в Восточно-Атлантическом – Западно-Российском секторе Евразии (EAWR) не оказывали существенного влияния на скорость роста гребневика ( $r^2=0.18$ ;  $p>0.05$ ) и, тем более, медузы ( $r^2=0.02$ ;  $p>0.05$ ).

В годы благоприятные для роста медузы температура морской воды в феврале-мае была ниже, а сток Дуная меньше, чем обычно (рис. 4, 5). И наоборот, замедление скорости роста *A. aurita* происходило в годы с более высокой температурой морской воды и сильным паводковым стоком Дуная в феврале-мае. Обратные зависимости получены для гребневика *P. pileus*, растущего быстрее при более высокой температуре морской воды в феврале-мае ( $p<0.05$ ), а также при усилении речного стока в эти месяцы ( $r^2=0.38$ ;  $p>0.05$ ). Особенно сильное влияние на рост медузы оказывал сток Дуная в феврале ( $r^2=0.72$ ;  $p<0.01$ ) и феврале-марте ( $r^2=0.72$ ;  $p<0.01$ ), а подобные зависимости относительно максимальной амплитуды весеннего паводка и среднегодового стока Дуная были строже ( $r^2=0.28$  и  $0.43$ , соответственно), чем от стока в феврале-мае ( $r^2=0.25$ ). И хотя по отношению к скорости роста обоих видов используемые показатели стока Дуная оказались малорепрезентативны, они во всех случаях указывают на то, что его усиление в период с 2003 по 2013 гг. отражалось негативно на популяции медузы, и позитивно – на популяции гребневика.

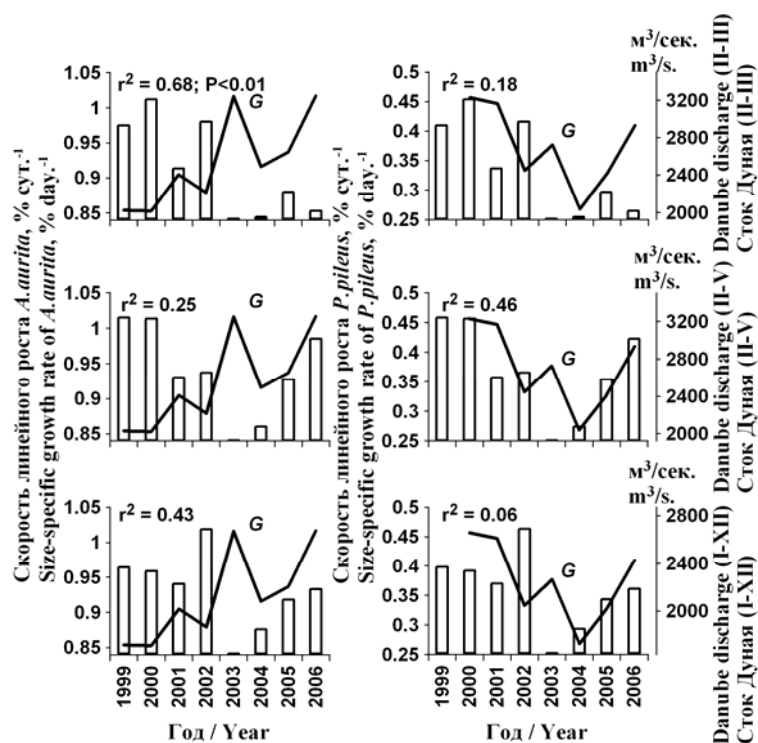
Тот же, что и для *P. pileus* характер зависимости от температуры морской воды в феврале-мае отмечен для биомассы Copepoda ( $r^2=0.36$ ;  $p<0.05$ ), а также планктонных рачков в целом ( $r^2=0.43$ ;  $p<0.05$ ). Однако биомасса крупной флагеллаты *Noctiluca scintillans* изменялась с температурой моря в этот период ( $r^2=0.35$ ;  $p<0.05$ ) параллельно скорости роста медузы. Для биомассы хетогнаты *Parasagitta setosa* и кладоцеры *Pleopis polyphemoides* связи с температурой морской воды в первую половину года обнаружено не было.

Аналогичный характер температурных зависимостей для скорости роста обоих хищников и биомассы некоторых видов мезопланктона указывает на вероятную сопряженность роста желетелых с обилием указанных мезопланктонных организмов. Действительно, скорость роста гребневика положительно коррелировала с биомассой копепоид ( $r^2=0.38$ ;  $p<0.05$ ), планктонных рачков ( $r^2=0.43$ ;  $p<0.05$ ) и кормового мезозoopланктона в целом ( $r^2=0.52$ ;  $p<0.01$ ). Скорость роста медузы не зависела от биомассы этих компонентов мезопланктона и была связана лишь с биомассой ночесветки *N. scintillans* ( $r^2=0.43$ ;  $p<0.05$ ), в меньшей степени – хетогнат ( $r^2=0.17$ ;  $p>0.05$ ), кладоцеры *Pleopis polyphemoides* ( $r^2=0.12$ ;  $p>0.05$ ) и аппендикулярии *Oikopleura dioica* ( $r^2=0.06$ ;  $p>0.05$ ). Связь между скоростью роста медузы и суммарной биомассой микрофагов и микропланктонных хищников (*N. scintillans*, *P. setosa*, *O. dioica*, *P. polyphemoides*, *Paracalanus parvus*) оказалась наиболее сильной ( $r^2=0.47$ ;  $p<0.05$ ) при всех возможных комбинациях. Добавление в этот список мелких копепоид *Oithona similis* и/или *O. davisae*, хотя и крайне незначительно, но ослабляло силу связи.



**Рисунок 4.** Связь между приповерхностной температурой морской воды (°C) в феврале-мае и скоростью линейного роста (% сут.<sup>-1</sup>) у *Aurelia aurita* (A) и *Pleurobrachia pileus* (B), а также биомассой ночесветки (C) и рачкового зоопланктона (D) (г м<sup>-2</sup>) в Черном море

**Figure 4.** Relationship between sea surface temperature (°C) in February-May and size-specific growth rate (% day<sup>-1</sup>) of *Aurelia aurita* (A) and *Pleurobrachia pileus* (B), as well as biomass of the flagellate *Noctiluca scintillans* (C) and planktonic crustaceans (D) (g m<sup>-2</sup>) in the Black Sea



**Рисунок 5.** Зависимость скорости линейного роста (% сут.<sup>-1</sup>) у *Aurelia aurita* и *Pleurobrachia pileus* от стока Дуная (м<sup>3</sup> сек.<sup>-1</sup>) в феврале-марте, феврале-мае и среднегодового стока

**Figure 5.** Dependence of size-specific growth rate (% day<sup>-1</sup>) of *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* from Danube discharge (m<sup>3</sup> sec<sup>-1</sup>) in February-March, February-May and its average annual discharge

Бассейн Черного моря находится под влиянием двух климатических систем: Североатлантической осцилляции (NAO) и Восточно-Атлантической – Западно-Российской (EAWR) климатической системы, определяющих поступление в этот регион воздушных масс из районов Атлантики, Арктики, а также с юго-западного и юго-восточного направлений [15; 16]. Считается, что в негативную фазу NAO в бассейне Черного моря формируются более теплые и влажные погодные условия, приводящие к повышению температуры морской воды и большему опреснению поверхностной эпипелагиали за счет увеличения количества осадков и речного стока. Тот же характер погоды в зимний период обычно наблюдается при отрицательных значениях EAWR. Взаимодействие этих климатических систем может усиливать, либо ослаблять влияние друг друга [17]. По-видимому, отчасти этим обусловлено то, что вопреки общей закономерности, негативной фазе NAO в первую половину года соответствовали антициклональные погодные и гидрологические условия (сухие, холодные воздушные массы, пониженная температура поверхности моря), а позитивной фазе NAO – условия, характерные для циклонов (влажные, теплые воздушные массы, повышенная температура поверхности моря). Низкотемпературные погодные и сопутствующие гидрологические явления обычно наблюдаются при NAO<0 и EAWR>0, когда в бассейн Черного моря проникает сухой и холодный воздух Арктики и Северной Атлантики. Проникновение в этот регион теплых и сухих воздушных масс с юго-востока возможно при комбинации NAO>0 и EAWR<0.

Другой причиной возможной инверсии связи между колебаниями NAO и особенностями погоды может быть то, что эта связь в межсезонье может и не соответствовать тому, что обычно происходит в течение всего года или на протяжении межгодовых климатических периодов. Известно, например, что при отсутствии значимой корреляции между NAO и среднегодовой температурой поверхности Черного моря, подобная связь достоверно проявляется лишь в междесятилетнем масштабе [16].

Все это дает основание утверждать, что на самом деле нет алогичности в становлении холодной сухой погоды при негативных значениях NAO в феврале-мае и теплой влажной погоды – при позитивных значениях NAO в те же месяцы. Условия благоприятные для соматического роста *A. aurita* формируются в этот период при NAO<0, а у *P. pileus* – по-видимому, не зависят от фазы NAO.

Известно, что погодные явления в атмосфере могут влиять на сообщества морских организмов прямо (например, через температуру, «преобразующую климатический сигнал в экологические процессы») и/или опосредовано, изменяя освещенность, многие свойства приповерхностной эпипелагиали, компоненты речного стока и водный баланс в целом [15]. Хотя зависимость скорости роста медузы и гребневика от температуры поверхности моря в феврале-мае и объема паводкового стока Дуная не подлежит сомнению, она не означает, что именно эти физические факторы были непосредственной причиной изменения темпа роста данных видов. Действительно, по этим данным, скорость роста у *A. aurita* начинала падать уже при повышении температуры морской воды до >14°C,



тогда как при прочих благоприятных условиях, это происходит только при  $>20^{\circ}\text{C}$  [2]. Сопряженные с температурой колебания речного стока Дуная – это лишь сопутствующие проявления определенного характера погоды, при которой лучше развивается популяция медузы (прохладные, маловодные погодные условия в первую половину года), либо – популяция гребневика (теплые, дождливые погодные условия в первую половину года). Если в последнем случае очевидной причиной активного роста популяции может быть синхронное увеличение количества рачкового зоопланктона – основного источника пищи гребневика, то замедление скорости роста медузы в тех же условиях, кажется, по меньшей мере, странным. Вместе с тем известно, что в Северном море более холодные и безветренные погодные условия в зимне-весенний период года влияют позитивно на популяцию *A. aurita* и обычно приводят к возрастанию численности и биомассы медузы в летние месяцы [18]. В юго-западной части этого региона (Вадденское море) биомасса медузы достоверно повышалась при более низкой температуре морской воды в прежнюю зиму [19].

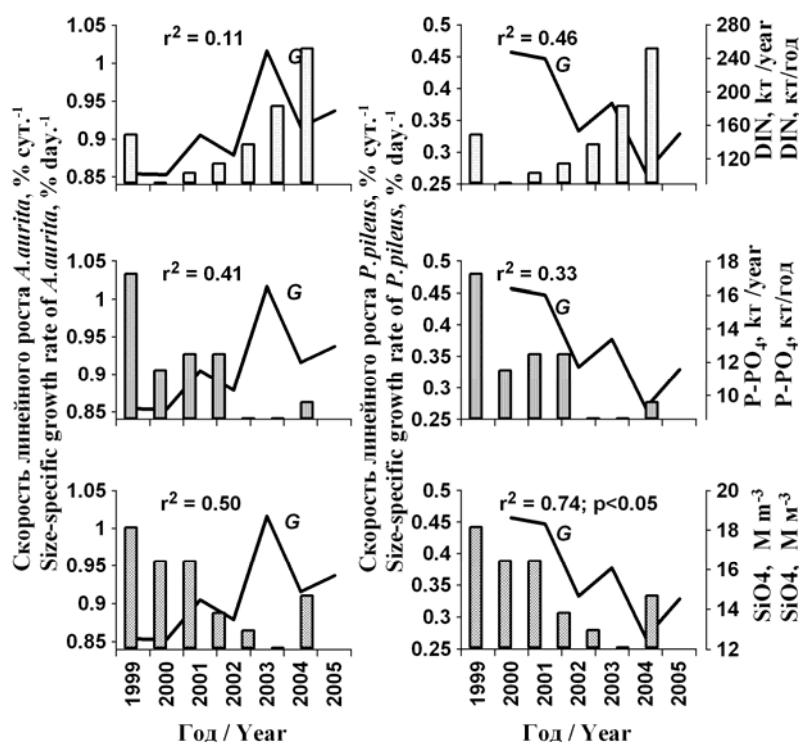
Связь между скоростью роста медузы и биомассой ночесветки, хетогнат, а также микрофагов и микропланктонных хищников в целом, дает основание предположить, что развитие популяции *A. aurita* в Черном море в основном контролируется специфической системой трофических отношений, формирующихся в зависимости от характера погоды в зимне-весенние месяцы. Хотя среднегодовая биомасса ночесветки может иногда достигать  $>20 \text{ г м}^{-2}$ , этот вид потребляется медузой редко и с более низкой вероятностью ( $<0.1$ ), чем рачковый зоопланктон ( $\sim 0.5$ ) [2]. Хетогнаты (*P. setosa*) и аппендикулярии (*O. dioica*) потребляются с той же вероятностью, что и рачки, но биомасса каждого вида (а нередко и обоих) обычно не превышает  $1 \text{ г м}^{-2}$ . Еще меньшая часть рациона медузы может быть образована за счет копеподы *P. parvus* (биомасса, обычно  $<0.5 \text{ г м}^{-2}$ ) и кладоцеры *P. polyphemoides* ( $<0.05 \text{ г м}^{-2}$ ). Следовательно, сами эти виды (возможно, за исключением *O. dioica*, чья биомасса заметно ниже в годы с большим обилием медузы) не могут быть основным источником пищи *A. aurita*, а позитивная корреляция между их биомассой и скоростью роста этого хищника – скорее всего свидетельство общей стратегии питания, ориентированной на потребление микропланктона, либо мельчайших клеток и органических частиц (вплоть до растворенных соединений), которые вызывают его развитие.

В этой связи заслуживает внимание то, что некоторые принципиальные вопросы трофологии *A. aurita* остаются по-прежнему неясными [20]. Пищевые потребности медузы обычно значительно превышают их возможную компенсацию за счет мезопланктонных жертв [21]. Не исключено, что трофический статус *A. aurita*, в отличие от такового гребневиков-планктофагов, может быть немногим выше, чем у копепод [22]. Активное потребление ею наряду с мезопланктоном также и разнообразного микропланктона, наблюдалось во многих случаях и было подтверждено экспериментально [23-26]. Кроме

него возможна утилизация этим видом и некоторых фракций растворенного органического вещества (РОВ) – гомогенизированных рачков, пептидов и отдельных аминокислот [27]. Поскольку в верхней эпипелагиали Черного моря среднегодовая концентрация гетеротрофного микропланктона – бактерий, флагеллат, инфузорий, мелких коловраток и ювенильных стадий планктонных организмов в среднем достигает  $49 \pm 25 \text{ мкг C/l}$  ( $\sim 0.05 \text{ г/м}^3$ ) [28] их суточная продукция (П/Б = 0.2-1.0) сопоставима здесь с продукцией всего мезозоопланктона. Не менее чем на 2 порядка выше этого концентрация РОВ, в морской воде по Сорг. обычно составляющая  $200-300 \text{ мкг}$  ( $\sim 2-3 \text{ г/м}^3$ ) [29]. Следовательно, пищевой вклад микропланктона и РОВ в рацион медузы также должен быть значительным и, с учетом обычно сильной диспропорции между метаболическими тратами и количеством потребляемого мезопланктона [21], не меньшим, чем дает медузе потребление мезопланктонных жертв.

Отсутствие связи между скоростью роста медузы и биомассой рачкового зоопланктона и в то же время подобная связь с биомассой микрофагов и микропланктонных хищников, таких, в частности, как хетогнаты [30] – очевидное свидетельство того, что в годы благоприятные для популяции *A. aurita* активнее функционировала микробная трофическая цепь (microbial loop): бактерии – протисты – потребители микропланктона [25; 31]. В годы с большой биомассой крупного рачкового зоопланктона, обеспечивающего высокую скорость роста у *P. pileus*, трофические взаимоотношения в экосистеме были в основном пастбищного типа: одноклеточные водоросли – планктонные рачки – мелкие пелагические рыбы и прочие планктонные хищники. Это не означает, что крупный рачковый планктон вообще не оказывает влияния на рост особей в популяции *A. aurita*. Крайний оппортунизм в потреблении планктона (от микроорганизмов до крупных рачков и личинок рыб) способствует её выживанию во всех случаях, тогда как *P. pileus* по сравнению с медузой выглядит более консервативным видом [1; 3].

В пользу того, что разновекторные изменения в скорости роста желтелых вызваны межгодовыми колебаниями трофической структуры пелагических экосистем говорит сопряженность между этими физиологическими параметрами и содержанием основных биогенных элементов в морской воде (рис. 6). В 1999-2006 гг. скорость роста медузы снижалась при накоплении в морской воде концентрации силикатов и фосфатов, и повышалась – при большем поступлении в море соединений неорганического азота. Для биомассы, численности особей, а также численности эфир *A. aurita* связь с содержанием неорганического азота в морской воде имела аналогичный характер и была статистически значимой ( $r^2=0.97, 0.73$  и  $0.81$ , соответственно;  $p<0.05$ ). Скорость роста *P. pileus* по отношению к этим соединениям в морской воде изменялась противоположным образом: была выше при большей концентрации силикатов и фосфатов и – ниже при накоплении в море соединений неорганического азота.



**Рисунок 6.** Зависимость скорости линейного роста у *Aurelia aurita* и *Pleurobrachia pileus* (% сут.<sup>-1</sup>) от количества неорганического азота (DIN кг год<sup>-1</sup>) и фосфатов (P-PO<sub>4</sub>, кг год<sup>-1</sup>), поступающих в море со стоком Дуная, а также концентрации силикатов (SiO<sub>4</sub>, μM м<sup>-3</sup>) в морской воде

**Figure 6.** Dependence of linear growth rate of *Aurelia aurita* and *Pleurobrachia pileus* (% day<sup>-1</sup>) from amounts of inorganic nitrogen (DIN, kt year<sup>-1</sup>) and phosphates (P-PO<sub>4</sub>, kt year<sup>-1</sup>) amounts entering the sea with Danube discharge, as well as of surface silicate concentration (SiO<sub>4</sub>, μM m<sup>-3</sup>) in sea water

Так как поступление в море фосфатов и тем более силикатов во многом зависит от паводкового речного стока, их концентрация в поверхностной эпипелагиали обычно повышается с увеличением его объема [13]. Этому не может не способствовать и усиливающаяся циркуляция водных масс в море в данных погодных условиях [16]. Силикаты исключительно важны для роста диатомовых водорослей, а фосфаты (чье поступление со стоком Дуная сократилось вдвое с 1983 г. [13] – также и для прочего фитопланктона. Следовательно, в годы с обильным речным стоком в море формируются более благоприятные биогенные условия для диатомового и другого фитопланктона, а значит и для функционирования пастбищной трофической цепи в целом. Закономерный результат таких отношений – увеличение биомассы рачкового зоопланктона и активный рост его потребителей, в том числе *P. pileus*. По не вполне понятным причинам (склонности к потреблению микропланктона, недоступности для медузы отдельных видов мезопланктона и других особенностей её трофологии [20; 23; 26]) *A. aurita* в этих условиях обычно растет медленнее, чем в климатических условиях, приводящих к низкому уровню паводкового стока и слабому обогащению эпипелагиали силикатами и фосфатами. Хотя в годы с относительно прохладной, сухой и безветренной погодой в зимне-весенние месяцы биомасса рачкового зоопланктона значительно ниже, некоторые другие, вероятно более доступные компоненты мезопланктона (хетогнаты, аппендикулярии, *N. scintillans*) вкуче с микропланктоном и

РОВ обеспечивают медузе в это время более высокую скорость роста.

Ранее высказывалось предположение, что межгодовые колебания биомассы зоопланктона и его потребителей в Черном море в значительной степени регулируются абиотическими факторами и, прежде всего, температурой, позитивно влияющей на продуктивность мезозоопланктонных видов [15]. В действительности эта связь не столь однозначна: в годы с ранней весной большей биомассы достигают популяции рачкового зоопланктона, аппендикулярии и облигатные зоопланктонные хищники (в том числе *P. pileus*), в годы с поздней весной увеличивается биомасса ночесветки и хетогнат, и повышается скорость роста у *A. aurita*. Это может означать, что для многих планктонных популяций важна не высокая или низкая температура на протяжении всего года, а тепловые (или сопряженные с ними гидрологические и биотические условия) в короткие критические периоды жизненного цикла, в частности, при формировании очередных генераций и последующем росте молодежи [32].

С практической точки зрения закономерен вопрос – каковы последствия таких изменений в экосистеме для популяций мезопелагических рыб-планктофагов? На первый взгляд они очевидны. Увеличение количества рачкового планктона в годы благоприятные для гребневика должно также приводить и к лучшей кормовой обеспеченности нагула рыб, повышению их жирности и плодовитости. И наоборот, в годы благоприятные для медузы более

вероятным может быть некоторое ослабление этих популяций, в частности проявляющееся в снижении жирности и плодовитости особей. Действительно, жирность такого массового пелагического вида рыб как шпрот *Sprattus sprattus phalericus* (Risso), была минимальной при наиболее высокой за 18 лет скорости соматического роста *A. aurita* в 2006 г. [33; 34]. Кроме того, в последние годы при явной тенденции к измельчанию медуз, в море возросло количество ихтиопланктона – больше стало не только икры и личинок, но и активно нерестующих видов [3]. Тем не менее, пока, по-видимому, преждевременно проводить параллель между различиями в скорости роста массовых видов желтелого макропланктона и развитием популяций рыб-планктофагов, уже потому, что последние формируются в течение нескольких (обычно – 3-х-4-х) лет жизни, иногда контрастных по своим условиям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, несмотря на близкую термотолерантность и сопоставимый состав мезопланктонных жертв гребневика *P. pileus* и медузы *A. aurita*, эти виды желтелых в Черном море отличаются разновекторными колебаниями скорости соматического роста, зависящими от характера погоды в зимне-весенние месяцы. Субширотный перенос теплых воздушных масс, сопровождающийся усилением речного стока и циркуляции вод в море, приводит в конечном счете к увеличению скорости соматического роста *P. pileus*, субмеридиональное поступление холодного и сухого воздуха – к увеличению скорости роста у *A. aurita*. В обоих случаях на рост, скорее всего, влияет система трофических отношений, по-разному формирующаяся в зависимости от погоды в феврале-мае. Увеличению скорости роста гребневика способствует повышение биомассы рачкового зоопланктона, увеличению скорости роста медузы, судя по синхронному повышению биомассы флагеллат и хетогнат, – активизация микробальной трофической цепи. Необходимы дополнительные данные для понимания механизмов этого влияния и оценки микрзоопланктона и растворенного органического вещества, как возможного источника пищи медузы.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа подготовлена по теме № AAAA-A18-118021490093-4 государственного задания ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» а также гранту РФФИ №18-44-920022

## ACKNOWLEDGMENT

The studies were conducted under the State Project of «A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS» No. AAAA-A18-118021490093-4 and the grant No. 18-44-920022 from the Russian Foundation for Basic Research.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mutlu E., Bingel F. Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. I.

- Pleurobrachia pileus* // Marine Biology. 1999. V. 135. Iss. 4. P. 589-601. DOI: 10.1007/s002270050660
2. Anninsky B.E. Organic composition and ecological energetics of jellyfish *Aurelia aurita* L. (Cnidaria, Scyphozoa) under the Black Sea conditions // Trophic relationships and Food Supply of Heterotrophic Animals in the Pelagic Ecosystem of the Black Sea. Eds. Shulman G.E. et al. Istanbul. Turkey: Black Sea Commission Publications. 2009. P. 99-160.
3. Riisgård H.U., Goldstein J., Lundgreen K., Lüsckow F. Jellyfish and Ctenophores in the Environmentally Degraded Limfjorden (Denmark) During 2014 - Species Composition, Population Densities and Predation Impact // Fisheries and Aquaculture Journal. 2015. V. 6. Iss. 3. 137 p. DOI: 10.4172/2150-3508.1000137
4. Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Mikaelyan A.S., Nezlin N.P. Temporal (seasonal and interannual) changes of ecosystem of the open waters of the Black Sea // Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies. Eds. Besiktepe S., Unluata U., Bologa A.S. Dordrecht et al.: Kluwer Acad. Publ. 1999. NATO ASI Series V. 56. P. 109-129.
5. Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. V. 106. Iss. 31. P. 12788-12793. DOI: 10.1073/pnas.0902080106
6. Condon R.H., Duarte C.M., Pitt K.A., Robinson K.L., Lucas C.H., Sutherland K.R., Mianzan H.W., Borgeberg M., Purcell J.E., Decker M.B., Uye S., Madin L.P., Brodeur R.D., Haddock S.H.D., Malej A., Parry G.D., Eriksen E., Quinones J., Acha M., Harvey M., Arthur J.M., Graham, W.M. Recurrent jelly fish blooms are a consequence of global oscillations // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2013. V. 110. Iss. 3. P. 1000-1005. DOI: 10.1073/pnas.1210920110
7. Kogovšek T., Vodopivec M., Raicich F., Uye S., Malej A. Comparative analysis of the ecosystems in the northern Adriatic Sea and the Inland Sea of Japan: Can anthropogenic pressures disclose jellyfish outbreaks? // Science of the Total Environment. 2018. V. 626. P. 982-994. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.011
8. Stanev E.V., Peneva E., Chtirkova B. Climate change and regional ocean water mass disappearance: Case of the Black Sea // Journal of Geophysical Research: Oceans. 2019. V. 124. Iss. 7. P. 4803-4819. DOI: 10.1029/2019JC015076
9. Mutlu E. Recent distribution and size structure of gelatinous organisms in the southern Black Sea and their interactions with fish catches // Marine Biology. 2009. V. 156. P. 935-957. DOI: 10.1007/s00227-009-1139-8
10. Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A., Ignatyev S.M. Gelatinous macroplankton in the Black Sea in the autumn of 2010 // Oceanology. 2013. V. 53. Iss. 6. P. 676-685. DOI: 10.1134/S0001437013060015
11. Finenko G.A., Anninsky B.E., Datsyk N.A. *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora: Lobata) in the Inshore Areas of the Black Sea: 25 Years After Its Outbreak // Russian Journal of Biological Invasions. 2018. V. 9. Iss. 1. P. 86-93. DOI: 10.1134/S2075111718010071
12. Заика В.Е. Аллометрия скоростей роста, питания и метаболизма гребневиков и медуз // Экология моря. 2002. Т. 59. С. 42-47.

13. Oguz T., Velikova V., Cociasu A., Korchenko A. The state of eutrophication // State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). Ed. by T. Oguz. Publ. of the Comm. on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC). Istanbul, 2008. P. 83-112.
14. Dolinaj D., Leščešen I., Pantelić M., Urošev M., Milijašević Joksimović D. Danube River Discharge at Bezdan Gauging Station (Serbia) and its correlation with Atmospheric Circulation Patterns // Geographica Pannonica. V. 23. Iss. 1. P. 14-22. DOI: 10.5937/gp23-18514
15. Oguz T., Dippner J.W., Kaymaz Z. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales // Journal of Marine Systems. 2006. V. 60. Iss. 3-4. P. 235-254. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2005.11.011
16. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. 210 с.
17. Krichak S.O., Kishcha P., Alpert P. Decadal trends of main Eurasian oscillations and the Eastern Mediterranean precipitation // Theoretical and Applied Climatology. 2002. V. 72. P. 209-220. DOI: 10.1007/s007040200021
18. Lynam C.P., Hay S.J., Brierley A.S. Interannual variability in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation // Limnology and Oceanography. 2004. V. 49. P. 637-643. DOI: 10.4319/lo.2004.49.3.0637
19. Walraven L.V., Langenberg V.T., Dapper R., Witte J.Ij., Zuur A.F., van der Veer H.W. Long-term patterns in 50 years of scyphomedusae catches in the western Dutch Wadden Sea in relation to climate change and eutrophication // Journal of Plankton Research. 2015. V. 37. Iss. 1. P. 151-167. DOI: 10.1093/plankt/fbu088
20. Costello J.H., Colin S.P. Morphology, fluid motion and predation by the scyphomedusa *Aurelia aurita* // Marine Biology. 1994. V. 121. P. 327-334. DOI: 10.1007/BF00346741
21. Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A., Kideys A.E. Trophic ecology and assessment of the predatory impact of the Moon jellyfish *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) on zooplankton in the Black Sea // Cahiers de Biologie Marine. 2020. V. 61. Iss. 1. P. 33-46. DOI: 10.21411/CBM.A.96DD01AA
22. Purcell J.E., Uye S.-I., Lo W.-T. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and direct consequences for humans: a review // Marine Ecology Progress Series. 2007. V. 350. P. 153-174. DOI: 10.3354/meps07093
23. Stoecker D., Michaels A.E., Davis L.H. Grazing by the jellyfish, *Aurelia aurita*, on microzooplankton // Journal of Plankton Research. 1987. V. 9. Iss. 5. P. 901-915. DOI: 10.1093/plankt/9.5.901
24. Malej A., Turk V., Lučić D., Benović A. Direct and indirect trophic interactions of *Aurelia* sp. (Scyphozoa) in stratified marine environment (Mljet Lakes, Adriatic Sea) // Marine Biology. 2006. V. 151. P. 827-841. DOI: 10.1007/s00227-006-0503-1
25. Turk V., Lučić D., Flander-Putrlle V., Malej A. Feeding of *Aurelia* sp. (Scyphozoa) and links to the microbial food web // Marine Ecology. 2008. V. 29. P. 1-11. DOI: 10.1111/j.1439-0485.2008.00250.x
26. Zoccarato L., Celussi M., Pallavicini A., Umani S.F. *Aurelia aurita* Ephyrae Reshape a Coastal Microbial Community // Frontiers in Microbiology. 2016. V. 7. Article 749. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00749
27. Skikne S.A., Sherlock R.E., Robison B.H. Uptake of dissolved organic matter by ephyrae of two species of scyphomedusae // Journal of Plankton Research. 2009. V. 31. N 12. P. 1563-1570. DOI: 10.1093/plankt/fbp088
28. Aytan U., Feyzioglu A.M., Valente A., Agirbas E., Fileman E. S. Microbial plankton communities in the coastal southeastern Black Sea: biomass, composition and trophic interactions // Oceanologia. 2018. V. 60. Iss. 2. P. 139-152. DOI: 10.1016/j.oceano.2017.09.002
29. Ducklow H.W., Hansell D.A., Morgan J.A. Dissolved organic carbon and nitrogen in the Western Black Sea // Marine Chemistry. 2007. V. 105. P. 140-150. DOI: 10.1016/j.marchem.2007.01.015
30. Casanova J.-P., Barthélémy R.-M., Duvert M., Faure E. Chaetognaths feed primarily on dissolved and fine particulate organic matter, not on prey: implications for marine food webs // Hypotheses in the Life Sciences. 2012. V. 2. Iss. 1. P. 20-29.
31. Pomeroy L.R., Williams P.J. leB., Azam F., Hobbie J.E. The Microbial Loop // Oceanography. 2007. V. 20. N 2. P. 28-33. DOI: 10.5670/oceanog.2007.45
32. Höhn D.P., Lucas C.H., Thatje S. Respiratory response to temperature of three populations of *Aurelia aurita* polyps in northern Europe // PLoS ONE. 2017. V. 12. Iss. 5. e0177913. DOI: 10.1371/journal.pone.0177913
33. Shulman G.E., Nikolsky V.N., Yuneva T.V., Yunev O.A., Bat L., Kideys A.E. Influence of global climatic changes and regional anthropogenic factors on the Black Sea sprat and anchovy condition. Trophic relationships and Food Supply of Heterotrophic Animals in the Pelagic Ecosystem of the Black Sea. Eds. Shulman G.E. et al. Istanbul. Turkey: Black Sea Commission Publications, 2009. P. 273-298.
34. Аннинский Б.Е., Игнатьев С.М., Финенко Г.А., Дацук Н.А. Желетельный макропланктон открытой пелагиали и шельфа Черного моря: распределение осенью 2016 г. и межгодовые изменения биомассы и численности // Морской биологический журнал. 2019. Т. 4. N 3. С. 3-14. DOI: 10.21072/mbj.2019.04.3.01
35. Klimova T., Podrezova P. Seasonal distribution of the Black Sea ichthyoplankton near the Crimean Peninsula // Regional Studies in Marine Science. 2018. V. 24. P. 260-269. DOI: 10.1016/j.rsma.2018.08.013

## REFERENCES

1. Mutlu E., Bingel F. Distribution and abundance of ctenophores and their zooplankton food in the Black Sea. I. *Pleurobrachia pileus*. *Marine Biology*, 1999, vol. 135, iss. 4, pp. 589-601. DOI: 10.1007/s002270050660
2. Anninsky B. E. Organic composition and ecological energetics of jellyfish *Aurelia aurita* L. (Cnidaria, Scyphozoa) under the Black Sea conditions. Trophic relationships and Food Supply of Heterotrophic Animals in the Pelagic Ecosystem of the Black Sea. Eds. Shulman G.E. et al. Istanbul. Turkey: Black Sea Commission Publications, 2009, pp. 99-160.
3. Riisgård H.U., Goldstein J., Lundgreen K., Luskow F. Jellyfish and Ctenophores in the Environmentally Degraded Limfjorden (Denmark) During 2014 - Species Composition, Population Densities and Predation Impact. *Fisheries and Aquaculture Journal*, 2015, vol. 6, iss. 3, 137 p. DOI: 10.4172/2150-3508.1000137
4. Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Mikaelyan A.S., Nezlin N.P. Temporal (seasonal and interannual) changes



- of ecosystem of the open waters of the Black Sea. Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies. Eds. Besiktepe S., Unluata U., Bologa A.S. Dordrecht et al.: Kluwer Acad. Publ., 1999, NATO ASI Series, vol. 56, pp. 109-129.
5. Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, vol. 106, iss. 31, pp. 12788-12793. DOI: 10.1073/pnas.0902080106
  6. Condon R.H., Duarte C.M., Pitt K.A., Robinson K.L., Lucas C.H., Sutherland K.R., Mianzan H.W., Borgeberg M., Purcell J.E., Decker M.B., Uye S., Madin L.P., Brodeur R.D., Haddock S.H.D., Malej A., Parry G.D., Eriksen E., Quinones J., Acha M., Harvey M., Arthur J.M., Graham, W.M. Recurrent jelly fish blooms are a consequence of global oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, vol. 110, iss. 3, pp. 1000-1005. DOI: 10.1073/pnas.1210920110
  7. Kogovšek T., Vodopivec M., Raicich F., Uye S., Malej A. Comparative analysis of the ecosystems in the northern Adriatic Sea and the Inland Sea of Japan: Can anthropogenic pressures disclose jellyfish outbreaks? *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 626, pp. 982-994. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.011
  8. Stanev E.V., Peneva E., Chtirkova B. Climate change and regional ocean water mass disappearance: Case of the Black Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2019, vol. 124, iss. 7, pp. 4803-4819. DOI: 10.1029/2019JC015076
  9. Mutlu E. Recent distribution and size structure of gelatinous organisms in the southern Black Sea and their interactions with fish catches. *Marine Biology*, 2009, vol. 156, pp. 935-957. DOI: 10.1007/s00227-009-1139-8
  10. Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A., Ignatyev S.M. Gelatinous macroplankton in the Black Sea in the autumn of 2010. *Oceanology*, 2013, vol. 53, iss. 6, pp. 676-685. DOI: 10.1134/S0001437013060015
  11. Finenko G.A., Anninsky B.E., Datsyk N.A. *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora: Lobata) in the Inshore Areas of the Black Sea: 25 Years After Its Outbreak. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2018, vol. 9, iss. 1, pp. 86-93. DOI: 10.1134/S2075111718010071
  12. Zaika V.E. Allometry of growth, feeding and metabolic rates in ctenophores and medusae. *Ekologiya morya* [Ecology of the sea]. 2002, vol. 59, pp. 42-47. (In Russian)
  13. Oguz T., Velikova V., Cociasu A., Korchenko A. The state of eutrophication. State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). Ed. by T.Oguz. Publ. of the Comm. on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC), Istanbul, 2008, pp. 83-112.
  14. Dolinaj D., Leščičen I., Pantelić M., Urošev M., Milijašević Joksimošević D. Danube River Discharge at Bezdan Gauging Station (Serbia) and its correlation with Atmospheric Circulation Patterns. *Geographica Pannonica*, vol. 23, iss. 1, pp. 14-22. DOI: 10.5937/gp23-18514
  15. Oguz T., Dippner J.W., Kaymaz Z. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales. *Journal of Marine Systems*, 2006, vol. 60, iss. 3-4, pp. 235-254. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2005.11.011
  16. Ivanov V.A., Belokopytov V.N. *Okeanografiya Chernogo morya* [Oceanography of the Black Sea]. Sevastopol, ECOSY-Gidrofizika Publ., 2013, 210 p. (In Russian)
  17. Krichak S.O., Kishcha P., Alpert P. Decadal trends of main Eurasian oscillations and the Eastern Mediterranean precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 2002, vol. 72, pp. 209-220. DOI: 10.1007/s007040200021
  18. Lynam C.P., Hay S.J., Brierley A.S. Interannual variability in abundance of North Sea jellyfish and links to the North Atlantic Oscillation. *Limnology and Oceanography*, 2004, vol. 49, pp. 637-643. DOI: 10.4319/lo.2004.49.3.0637
  19. Walraven L.V., Langenberg V.T., Dapper R., Witte J.I., Zuur A.F., van der Veer H.W. Long-term patterns in 50 years of scyphomedusae catches in the western Dutch Wadden Sea in relation to climate change and eutrophication. *Journal of Plankton Research*, 2015, vol. 37, iss. 1, pp. 151-167. DOI: 10.1093/plankt/fbu088
  20. Costello J.H., Colin S.P. Morphology, fluid motion and predation by the scyphomedusa *Aurelia aurita*. *Marine Biology*, 1994, vol. 121, pp. 327-334. DOI: 10.1007/BF00346741
  21. Anninsky B.E., Finenko G.A., Datsyk N.A., Kideys A.E. Trophic ecology and assessment of the predatory impact of the Moon jellyfish *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) on zooplankton in the Black Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 2020, vol. 61, iss. 1, pp. 33-46. DOI: 10.21411/CBM.A.96DD01AA
  22. Purcell J.E., Uye S.-I., Lo W.-T. Anthropogenic causes of jellyfish blooms and direct consequences for humans: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 2007, vol. 350, pp. 153-174. DOI: 10.3354/meps07093
  23. Stoecker D., Michaels A.E., Davis L.H. Grazing by the jellyfish, *Aurelia aurita*, on microzooplankton. *Journal of Plankton Research*, 1987, vol. 9, iss. 5, pp. 901-915. DOI: 10.1093/plankt/9.5.901
  24. Malej A., Turk V., Lučić D., Benović A. Direct and indirect trophic interactions of *Aurelia* sp. (Scyphozoa) in stratified marine environment (Mljet Lakes, Adriatic Sea). *Marine Biology*, 2006, vol. 151, pp. 827-841. DOI: 10.1007/s00227-006-0503-1
  25. Turk V., Lučić D., Flander-Putrlje V., Malej A. Feeding of *Aurelia* sp. (Scyphozoa) and links to the microbial food web. *Marine Ecology*, 2008, vol. 29, pp. 1-11. DOI: 10.1111/j.1439-0485.2008.00250.x
  26. Zoccarato L., Celussi M., Pallavicini A., Umani S.F. *Aurelia aurita* Ephyrae Reshape a Coastal Microbial Community. *Frontiers in Microbiology*, 2016, vol. 7, article 749. DOI: 10.3389/fmicb.2016.00749
  27. Skikne S.A., Sherlock R.E., Robison B.H. Uptake of dissolved organic matter by ephyrae of two species of scyphomedusae. *Journal of Plankton Research*, 2009, vol. 31, no. 12, pp. 1563-1570. DOI: 10.1093/plankt/fbp088
  28. Aytan U., Feyzioglu A.M., Valente A., Agirbas E., Fileman E. S. Microbial plankton communities in the coastal southeastern Black Sea: biomass, composition and trophic interactions. *Oceanologia*, 2018, vol. 60, iss. 2, pp. 139-152. DOI: 10.1016/j.oceano.2017.09.002
  29. Ducklow H.W., Hansell D.A., Morgan J.A. Dissolved organic carbon and nitrogen in the Western Black Sea. *Marine Chemistry*, 2007, vol. 105, pp. 140-150. DOI: 10.1016/j.marchem.2007.01.015
  30. Casanova J.-P., Barthélémy R.-M., Duvert M., Faure E. Chaetognaths feed primarily on dissolved and fine particulate organic matter, not on prey: implications for marine food webs. *Hypotheses in the Life Sciences*, 2012, vol. 2, iss. 1, pp. 20-29.



31. Pomeroy L.R., Williams P.J. leB., Azam F., Hobbie J.E. The Microbial Loop. *Oceanography*, 2007, vol. 20, no. 2, pp. 28-33. DOI: 10.5670/oceanog.2007.45
36. Höhn D.P., Lucas C.H., Thatje S. Respiratory response to temperature of three populations of *Aurelia aurita* polyps in northern Europe. *PLoS ONE*, 2017, vol.12, iss. 5, e0177913. DOI: 10.1371/journal.pone.0177913
32. Shulman G.E., Nikolsky V.N., Yuneva T.V., Yunev O.A., Bat L., Kideys A.E. Influence of global climatic changes and regional anthropogenic factors on the Black Sea sprat and anchovy condition. Trophic relationships and Food Supply of Heterotrophic Animals in the Pelagic Ecosystem of the

- Black Sea. Eds. Shulman G.E. et al. Istanbul. Turkey: Black Sea Commission Publications, 2009, pp. 273-298.
33. Anninsky B.E., Ignatyev S.M., Finenko G.A., Datsyk N.A. Gelatinous macroplankton of the open pelagial and shelf of the Black Sea: distribution in autumn 2016 and interannual changes in biomass and abundance. *Marine Biological Journal*, 2019, vol. 4, no. 3, pp. 676-685. (In Russian)
34. Klimova T., Podrezova P. Seasonal distribution of the Black Sea ichthyoplankton near the Crimean Peninsula. *Regional Studies in Marine Science*, 2018, vol. 24, pp. 260-269. DOI: 10.1016/j.rsma.2018.08.013

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Борис Е. Аннинский обработал и систематизировал данные, предложил идею статьи, подготовил рукопись к публикации. Галина А. Финенко спланировала и организовала планктонные работы, а также внесла существенный вклад в содержание рукописи. Наталия А. Дацык принимала активное участие в сборе и обработке проб зоопланктона. 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

Boris E. Anninsky processed and systematized the data, proposed the idea of the article and prepared the manuscript for publication. Galina A. Finenko planned and organized plankton research and made a significant contribution to the content of the manuscript. Natalya A. Datsyk took an active part in the collection and processing of zooplankton samples. 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

Борис Е. Аннинский / Boris E. Anninsky <https://orcid.org/0000-0001-9614-9392>  
Галина А. Финенко / Galina A. Finenko <https://orcid.org/0000-0002-3303-0906>  
Наталия А. Дацык / Natalya A. Datsyk <https://orcid.org/0000-0002-8113-8786>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 597-12(282.247.41)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

## Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна

Виктория В. Володина<sup>1</sup> , Мария П. Грушко<sup>2</sup>, Надежда Н. Федорова<sup>2</sup>,  
Елена А. Воронина<sup>1</sup>, Надежда Ю. Терпугова<sup>1</sup>, Марина А. Гуляева<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия,

<sup>2</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

### Контактное лицо

Виктория В. Володина, кандидат биологических наук, лаборатория ихтиопатологии, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.  
Тел. +79086233405  
Email [volodinavict@yandex.ru](mailto:volodinavict@yandex.ru)  
[ORCID https://orcid.org/0000-0002-2743-1615](https://orcid.org/0000-0002-2743-1615)

### Формат цитирования

Володина В.В., Грушко М.П., Федорова Н.Н., Воронина Е.А., Терпугова Н.Ю., Гуляева М.А. Морфологическая характеристика и экологическое значение опухолей рыб Волго-Каспийского бассейна // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 48-60. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

Получена 12 сентября 2019 г.

Прошла рецензирование 20 ноября 2019 г.

Принята 15 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Исследовать гистологическую структуру опухолей у рыб в дельте Волги и северной части Каспийского моря для оценки качества среды обитания гидробионтов.

**Материал и методы.** Проанализированы новообразования, зарегистрированные у следующих представителей ихтиофауны: сельди-черноспинки, воблы, жереха, окуня, сазана, щуки, судака, сома и леща. Биологический материал отбирали во время специализированных научно-исследовательских экспедиций в дельту Волги в апреле-октябре 2015-2018 гг. Обработку проб осуществляли в соответствии с общепринятыми в гистологии методиками.


**Результаты.** Выявлено, что опухоли локализовались как на поверхности тела, так и во внутренних органах рыб. За период исследования у обследованных особей диагностированы следующие онкологические заболевания: аденокистома, базалиома, гепатоцеллюлярный рак, полипозный рак, рабдомиома, фибросаркома, фолликулома, эпидермальная папиллома. Самой распространенной патологией в популяции полупроходных, проходных и речных рыб являлась опухоль злокачественного характера – фибросаркома, зарегистрированная у шести из десяти обследованных видов ихтиофауны. Наиболее часто встречалась эпителиальная папиллома у сома. У красноперки проявления онкологических болезней не обнаружено.

**Заключение.** Гистологический анализ новообразований, зарегистрированных у волжской ихтиофауны, показал, что ряд выявленных нарушений носят необратимый характер, что неминуемо приведет к снижению рыбных ресурсов и в целом указывает на экологическое неблагополучие среды обитания гидробионтов.

### Ключевые слова

Новообразования, гистологическая структура, патологии, загрязняющие вещества, негативное влияние.

# Morphological characteristics and ecological significance of Volga-Caspian Basin fish tumors

Viktoriya V. Volodina<sup>1</sup> , Mariya P. Grushko<sup>2</sup>, Nadezhda N. Fedorova<sup>2</sup>,  
Elena A. Voronina<sup>1</sup>, Nadezhda Yu. Terpugova<sup>1</sup> and Marina A. Gulyaeva<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Volga-Caspian Branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Astrakhan, Russia

<sup>2</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>3</sup>Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

## Principal contact

Viktoriya V. Volodina, Candidate of Biological Sciences, Volga-Caspian Branch, All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; 1 Savushkina St, Astrakhan, Russia 414056. Tel. +79086233405  
Email [volodinavict@yandex.ru](mailto:volodinavict@yandex.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2743-1615>

## How to cite this article

Volodina V.V., Grushko M.P., Fedorova N.N., Voronina E.A., Terpugova N.Yu., Gulyaeva M.A. Morphological characteristics and ecological significance of Volga-Caspian Basin fish tumors. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 48-60. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-48-60

Received 12 September 2019

Revised 20 November 2019

Accepted 15 January 2020

## Abstract

**Aim.** To investigate the histological structure of fish tumors in the Volga Delta and the northern part of the Caspian Sea to assess the habitat quality of aquatic organisms.

**Material and Methods.** Neoplasms identified in the following representatives of ichthyofauna were analyzed: black-backed herring, roach, asp, perch, carp, pike, zander, catfish and bream. Biological material was collected during specialized scientific research expeditions to the Volga Delta in April-October 2015-2018. Sample analysis were carried out in accordance with standard histological techniques.

**Results.** The research shows that tumors were localized both on the surface of the body and in the internal organs of fish. During the period of investigation individuals examined were diagnosed with the following cancers: adenomectomy, basal cell carcinoma, hepatocellular carcinoma, polypous cancer, rhabdomyoma, fibrosarcoma and follicular, epidermal papilloma. The most common pathology in the populations of semi-migratory, migratory and river fish was a malignant tumor, fibrosarcoma, registered in six of the ten examined ichthyofauna species. Epithelial papilloma was most often observed in catfish. There were no oncological diseases were detected in rudd.

**Conclusions.** Histological analysis of tumors recorded in the Volga ichthyofauna has shown that a number of identified disorders are irreversible and will inevitably lead to the reduction of fish resources as well as generally indicating the environmental problems of the habitat of aquatic organisms.

## Key Words

Neoplasms, histological structure, pathology, pollutants, negative impact.

## ВВЕДЕНИЕ

Опухоли характеризуются атипичным строением составляющих их клеток, неограниченным и относительно автономным безграничным ростом, отличаются способностью к инфильтративному росту, разрушению окружающих тканей и метастазированию. Онкологические заболевания, как правило, приводят к нарушению нейроэндокринного, иммунного и метаболического статуса организма. Неоплазма потребляет питательные вещества, энергетические субстраты и пластические компоненты, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма, вызывает его интоксикацию продуктами своего метаболизма и распада. Опухолевый рост может быть следствием воздействия на организм комплекса абиотических и биотических факторов, поэтому оценка состояния ихтиофауны по онкологическим заболеваниям может являться одним из критериев экологического благополучия водоема [1-3].

Целью данной работы явилась оценка среды обитания гидробионтов на основе материалов онкологического мониторинга промысловых видов рыб.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись половозрелые полупроходные, проходные и речные представители ихтиофауны, отловленные с апреля по октябрь 2015-2018 гг. в дельте Волги и северной части Каспийского моря: сельдь-черноспинка (*Alosa kessleri volgensis*) (175 экз.), краснопёрка (*Scardinius erythrophthalmus*) (313), вобла (*Rutilus caspicus*) (401), жерех (*Aspius aspius*) (891),

окунь (*Perca fluviatilis*) (980), сазан (*Cyprinus carpio*) (1280), щука (*Esox lucius*) (1931), судак (*Sander lucioperca*) (6488), сом (*Silurus glanis*) (9844) и лещ (*Abramis brama*) (11849). Внешний вид рыб и обнаруженные изменения морфологических характеристик подробно описывали и фотографировали.

Образцы патологически измененных тканей отбирали для гистологического исследования. Фрагменты этих тканей фиксировали в 10%-ом растворе нейтрального формалина, проводили в спиртах возрастающей крепости и заливали в парафин, получали с помощью микротомы срезы толщиной 5-7 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином по общепринятым методикам [4]. Микроскопирование фиксированных и окрашенных препаратов осуществлялось с помощью световых микроскопов «Olympus BH-2», «Микромед-2» при увеличениях  $\times 40$ ,  $\times 100$ ,  $\times 400$ ,  $\times 1000$  с применением иммерсии. С помощью цифровой камеры SONY DSC-W7 были получены микрофотографии препаратов.

Статистическую обработку материала проводили с помощью пакета прикладной программы Statistica 10.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении онкологического мониторинга выявлено, что практически у всех обследованных видов рыб Волго-Каспийского региона выявлены новообразования, имеющие разную локализацию, исключение составила краснопёрка (табл. 1).

**Таблица 1.** Видовое разнообразие представителей ихтиофауны, подверженных онкологическим заболеваниям, типы опухолей

**Table 1.** Species diversity of representatives of ichthyofauna prone to cancer and types of tumors

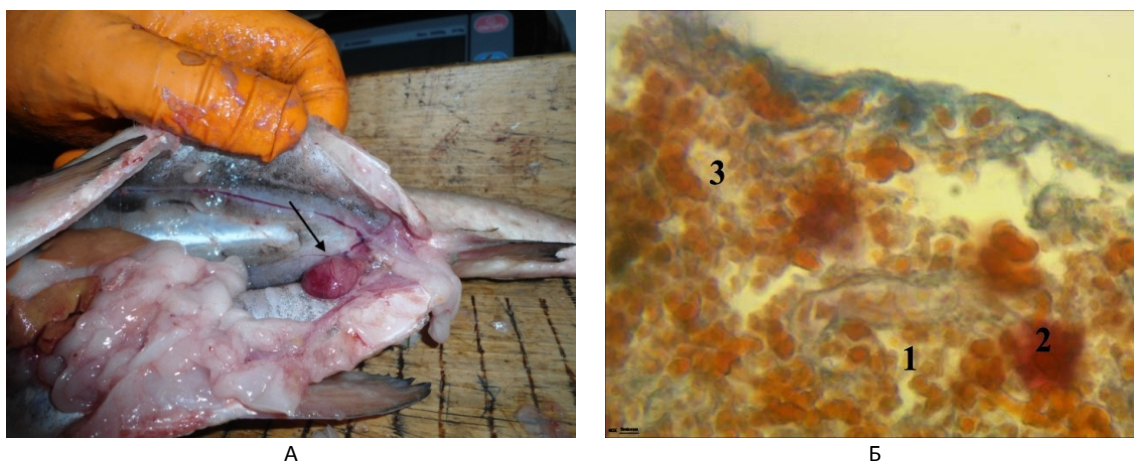
Диагноз Diagnosis	Вид рыбы Kind of fish								
	Вобла Caspian roach	Жерех Asp	Лещ Bream	Окунь Perch	Сазан Carp	Сельдь- черноспинка Blackbacked herring	Сом Catfish	Судак Zander	Щука Pike
<b>Аденокистома</b> Adenocarcinoma	+		+						
<b>Базалиома</b> Basal cell carcinoma	+		+		+				
<b>Гепатоцеллюлярный рак</b> Hepatocellular carcinoma				+					
<b>Полипозный рак</b> Polypous cancer				+					
<b>Рабдомиома</b> Rhabdomyoma					+				
<b>Фибросаркома</b> Fibrosarcoma		+	+		+	+		+	+
<b>Фолликулома</b> Follicle			+						
<b>Эпидермальная папиллома</b> Epidermal papilloma							+		

**Аденокистома** (доброкачественная опухоль яичника) выявлена у 1,00% обследованной воблы в 2015 г. Новообразования локализовались на гонадах рыб (рис. 1а). Размеры опухолей варьировали от 0,5×1,0 см до 1,5×2,0 см. Опухоли характеризовались неоднород-

ностью (мозаичностью) окраски: от бледно-розового цвета до темно-вишневого. Аденокистомы имели упругую консистенцию. При исследовании гистологической структуры патологического разрастания выявлено, что поверхность опухоли была

выстлана цилиндрическим эпителием. Неоплазму представлял узел с бугристой поверхностью, на разрезе серо-желтого цвета, имели место множественные очаги некроза и кровоизлияний. Источником опухолевого роста являлась гранулеза. Мелкие округлые клетки,

составляющие основной элемент опухоли, имели тонкий ободок цитоплазмы и базофильное ядро. На срезе отмечены безъядерные клетки. Внутри опухоли содержались капилляры (рис. 16).



**Рисунок 1.** Аденома у воблы: а) внешний вид; б) фрагмент ткани: клетки опухоли (1); участки кровоизлияний (2); некроз (3)

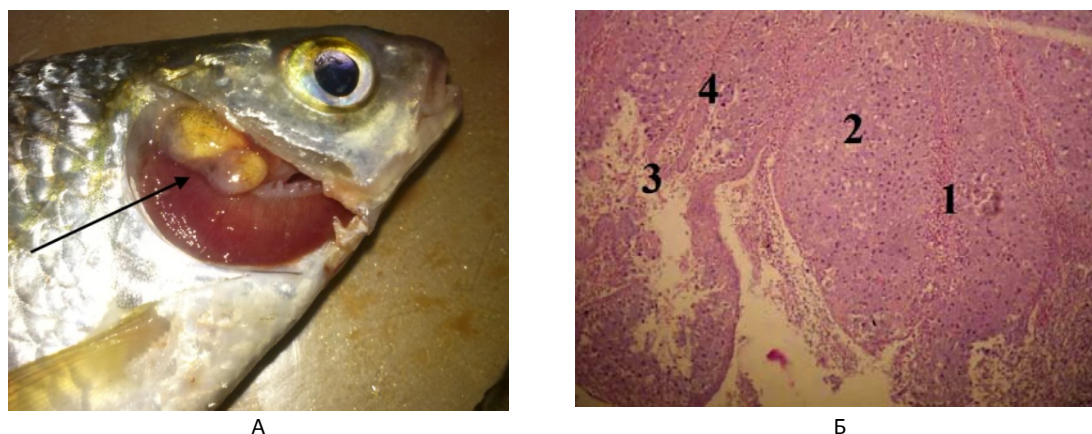
**Figure 1.** Adenoma in roach: a) appearance; б) tissue fragment: tumor cells (1); hemorrhage sites (2); necrosis (3)

Статистический анализ показал, что размеры опухолевых клеток в среднем соответствовали  $2,9 \pm 0,03$  мкм, изменяясь в диапазоне от 2,4 мкм до 3,3 мкм. Ядра были овальной формы, их диаметр варьировал от 1,15 мкм до 2,11 мкм, в среднем составляя  $1,96 \pm 0,01$  мкм.

В ходе исследования установлено, что в результате нарушения гистологической структуры яичника вследствие роста опухоли, репродуктивная функция у пораженных рыб была частично или полностью утрачена. Ранее установлено, что воздействие комплекса абиотических факторов среды

обитания рыб (температура, соленость, концентрация в воде кислорода, смена среды обитания в течение онтогенеза) могут приводить к появлению нарушений в строении гонад рыб [5].

**Базалиома** диагностирована спорадически (в 2015 г.) у 1,00% обследованной воблы. Опухоль локализовалась на жаберном аппарате рыб (рис. 2а), деформируя эпителий и нарушая функцию газообмена онкобольных рыб. Новообразования были заключены в прозрачную капсулу, объединяющую от одной до трех неоплазм. Размеры опухолей варьировали от 0,5×0,5 см до 1,5×2,5 см.



**Рисунок 2.** Базалиома у воблы: а) внешний вид; б) фрагмент ткани; соединительнотканые перегородки (1, 4); опухолевые клетки (2); некроз соединительной ткани дермы (3)

**Figure 2.** Basal cell carcinoma in roach: a) appearance; б) fragment of tissue; connective tissue partitions (1, 4); tumor cells (2); necrosis of connective tissue of dermis (3)

В 2017 году опухоли этого типа регистрировались у 0,03% особей обследованного леща, случаи поражения сазана отмечены чаще – 0,80% в 2017 г. и 0,38% в 2018 г. Выявленные патологии обнаружены на поверхности

тела: чешуе, кожных покровах, плавниках и жаберных крышках. Площадь поражения имела широкий диапазон вариаций: от единичных опухолевых узлов до обширных конгломератов размером 0,2×0,5 и 3,5×6,5



см. Неоплазмы имели студенистую консистенцию, легко отделялись от кожи, в структуре разрастаний хорошо просматривалась сосудистая сетка. Цвет опухолевидных новообразований варьировал от бледно-розового до красного.

Гистологическое исследование патологических разрастаний с поверхности тела карповых рыб показало, что новообразования представляли собой разрастание эпителиальных структур эпидермиса, разделенных тонкими прослойками соединительной ткани. Базалиома обладала местным разрушающим ростом, имела вид глубоких язв или бляшек, как правило, она не образовывала метастазы. Опухоль состояла из мелких округлых или овальных клеток. Клетки располагались тяжами или гнездами, внедряясь в нижележащие ткани (дерму) (рис. 2б). Отмечались участки веретенообразных клеток. Число клеточных слоев колебалось от 30 до 50.

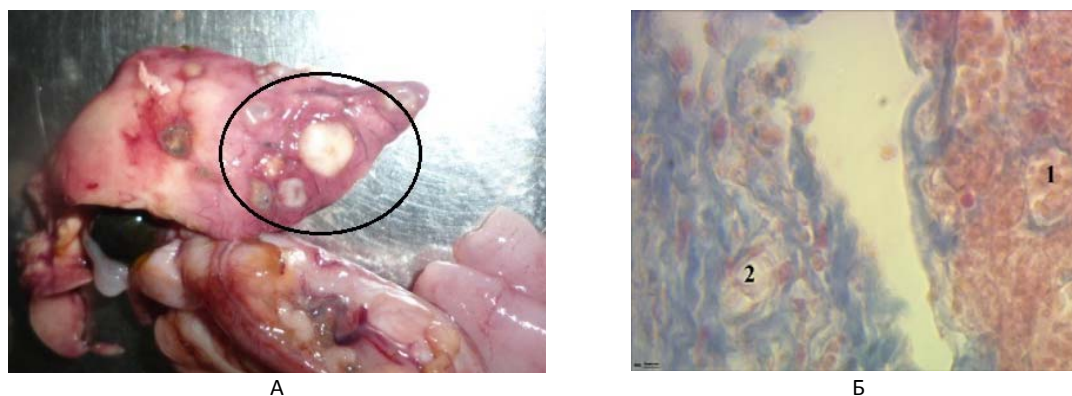
Гистологическая картина была мозаична: от участков с выраженной дифференцировкой, аналогичных аденокарциноме до анаплазированных структур, которые могли встречаться во многих случаях обнаружения данной опухоли. Базалиома в виде язвы обычно распространялась до мышечной ткани, в которую проникали клетки опухоли, или до разрушенной дермы. Отмечен отек опухолевой ткани и деструкция подлежащей соединительной ткани дермы и мышечной ткани.

По краям язв наблюдали клетки эпидермиса, которые локализовались поверх опухолевых клеток, но уже утратили обычное расположение слоями, ядра их находились в состоянии пикноза, тогда как ядра опухолевых клеток интенсивно делились. Базальная мембрана отсутствовала.

В опухоли находились относительно крупные кровеносные сосуды, плотно заполненные форменными элементами крови. Внутри опухолевых эпителиальных тяжей наблюдались многочисленные мелкие кровоизлияния и некрозы. Наружная зона новообразований была гиперемизирована за счет многочисленных сосудистых разрастаний типа капиллярных ангиом.

Максимальный размер клеток опухоли составлял  $13,72$  мкм, минимальный –  $7,84$  мкм, в среднем составляя  $10,78 \pm 0,12$  мкм. Размеры ядер клеток варьировал от  $3,9$  мкм до  $7,84$  мкм, в среднем составляя  $5,88 \pm 0,03$  мкм.

**Гепатоцеллюлярный рак** выявлен в 2015 г. у 2,36% обследованного окуня. Новообразования локализовались в печени. При патологоанатомическом обследовании у больных особей отмечалось увеличение размера органа, очаговое уплотнение и изменение его контура. Печень характеризовалась неравномерным кровенаполнением, венозной гиперемией. Селезенка и почки были уплотнены, имели повышенное кровенаполнение. Стенки кишечника были уплотнены, для слизистой оболочки была характерна точечная и мелкоочаговая гиперемия. Ткани, прилегающие к новообразованиям были отечны и гнойно воспалены (рис. 3а). У рыб также отмечалось повышенное слизеотделение, скопление экссудата в полости тела, гипертрофия селезенки, очаговое воспаление гонад. Размеры неоплазм изменялись в диапазоне  $0,2 \times 0,3$  см до  $0,5 \times 0,5$  см. Следует отметить, что выявленная патология сопровождалась паразитированием круглых червей *Eustrongylides excisus* (Nematoda: Dioctophymidae).



**Рисунок 3.** Поражение внутренних органов рыб при паразитировании *E. excisus*: а) инкапсулированные нематоды в печени окуня; б) фрагмент печеночной ткани: клетки опухоли (1, 2)

**Figure 3.** Lesions of internal organs of fish from parasitism *E. excisus*: а) encapsulated nematodes in perch liver; б) fragment of hepatic tissue: tumor cells (1, 2)

Гистологический анализ показал, что опухоль была представлена многочисленными узлами разной величины. Характерно, что узлы были изолированы друг от друга обширно разросшейся фиброзной тканью с большим количеством грубых коллагеновых волокон. Структура слоя ткани – циркулярная. Узлы состояли из полиморфичных клеток и их ядер, имевших овальную форму. Как на периферии, так и в центре узлов, прослеживались вставания как крупных, так и многочисленных мелких сосудов, наполненных форменными элементами крови. В некоторых узлах

отмечены некротические участки. Зарегистрированы также клетки с гигантскими ядрами, цитоплазма таких клеток, в основном, была прозрачной (светлой) (рис. 3б).

Математический анализ показал, что размеры опухолевых клеток в среднем соответствовали  $0,98 \pm 0,02$  мкм, изменяясь в диапазоне от  $0,78$  мкм до  $1,2$  мкм. Размеры ядер клеток варьировали от  $0,60$  мкм до  $0,99$  мкм, в среднем составляя  $0,78 \pm 0,01$  мкм.

Известно, что поражение печени светлоклеточным гепатоцеллюлярным раком носит стадийный

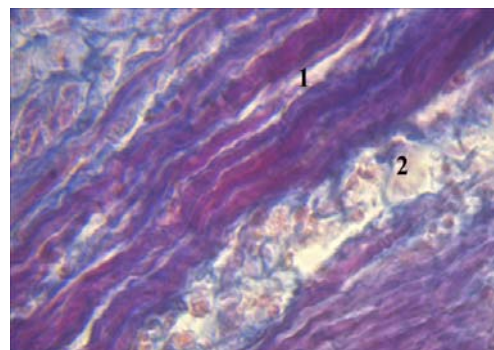
характер, на поздних стадиях болезни наблюдается гибель организма [6].

**Полипозный рак** диагностирован у 2,36% окуня в 2015 г. Этот вид опухоли зарегистрирован в желудке рыб. Нарушение функциональности органа инициировало прободение стенок органа нематодами

*E. excisus*. У окуневых рыб выявлены следующие патологии: разрастание соединительной ткани в местах инкапсуляции гельминтов, гнойное воспаление, гиперемия ткани в местах локализации паразитических организмов, множественное прободение пораженных органов (рис. 4а).



А



Б

**Рисунок 4.** Поражение внутренних органов рыб при паразитировании *E. excisus*: а) круглые черви в желудке окуня; б) фрагмент ткани желудка окуня: отек мышечной оболочки желудка (1); некроз мышечных волокон мышечной оболочки желудка (2)

**Figure 4.** Lesions of the internal organs of fish from parasitism *E. excisus*: а) roundworms in the stomach of a perch; б) a fragment of tissue of the stomach of a perch: swelling of the muscular layer of the stomach (1); necrosis of muscle fibers of the muscular layer of the stomach (2)

При проведении гистологического анализа выявлено, что опухоль имела продолговатую или шаровидную форму, структура её поверхности была бугристой или ворсинчатой, резко отграниченной от слизистой оболочки. Ткань опухоли имела серо-розовый цвет: была обильно снабжена кровеносными сосудами. Характерно то, что опухоль, выступая в просвет желудка была связана с его стенкой крупной ножкой. На вершине полипа в некоторых случаях имелись эрозии, покрытые фибринозными наложениями.

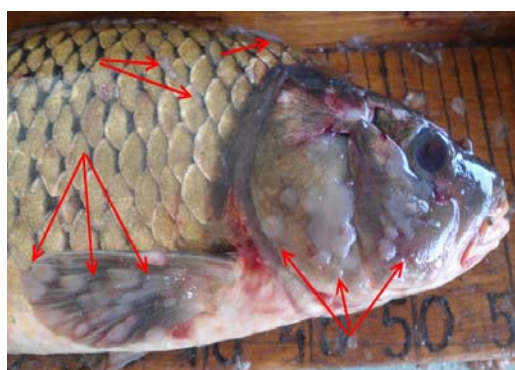
Выявлено, что максимальные размер клеток опухоли соответствовал 2,94 мкм, минимальный – 1,96 мкм, в среднем составляя  $2,55 \pm 0,03$  мм. Размеры ядер клеток варьировал от 0,98 мкм до 1,96 мкм, в среднем составляя  $1,47 \pm 0,01$  мм.

Полипозный рак способствовал резкому снижению веса рыбы, обусловленному необратимыми

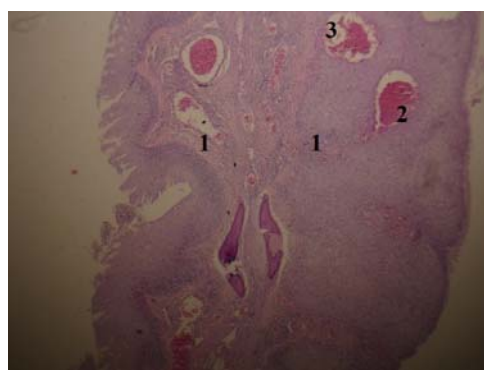
изменениями в жизненно важных органах, приводящем к летальному исходу больных рыб.

**Рабдомиома** (доброкачественная опухоль из поперечно-полосатых мышц) диагностирована у 0,09% обследованного сазана в 2018 г. Новообразования имели бледно-розовую окраску, локализация была разнообразной: на плавниках (преимущественно грудных) – 60,88%; чешуе – 21,74%; брюшной поверхности – 6,55%; мягких тканях головы – 2,17%, в мышечной ткани – 2,17% (рис. 5а). Размеры разрастаний варьировали от 0,5 до 3,0 см.

Гистоструктура ткани была представлена скелетными мышцами; мышечные волокна характеризовались отеком, выявлены участки с фрагментацией волокон и их некрозом (рис. 5б). Поверхность наростов характеризовалась хорошо выраженной сосудистой сеткой.



А



Б

**Рисунок 5.** Базалиома у сазана: а) внешний вид; б) фрагмент ткани неоплазмы: 1 – соединительнотканые прослойки (1); кровеносный сосуд (2, 3)

**Figure 5.** Basal cell carcinoma in carp: а) appearance; б) fragment of neoplastic tissue: 1 – connective tissue layer (1); blood vessel (2, 3)

Расчетные данные показали, что диаметр патологически измененных волокон изменялся в диапазоне от 15,68 мкм до 37,24 мкм, в среднем составляя  $25,93 \pm 0,54$  мкм. Максимальный размер ядер клетки соответствовал 2,9 мкм, минимальный – 1,96 мкм, в среднем составив  $2,75 \pm 0,44$  мкм.

При визуальной оценке у рыб с новообразованиями отсутствовали признаки истощения, особи

имели вид, соответствующий физиологической норме. При вскрытии брюшной полости внутренние органы были без видимых патологий.

**Фибросаркома** (злокачественная опухоль с волокнистой (фиброзной) соединительной тканью) была диагностирована у шести из десяти видов обследованных представителей ихтиофауны (табл. 2).

**Таблица 2.** Частота встречаемости рыб, пораженных фибросаркомой  
**Table 2.** Frequency of occurrence of fish affected by fibrosarcoma

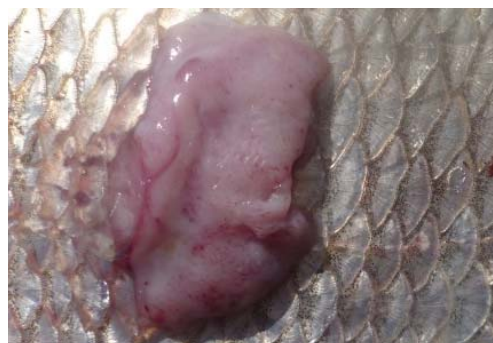
Вид рыбы Kind of fish	Период исследования Study period			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Жерех / Asp	0,00	0,00	0,00	0,11
Лещ / Bream	0,00	0,00	0,04	0,09
Сазан / Carp	0,00	0,00	0,40	0,47
Сельдь-черноспинка / Blackbacked herring	0,00	0,00	0,10	0,00
Судак / Zander	0,18	0,00	0,11	0,03
Щука / Pike	0,00	0,00	0,00	0,08

У жереха на поверхности тела неоплазма имела студенистую консистенцию. Цвет новообразований варьировал от молочного до красного, контур опухоли был нечетким (рис. 6а). В опухоли прослеживались

наполненные кровью капилляры (рис. 6б). На месте локализации опухолевых образований отмечены гиперемизированные участки кожи.



А



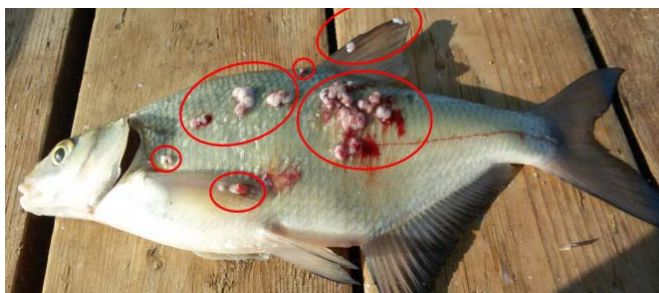
Б

**Рисунок 6.** Новообразования на кожных покровах жереха: общий вид (а); просвечивающиеся капилляры в опухоли (б)

**Figure 6.** Tumors on skin of an asp: general view (a); translucent capillaries in the tumor (b)

Основная локализация неоплазм у леща – боковая поверхность тела, грудные плавники, реже-жаберные крышки и мягкие ткани головы; площадь поражения

имела широкий диапазон вариаций: от единичных до крупных опухолевых узлов (рис. 7а).



А



Б

**Рисунок 7.** Новообразования на поверхности тела леща (а), сельди-черноспинки (б)

**Figure 7.** Neoplasms on surface of the body of bream (a), blackbacked herring (b)



Разрастания у сазана, локализовавшиеся на кожных покровах, плавниках, чешуе, мягких тканях головы легко отделялись с покровов тела с помощью медицинских инструментов; на поверхности самих наростов была хорошо выражена сетка кровеносных сосудов. Если образования появлялись на чешуе, то они могли находиться как на одной чешуйке, так и на нескольких рядом лежащих, что в целом формировало пласт (рис. 7б). Площадь поражения варьировала от 1,0 см<sup>2</sup> до 15,0 см<sup>2</sup>.

Множественные одиночно расположенные разрастания у сельди-черноспинки локализовались преимущественно на боковой поверхности тела (рис.

7в). Опухоли имели четкий контур, характеризовались плотной консистенцией, их цвет варьировал от темно-красного до коричневого. Размеры опухолевых узлов изменялись в диапазоне от 0,3 до 1,0 см.

У судака клинически заболевание проявлялось в виде характерного розовато-белого гиперемизированного нароста неравномерной формы, выступающего над поверхностью кожи. Опухолевые разрастания размерами 2×4 и 3×4 см локализовались на боковой поверхности тела рыб (рис. 8). Ранее проведенные исследования показали, что у судака опухоли провоцируют вирусы четырех видов, из них два относятся к ретро-вирусам [7].



А



Б

**Рисунок 8.** Фибросаркома: у судака (а); у щуки (б)

**Figure 8.** Fibrosarcoma: zander (a); pike (b)

У щуки опухолевидные разрастания локализовались в области спинного плавника (рис. 8б). Окраска опухоли была мозаичной, варьируя от участков ткани бледно-молочного до темно-вишневого цвета. Эти образования были заключены в прозрачную тонкую капсулу, в отдельных случаях новообразования состояли из трех отдельных узлов плотной консистенции. В капсулах содержались соединительнотканые тяжи, экссудат отсутствовал. Провоцирующую роль в образовании опухолей отводят вирусным инфекциям и канцерогенным химическим веществам [8].

Гистологический анализ показал, что фибросаркома имела вид как единичного, так и нескольких узлов. Границы её были стерты, опухоль глубоко инфильтрировала в нижележащие мягкие ткани. Соединительнотканное разрастание состояло из незрелых фибробластоподобных клеток и коллагеновых волокон. В зависимости от степени зрелости и взаимоотношении клеточных и волокнистых элементов опухоли принято различать дифференцированную и низкодифференцированную фибросаркомы [9].

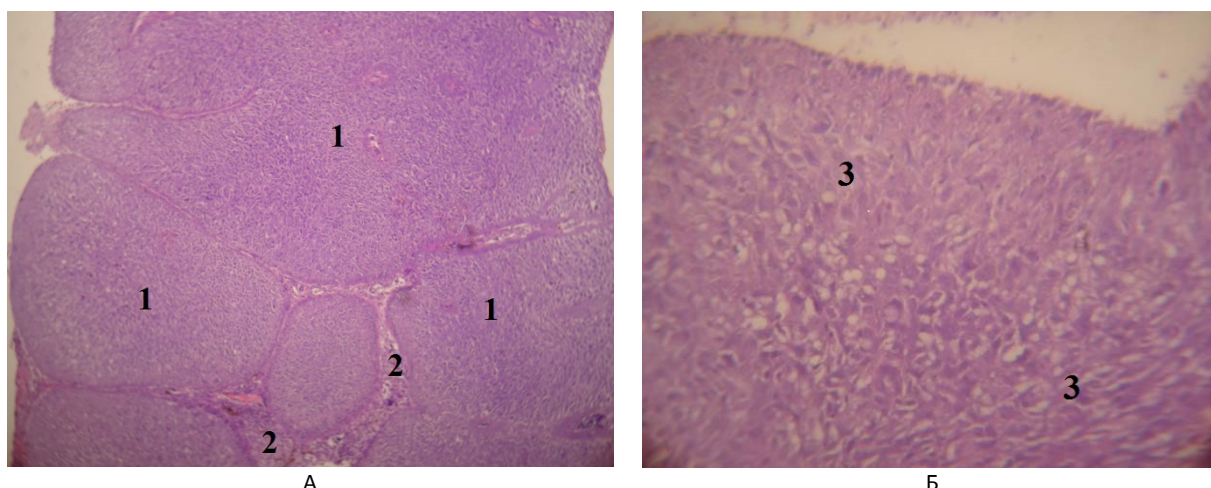
Дифференцированная фибросаркома имела клеточно-волокнистое строение, причем волокнистый компонент преобладал над клеточным. Низкодифференцированная фибросаркома состояла, в основном, из незрелых полиморфных клеток с обилием митозов, с меньшим количеством коллагеновых волокон.

Микроскопически поверхностные соединительнотканые разрастания представлены фиброб-

ластоподобными клетками, нерегулярно расположенными, окруженными дезориентированными коллагеновыми волокнами, одиночными или собранными в пучки (рис. 9) с незначительным количеством основного аморфного вещества. Если опухоли состояли из волнообразных или лентовидных пучков соединительнотканых волокон, образовывавших местами «вихревые» или концентрические структуры и мономерных фибробластоподобных клеток, то эти опухоли относились к дифференцированным фибросаркомам. Между клетками нередко встречались разного калибра сосуды. В этих опухолях наблюдались нередко очаги некрозов ткани, сопровождаемые воспалительной реакцией с инфильтрацией окружающих тканей лимфоидными клетками. В отличие от этого низкодифференцированная фибросаркома состояла из вытянутых, полиморфных клеток, с высокой степенью анаплазии. В этой ткани встречались атипичные фигуры митозов, и очень малое количество соединительнотканых волокон.

Статистический анализ показал, что размеры опухолевых клеток и их ядер варьировали в широких пределах (табл. 3).

Учитывая клиническую картину и результаты патогистологического исследования онкопораженных органов и тканей рыб, можно утверждать, что дальнейшее развитие заболевания привело бы к их неминуемой гибели.



**Рисунок 9.** Фибросаркома у леща: а) узлы (1); соединительнотканые прослойки (2); б) незрелые полиморфные клетки (3)

**Figure 9.** Fibrosarcoma of bream: a) parts (1); a connective tissue layer (2); б) immature pleomorphic cells (3)

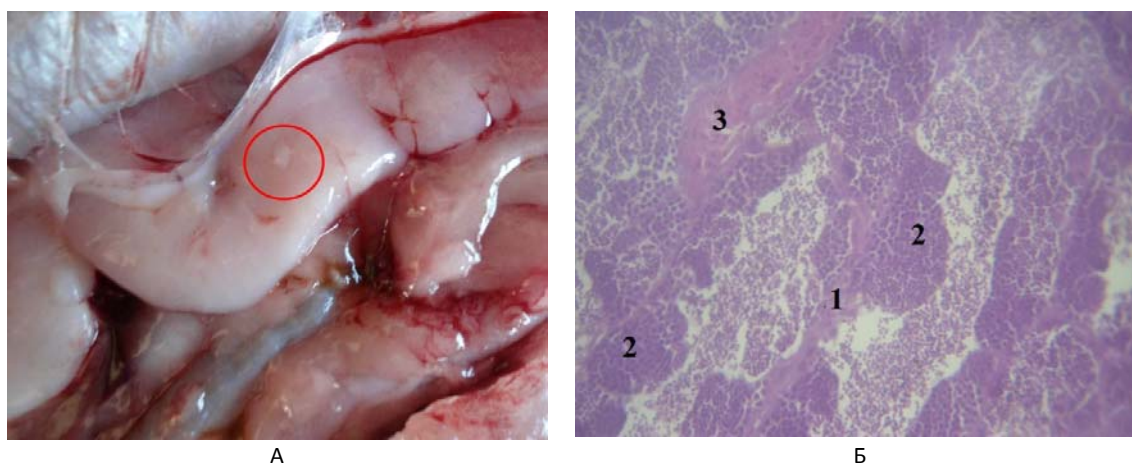
**Таблица 3.** Размерные характеристики клеток опухоли

**Table 3.** Size characteristics of tumor cells

Вид рыбы Kind of fish	Размер клетки, мм Cell size, mm			Размер ядра клетки, мм Size of cell nucleus, mm		
	max	min	med	max	min	med
Жерех / Asp	3,90	2,94	3,33±0,03	0,98	0,78	0,81±0,01
Лещ / Bream	13,72	9,80	11,7±0,3	5,88	3,92	4,91±0,31
Сазан / Carp	7,84	3,90	5,88±0,00	3,92	2,8	3,33±0,11
Сельдь-черноспинка / Blackbacked herring	3,90	2,94	3,32±0,02	1,96	0,98	3,57±0,02
Судак / Zander	4,10	3,21	3,54±0,02	1,12	0,87	0,91±0,02
Щука / Pike	3,93	2,00	3,11±0,01	0,99	0,89	0,81±0,02

**Фолликулома** (опухолевидное образование доброкачественной этиологии) выявлена у леща в 0,01% случаев. Единичное новообразование на гонадах у леща имело плотную консистенцию белого цвета,

размер опухоли не превышал 10 мм (рис. 10а). Контуры неоплазмы были неровными. Гистологический анализ показал, что заболевание было диагностировано как фолликуломатоз.



**Рисунок 10.** Фолликулома у леща: а) внешний вид опухоли; б) фрагмент ткани: соединительнотканые тяжи (1); «гнезда» (2); гранулеза (3)

**Figure 10.** Folliculoma in bream: a) appearance of a tumor; б) fragment of tissue: connective tissue bands (1); «socket» (2); granulate (3)

Фолликулома или гранулокистозная опухоль является доброкачественной, представляет собой узел на яичнике с бугристой поверхностью, с очагами многочисленных кровоизлияний и мелких некрозов.

Основным элементом опухоли являлись мелкие округлые клетки, имевшие базофильное ядро и очень тонкий ободок светлой цитоплазмы (рис. 10б). Источник опухолевого роста – гранулеза.



Размеры опухолевых клеток изменялись в пределах от 1,96 мкм до 2,46 мкм, в среднем составляя  $2,31 \pm 0,04$  мкм. Максимальный размер ядра клетки соответствовал 1,96 мкм, минимальный – 0,96 мкм, в среднем составил  $1,26 \pm 0,03$  мкм.

**Эпидермальная папиллома** (доброкачественная опухоль кожи) выявляется у сома регулярно. Уровень заболеваемости папилломатозом у сомовых рыб составил: 5,40% – в 2015 г., 3,70% – в 2016 г., 5,10% – в 2017 г. и 4,10% в – 2018 г.

Единичные или множественные новообразования локализовались преимущественно на

вентральной и латеральной поверхностях тела, а также в области грудных плавников (рис. 11а-е). Гораздо реже разрастания были зарегистрированы на дорзальной части туловища и в районе жаберных крышек. Папилломы имели вид мелких розовых, красных, бордовых или черных узелков, которые при дальнейшем росте опухоли сливались в сплошной гиперемизированный пласт или кожных наростов серо-черного цвета. Размеры папиллом варьировали от 3-5 мм, площадь поражения достигала 70 см<sup>2</sup>.



А



Б



В



Г

**Рисунок 11.** Папилломатозное поражение кожи и плавников сома: а) сплошной гиперемизированный пласт на боковой и вентральной поверхности тела; б) изъязвления на боковой части тела; в) новообразование на вентральной поверхности тела; г) поражение хвостового плавника

**Figure 11.** Papillomatous lesions of the skin and fins of catfish: а) continuous hyperemic layer on the lateral and ventral surface of the body; б) ulceration on lateral part of body; в) neoplasm on the ventral surface of body; г) lesion of caudal fin

Клинические проявления эпидермальной папилломы у рыб дифференцированы на несколько стадий. Так, на 1-й стадии папилломатоза соединительная ткань в виде сосочков вдаётся в эпидермис, иногда достигая самых поверхностных слоев эпителия. Морфологически 2-я стадия характеризуется появлением ангиоэпителиальных узелков. Растущие клетки, усиленно размножаясь, вытесняют нормальные эпителиальные клетки на поверхность, сам узелок сильно инфильтруется лимфоцитами. Ангиоэпителиальные узелки бедны стромой, иногда в центре узелка она представлена в незначительном количестве.

Морфологические изменения 3-й стадии характеризуются уплотнением опухолевых клеток в узелки, которые превращались в сосочки. На периферии сосочки плотно прилегали друг к другу, в них имелось множество кровеносных сосудов, отмечалась инфильтрация лимфоцитами. От здоровых участков кожи патологический процесс был ограничен прослойками соединительной ткани, на которой располагался базальный слой нормального эпителия.

При вскрытии больных рыб отмечено «слипчивое» воспаление органов брюшной полости, гиперемия или анемия печени, увеличение селезенки.

При гистологическом исследовании было установлено, что структура почек, селезенки и печени не изменялась, но в почках и селезенке увеличивалось число плазматических клеток.

Размер клеток опухоли варьировал в диапазоне от 13,76 мкм до 8,23 мкм, в среднем составляя  $11,21 \pm 0,11$  мкм. Максимальный размер ядра клетки соответствовал 8,12 мкм, минимальный – 3,46 мкм, в среднем составив  $4,96 \pm 0,06$  мкм.

**Экологическое значение опухолей рыб** определяется не только их прямым влиянием на численность и структуру их популяций, но и возможностью использовать частоту различных типов неоплазий в качестве индикатора качества среды обитания гидробионтов [1-3].

Показано, что ряд токсикантов могут провоцировать снижение естественного иммунитета и развитие злокачественных новообразований [10]. Например, результаты исследований, проводимых на загрязненном шельфе, четко указывают на корреляцию между концентрацией токсикантов и частотой злокачественных новообразований у рыб [2; 3]. Другой пример: в связи эколого-биологическими особенностями жизненного цикла сома, который в отличие от пелагических рыб, имеет непосредственный контакт поверхности тела с донными отложениями (в том числе хронически обогащенными разнообразными токсикантами), неоплазии у этого вида определяются химическим составом придонного осадка [11].

Результаты многочисленных исследований, выполненных в загрязненных водоемах и прибрежной зоне морей, указывают на то, что в процессы опухолеобразования включаются различные компоненты – этиологический вирус, снижение иммунитетной резистентности организма, факторы окружающей среды, антропогенный прессинг, но основную этиологическую роль в возникновении неоплазий у рыб имеют химические вещества [12]. В низовьях Волги на протяжении многих лет наблюдений концентрации ряда токсикантов стабильно превышали рыбохозяйственные предельно-допустимые значения. В современный период происходит усиление органического загрязнения, состоящего, главным образом, из нефтепродуктов и пестицидов [13].

Ранее показано, что опухоли являются адаптационной мерой организма к изменяющимся условиям среды обитания. Опухолевый рост ткани, являясь патологической формой регенерации, обусловлен пролиферацией клеток. Невозможно исключать и случаи полной регенерации. Особи с патологическими изменениями могут как существовать продолжительное время и активно участвовать в процессе генерации новых поколений, так и погибнуть при экстремальных условиях. Различают избирательную, сплошную и промысловую смертность особей, составляющих популяцию [14]. В зависимости от силы воздействия негативных внешних факторов среды в природе наблюдается тот или иной вид смертности. Если массовая гибель внезапна и очевидна, то избирательная происходит постепенно и, очевидно, что при токсикозах численность погибших особей не превышает естественную смертность. В этом случае создается ложное представление о благополучном существовании популяции.

Исследования на клеточном уровне патологических изменений у волжских рыб показали, что ряд выявленных нарушений носят необратимый характер, что неминуемо приведет к гибели рыбы, что, в целом, указывает на экологическое неблагополучие среды обитания гидробионтов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты иктиопатологического мониторинга показали, что онкологические заболевания выявлены у девяти из десяти обследованных видов рыб. Опухоли локализовались как на поверхности тела, так и во внутренних органах рыб. Гистологический анализ позволил дифференцировать структуру новообразований. У половозрелых промысловых рыб диагностированы следующие онкопатологии: аденокистома, базалиома, гепатоцеллюлярный рак, полипозный рак, рабдомиома, фибросаркома, фолликулома, эпидермальная папиллома.

Общеизвестно, что по типу роста опухолевых клеток, их влияния на органы и ткани носителя, способности рецидивировать, опухоли разделяются на доброкачественные и злокачественные.

Самой распространенной патологией в популяции полупроходных, проходных и речных рыб являлась опухоль злокачественной этиологии – фибросаркома, зарегистрированная у шести из десяти обследованных видов иктиофауны. Наиболее часто встречалась эпителиальная папиллома у сома: ежегодно выявляли от 3,7 до 5,4% больных особей. У красноперки онкологические болезни не обнаружены.

Рыбы с новообразованиями формируют своеобразную «группу риска», так как их количество напрямую связано с эпизоотологической обстановкой в водоеме. Характеризуя эпизоотическую ситуацию Волго-Каспийского рыбохозяйственного подрайона, стоит отметить, что к 2018 г. выявлено расширение спектра представителей иктиофауны, пораженных новообразованиями, что указывает на то, что в экосистеме водоема происходят негативные изменения, которые, вероятно, и являются причинами развития онкологических заболеваний у рыб.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают огромную признательность к.б.н. Коньковой Анне Владимировне за оказанную помощь в сборе фото- и биоматериала, подготовку статистических данных для данной статьи.

## ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to Anna V. Konkova for her assistance in the collection of photo and bio-material and for preparation of statistical data for this article.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронина Е.А. Мониторинг инфекций и инвазий каспийских килек // Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 28-35.
2. Stentiford G.D., Longshaw M., Lyons B.P., Jones G., Green M., Feist S.W. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants // Marine Environmental Research. 2003. V. 55. Iss. 2. P. 137-159. DOI: 10.1016/S0141-1136(02)00212-X

3. Sindermann C.J. Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: A review // *Fish Bull.* U.S. 1979. V. 76. Iss. 4. P. 717-748.
4. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологической техники. Москва: Медицина, 1982. 304 с.
5. Углова Т.Ю., Кловач Н.В., Микодина Е.В. Аномалии гонад у горбуши острова Итуруп. Сезонная и межгодовая динамика. Возможные причины появления // *Труды ВНИРО.* 2017. Т. 166. С. 43-54.
6. Базин И.С. Гепатоцеллюлярный рак – современное состояние проблемы // *Практическая онкология.* 2008. Т. 9. N 4. С. 216-228.
7. Заботкина Е.А., Герасимов Ю.В. Первое обнаружение дерматофибросаркомы у судака *Stizostedion stizostedion* L. Рыбинского водохранилища // *Биология внутренних вод.* 2015. N 3. С. 67-72. DOI: 10.7868/S0320965215030171
8. Есипова Н.Б., Федоненко Е.В., Турчин И.П. Лимфома у щук бассейна нижнего Днепра // *Труды ВНИРО.* 2017. Т. 167. С. 66-71.
9. Шелехова К. В. Изменения в классификации ВОЗ опухолей мягких тканей // *Архив патологии.* 2015. Т. 77. N 1. С. 48-54.
10. Котельникова С.В., Котельников А.В., Зайцев В.Ф. Влияние токсического стресса на морфофункциональное состояние аркуатного ядра гипоталамуса в условиях измененного режима освещенности // *Юг России: экология, развитие.* 2016. Т. 11. N 2. С. 185-191. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-185-191
11. Zou J., Secombes C.J., Long S., Miller N., Clem L.W., Chinchar V.G. Molecular identification and expression analysis of tumor necrosis factor in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) // *Developmental and Comparative Immunology.* 2003. V. 27. N 10. P. 845-858. DOI: 10.1016/S0145-305X(03)00085-5
12. Сокольский А.Ф., Колмыков Е.В., Евсеева С.С. Анализ накопления углеводов в органах и тканях осетровых видов рыб (на примере русского осетра) // *Юг России: экология, развитие.* 2014. Т. 9. N 4. С. 40-45. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-40-45
13. Бедрицкая И.Н., Карыгина Н.В., Попова О.В., Галушкина Н.В., Львова О.А., Галлей Е.В., Яцун Е.В., Тарасова О.Г. Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // *Материалы II международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования», с. Солёное Займище, 28 февраля, 2017.* С. 154-158.
14. Абдусаматов А.С., Гусейнова С.А., Дудурханова Л.А. Анализ состояния запасов и промысла биологических ресурсов западной части Среднего Каспия и перспективы использования их ресурсного потенциала // *Юг России: экология, развитие.* 2016. Т. 11. N 2. С. 70-83. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-70-83
15. Voronina E.A. Monitoring of infections and infestations of the Caspian kilka. *Trudy VNIRO* [Trudy VNIRO]. 2016, vol. 162, pp. 28-35. (In Russian)
16. Stentiford G.D., Longshaw M., Lyons B.P., Jones G., Green M., Feist S.W. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Marine Environmental Research*, 2003, vol. 55, iss. 2, pp. 137-159. DOI: 10.1016/S0141-1136(02)00212-X
17. Sindermann C.J. Pollution-associated diseases and abnormalities of fish and shellfish: A review. *Fish Bull.* U.S. 1979, vol. 76, iss. 4, pp. 717-748.
18. Volkova O.V., Eletsii Yu.K. *Osnovy gistologicheskoi tekhniki* [Fundamentals of histological techniques]. Moscow, Meditsina Publ., 1982, 283 p. (In Russian)
19. Uglova T.Yu., Klovach N.V., Mikodina E.V. Gonads anomalies of the Iturup pink salmon. Seasonal and interannual dynamics. Possible causes of appearance. *Trudy VNIRO* [Trudy VNIRO]. 2017, vol. 166, pp. 43-54. (In Russian)
20. Bazin I.S. Hepatocellular cancer – the current state of the problem. *Prakticheskaya onkologiya* [Practical Oncology]. 2008, vol. 9, no. 4, pp. 216-228. (In Russian)
21. Zabolotkina E.A., Gerasimov Y.V. The first detection of dermatofibrosarcoma in zander *Sander lucioperca* L. from the Rybinsk Reservoir. *Inland Water Biology*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 296-300. (In Russian) DOI: 10.7868/S0320965215030171
22. Esipova N.B., Fedonenko E.V., Turchin I.P. Lymphoma in the lower Dnieper Northern pikes. *Trudy VNIRO* [Trudy VNIRO]. 2017, vol. 167, pp. 66-71. (In Russian)
23. Shelekhova K.V. Changes in the WHO classification of soft-tissue tumors. *Arkhiv patologii* [Archive of pathology]. 2015, vol. 77, no. 1, pp. 48-54. (In Russian)
24. Kotelnikova S.V., Kotelnikov A.V., Zaitsev V.F. The impact of toxic stress on the morphofunctional state of the hypothalamic arcuate nucleus in the conditions of the changed mode of light exposure. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 185-191. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-185-191
25. Zou J., Secombes C.J., Long S., Miller N., Clem L.W., Chinchar V.G. Molecular identification and expression analysis of tumor necrosis factor in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Developmental and Comparative Immunology*, 2003, vol. 27, no. 10, pp. 845-858. DOI: 10.1016/S0145-305X(03)00085-5
26. Sokolsky A.F., Kolmykov E.V., Evseyeva S.S. Analysis of accumulation of hydrocarbon in organs and tissues of sturgeon species (on the example of Russian sturgeon). *South of Russia: ecology, development*, 2014, vol. 9, no. 4, pp. 40-45. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2014-4-40-45
27. Bedritskaya I.N., Karygina N.V., Popova O.V., Galushkina N.V., L'vova O.A., Galley E.V., Yatsun E.V., Tarasova O.G. Osobennosti gidrokhimicheskoi i toksikologicheskoi obstanovki v vodotokakh nizov'ev Volgi v sovremennyyi period [The features of hydrochemical and Toxicological conditions in the watercourses of the lower reaches of the Volga in the modern period]. *Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi Internet-konferentsii «Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoi sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya», Solenoe Zaimishche, 28 fevralya, 2017* [Materials of the II international scientific and practical Internet conference "Modern ecological state of the environment and scientific and practical aspects of rational nature management", Saloe zaimishche, 28 February, 2017]. Solenoe Zaimishche, 2017, pp. 154-158. (In Russian)
28. Abdusamadov A.S., Guseynova S.A., Dudurkhanova L.A.



Current state of fisheries and assessment of fish stocks in the western middle of the Caspian Sea. Prospects for the use of the fish resources. *South of Russia: ecology,*

*development*, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 70-83 (In Russian)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2016-2-70-83

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виктория В. Володина проанализировала и обобщила полученные данные; Мария П. Грушко занималась описательной частью опухолей рыб; Надежда Н. Федорова провела ранжировку патологий; Елена А. Воронина собирала биологический материал от половозрелых промысловых видов рыб дельты Волги; Надежда Ю. Терпугова отбирала образцы патологически измененных тканей для гистологического исследования; проводила сбор фотоматериала; Марина А. Гуляева вносила консультативно-экспертные коррективы. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Viktoriya V. Volodina analyzed and summarized the data. Mariya P. Grushko engaged in the narrative of fish tumors. Nadezhda N. Fedorova ranked pathologies; Elena A. Voronina collected biological material from mature commercial fish species of the Volga Delta. Nadezhda Yu. Terpugova sampled pathologically altered tissues for histological examination and collected photographic materials. Marina A. Gulyaeva made advisory expert adjustments. 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

Виктория В. Володина / Viktoriya V. Volodina <https://orcid.org/0000-0002-2743-1615>  
Мария П. Грушко / Mariya P. Grushko <https://orcid.org/0000-0001-7529-5382>  
Надежда Н. Федорова / Nadezhda N. Fedorova <https://orcid.org/0000-0001-9411-6642>  
Елена А. Воронина / Elena A. Voronina <https://orcid.org/0000-0002-1188-2358>  
Надежда Ю. Терпугова / Nadezhda Yu. Terpugova <https://orcid.org/0000-0003-3403-0075>  
Марина А. Гуляева / Marina A. Gulyaeva <https://orcid.org/0000-0003-3945-5339>

Оригинальная статья / Original article  
 УДК 574.24(470.67)  
 DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-61-77

## Группировки пионерной растительности и некоторые подходы к искусственному обрастанию откосов автодорог Предгорного Дагестана

Загирбег М. Асадулаев<sup>1,2</sup>, Гульнара А. Садыкова<sup>1</sup> , Максим М. Маллалиев<sup>1</sup>, Зулфира Р. Рамазанова<sup>1,3</sup>, Наталья В. Мищенко<sup>4</sup>, Сергей Л. Десинов<sup>5</sup>, Шамиль З. Асадулаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

<sup>3</sup>Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала, Россия

<sup>4</sup>Владимирский государственный университет, Владимир, Россия

<sup>5</sup>Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

### Контактное лицо

Гульнара А. Садыкова, кандидат биологических наук, ученый секретарь Горного ботанического сада – обособленного подразделения ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.  
 Тел. +79288095458  
 Email [sadykova\\_gula@mail.ru](mailto:sadykova_gula@mail.ru)  
 ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8604-1572>

### Формат цитирования

Асадулаев З.М., Садыкова Г.А., Маллалиев М.М., Рамазанова З.Р., Мищенко Н.В., Десинов С.Л., Асадулаев Ш.З. Группировки пионерной растительности и некоторые подходы к искусственному обрастанию откосов автодорог Предгорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 61-77. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-61-77

Получена 29 января 2020 г.

Прошла рецензирование 23 марта 2020 г.

Принята 15 апреля 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Выявление сукцессионных трендов и биоинженерных подходов к восстановлению растительности на откосах автодорог Предгорного Дагестана.

**Материал и методы.** Для оценки видового состава и их участия в обрастании придорожных откосов вдоль автотрассы Махачкала-Буйнакск (Предгорный Дагестан, участок «Нарат-тубинский перевал») на склонах разных экспозиций в зависимости от прохождения дорожного полотна примерно через каждые 500 м с учетом разнообразия материнского грунта, высоты над уровнем моря и окружающей растительности было заложено десять пробных площадей (ПП) по 100 м<sup>2</sup> с высоты от 256 до 515 м над уровнем моря.

**Результаты.** В работе представлены результаты изучения первичного обрастания откосов автодорог в условиях Предгорного Дагестана. Приведены данные по природной растительности, геоморфологии, типам почв и материнских пород Нарат-тубинского хребта с высотными отметками от 200 до 600 м над уровнем моря. Для оценки обрастания откосов заложены десять пробных площадей вдоль автотрассы с охватом всех высотных уровней и микроусловий. Определен спектр семейств с наибольшим числом видов-пионеров и роль типа размножения растений при обрастании откосов с высокой долей вегетативно размножающихся видов в первый год.

**Выводы.** Выделены древесные виды природной флоры, перспективные для применения биоинженерных методов для управления процессом зарастания растительностью с точки зрения его оптимизации и ускорения. Показаны особенности распространения видов растений в зависимости от микроусловий откосов, от близости природных растительных сообществ, экологических и биологических характеристик видов этих сообществ.

### Ключевые слова

Биоинженерный метод, восстановление, грунт, деградированные территории, демуляция, растительные сообщества, сукцессия, укрепление.



# Pioneer vegetation groupings and some approaches to the artificial overgrowth of highway slopes of piedmont Dagestan, Russia

Zagirbeg M. Asadulaev<sup>1,2</sup>, Gulnara A. Sadykova<sup>1</sup> , Maxim M. Mallaliev<sup>1</sup>, Zulfira R. Ramazanova<sup>1,3</sup>, Natalia V. Mishchenko<sup>4</sup>, Sergey L. Desinov<sup>5</sup> and Shamil Z. Asadulaev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

<sup>3</sup>Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala, Russia

<sup>4</sup>Vladimir State University, Vladimir, Russia

<sup>5</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## Principal contact

Gulnara A. Sadykova, Candidate of Biology, Scientific Secretary, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhiev St, Makhachkala, 367000 Russia. Tel. +79288095458  
Email [sadykova\\_gula@mail.ru](mailto:sadykova_gula@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8604-1572>

## How to cite this article

Asadulaev Z.M., Sadykova G.A., Mallaliev M.M., Ramazanova Z.R., Mishchenko N.V., Desinov S.L., Asadulaev Sh.Z. Pioneer vegetation groupings and some approaches to the artificial overgrowth of highway slopes of piedmont Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 61-77. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-61-77

Received 29 January 2020

Revised 23 March 2020

Accepted 15 April 2020

## Abstract

**Aim.** Detection of succession trends and bioengineering approaches to the restoration of vegetation on road slopes of piedmont Dagestan in Russia.

**Material and Methods.** Ten test area plots (100 m<sup>2</sup> every 500m) at 256-515m altitude and at a range of exposures were established along the Makhachkala-Buinaksk highway (Narat-Tyube Pass section) to assess species composition and their participation in the overgrowth of roadside slopes.

**Results.** This paper presents the results of studying the primary overgrowth of roadside slopes in the conditions of piedmont Dagestan. Data are presented on the natural vegetation, geomorphology, soil types and parent rocks of the Narat-Tyube ridge. In the first year of observations, a spectrum of families with the largest number of pioneer species and the role of slope consolidation with a high proportion of vegetatively propagating species was determined.

**Conclusions.** Native woody species showing promise for the application of bioengineering methods for optimization and acceleration of vegetation overgrowth have been identified. Features of overgrowth species distribution in relation to slope microenvironments, proximity of natural plant communities and their ecological and biological characteristics have been shown.

## Key Words

Bioengineering method, rehabilitation, soil, degraded territories, demutation, plant communities, succession, strengthening.

## ВВЕДЕНИЕ

Антропогенные воздействия, усиливающиеся с каждым годом на окружающую среду, приводят к снижению биоразнообразия, истощению биологических и почвенных ресурсов, общей деградации территорий. В горных условиях одним из таких негативных факторов является строительство автодорог [1-3]. Вдоль горных автодорог принято различать выемочные и насыпные откосы. На выемочных откосах осыпание грунта приводит к обвалам, накоплению щебнистых отложений и возникновению во время сильных ливней микроселей с выносом обломков на дороги [4-6].

Масштабность негативного воздействия автодорог на горные склоны зависит от их крутизны, состава пород, количества атмосферных осадков, динамики грунтовых вод и др. [7-9]. Причиной неустойчивости грунтов откосов может быть также снижение их прочностных характеристик за счет несоответствия параметров дорожной выемки геомеханическому состоянию материнской породы [10-12]. Поэтому повсеместно при строительстве горных автодорог предпринимаются шаги к совершенствованию устойчивости системы «склон + земляное полотно», определению условий возможных траекторий нарушения земляных откосов, обоснованию математико-механических моделей расчета их устойчивости [13].

Традиционно работа по стабилизации склонов проводится с применением твердых бетонных покрытий. Однако такие покрытия в последние годы подвергаются критике как визуально навязчивые и затратные. Взамен традиционному подходу укрепление склонов предлагается проводить путем посева трав, посадки кустарников и деревьев, что считается экологически оправданным [14].

Между тем, применение технических конструкций основывается на существующих стандартах безопасности и эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций, геосинтетических материалов, металлических сеток, волоконных матов, пластиковых решеток, рулонных синтетических материалов и т.д. [15; 16]. А в области биоинженерного подхода, т.е. экологического восстановления склонов сопоставимые данные и общие требования отсутствуют.

В последние десятилетия экологи пришли к пониманию того, что для успешного решения проблем деградированных территорий требуется, прежде всего, понимание принципов функционирования экосистем [17]. Повсеместно признается, что назрела необходимость биомониторинга деградированных территорий, управления процессом зарастания растительностью с точки зрения его оптимизации и ускорения, количественной и качественной оценки эффективности применения биоинженерных технологий. Этому вопросу посвящены многочисленные исследования, проведенные в различных условиях по двум направлениям: изучение естественного восстановления деградированных территорий и их восстановление с применением различных технологий.

По первому направлению установлено, что на скорость и качество восстановления растительности на

нарушенных склонах влияет их крутизна, экспозиция [18; 19] и высота над уровнем моря [20], которые изменяют комплексное воздействие климатических факторов, характерных в целом для данной территории [21]. При этом показано, что по мере развития растительности активность эрозионного процесса снижается, видовое богатство и доля многолетних растений увеличивается, почва и питательные вещества накапливаются, рост растений и урожайность повышается. При прочих равных условиях, увеличение крутизны склона все эти процессы ослабевает [22].

Большое внимание в последние десятилетия уделяется второму направлению – восстановлению нарушенных территорий, особенно откосов горных автодорог, с применением различных технологий. География этих исследований обширна: Азия, Америка, Африка, Европа.

Прежде всего, для этих целей применяется искусственное облесение с посадкой интродуцированных [23] или нативных [24-27] видов. Для биологической и технической стабилизации оползневоопасных грунтов разработаны различные конструкции из разлагающихся материалов [28], применяются мульчирующие смеси [29] с гидропосевом семян [30] и сооружения для защиты деревьев во время проведения дорожных работ [31].

В указанных источниках важнейшим методом защиты автомобильных дорог от оползней, наряду с улучшением водоотвода, строительством сооружений, признано закрепление склонов путем высева трав и посадки деревьев и кустарников. Наибольший эффект получен при посадке деревьев и кустарников, корни которых обладают большой прочностью, долговечностью и скрепляют грунты на значительную глубину [32]. Общим для этих работ является то, что на основе изучения экологии видов сделана попытка выявить признаки, отражающие их устойчивость к эрозионному стрессу и новым условиям произрастания, как основа для выявления адаптированных видов с конкурентно-рудеральной стратегией [17].

Учитывая важность подобных исследований для горных территорий, Лаборатория интродукции и генетических ресурсов Горного ботанического сада с 2009 года проводит изучение растительности деградированных территорий Горного Дагестана. В 2018 и 2019 годах в рамках выполнения проекта программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» по теме: «Ресурсный потенциал наземных и водных экосистем и особенности формирования биологического разнообразия Восточно-Кавказского экорегиона (Республики Дагестан)» изучены особенности восстановления растительности на откосах Нарат-тубинского участка автодороги Махачкала-Буйнакск Предгорного Дагестана и перспективность нативных и интродуцированных видов растений для их укрепления путем посева семян в зависимости от экспозиции склонов, высоты над уровнем моря и механического состава грунта.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нарат-тюбинский хребет, место проведения наших исследований, относится к нижней части Предгорного Дагестана с высотными отметками от 200 до 600 м над уровнем моря [33]. Максимальная высота хребта составляет 764 м над уровнем моря.

Климат здесь аридный (350-450 мм в год), основная часть осадков (до 80%) выпадает в осенне-зимний период [34]. Средняя температура января составляет  $-2,5^{\circ}\text{C}$ , минимальная температура холодного периода (очень редко)  $-27-30^{\circ}\text{C}$ . В тоже время в декабре и январе температура может повысится до  $+26^{\circ}\text{C}$ . Средняя летняя температура составляет  $20-21^{\circ}\text{C}$ . Максимальная летняя температура  $+42^{\circ}\text{C}$  [35]. Важными факторами, снижающими негативное воздействие резких перепадов температур, является облачность и влажность от близости Каспийского моря. Преобладают ветры юго-восточного и северо-западного направлений в теплое и холодное полугодие соответственно.

Юго-западные склоны хребта отличаются от северо-восточных, где происходят активные процессы разрушения. Вследствие этого весь южный склон покрыт широкими котловинами, разделёнными гребнями второго порядка перпендикулярными главной гребневой линии. Северо-восточные склоны более крутые.

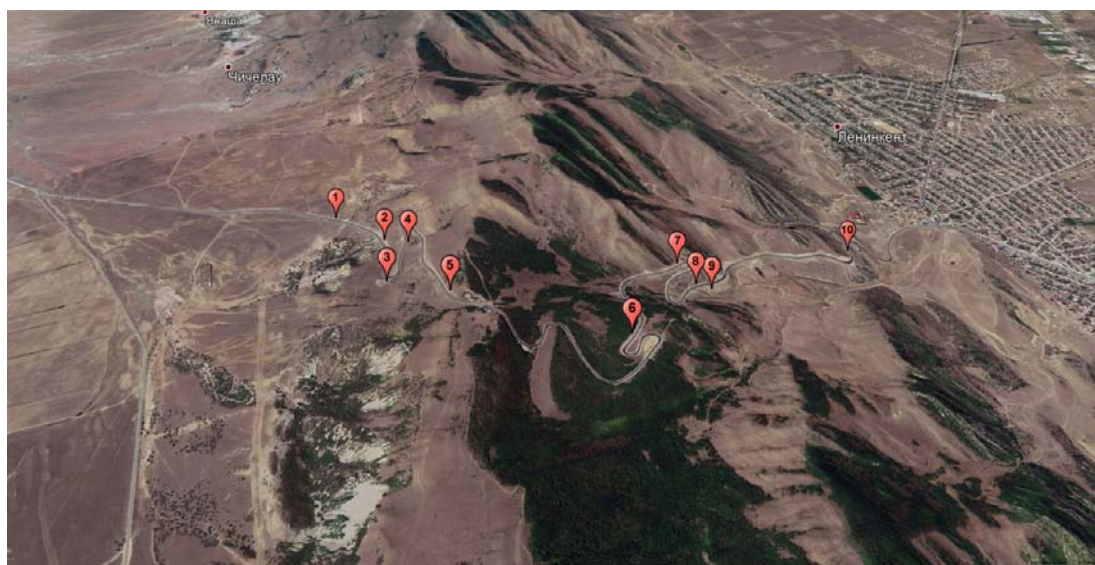
Поверхностные породы, в силу геоморфологического строения, представлены в основном чередованием глин, песчаников и сланцев, чаще встречаются участки, состоящие из супесчаного и чисто песчаного грунта [35].

Почвы сильно скелетные, слабо развитые – мощность 10-20 см. Главной их отличительной особенностью является контакт сухих степей с лесами, и, соответственно, темно-каштановых, а нередко и светло-каштановых почв с бурыми горно-лесными и коричневыми почвами [36]. В понижениях рельефа и на пологих участках часто встречаются солончаковость и

солонцеватость. На склонах южной экспозиции хребта, к которой примыкает предгорная солончаковая долина Кар-Кар, это выражено сильнее. Мощность гумусового слоя темно-каштановых почв, распространенных по пологим склонам и вершинам хребтов, достигает 40-60 см, а содержание гумуса от 4 до 5%. Формируются они под злаково-разнотравной растительностью на делювиальных отложениях различного механического состава [37; 38].

На Нарат-тюбинском хребте от основания северного склона (100 м над ур. м.) до его вершины (около 700 м над ур. м.) выделяют следующие постепенно сменяющие друг друга типы растительности: степная растительность с преобладанием многолетних ксерофитных дерновинных злаков (*Festuca* и *Stipa*); растительность скал и осыпей, занимающая выходы песчаников; сосновые и сосново-можжевельниковые редколесья (*Pinus kochiana* и *Juniperus oblonga*); кустарниковая растительность с шибляковыми зарослями; лесная растительность из *Quercus petraea*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra*; и луговая растительность, представленная послелесными лугами [35].

В 2018 году службой Дагавтодора проведена полная реконструкция участка «Нарат-тюбинский перевал» автотрассы Махачкала-Буйнакск. В ходе дорожных работ обновлены все выемочные и насыпные откосы, которые стали ареной первичных сукцессионных процессов и объектами наших исследований. В июле 2018 года, после завершения дорожных работ, вдоль всего участка нами заложены десять пробных площадей (ПП) по 100 м<sup>2</sup> (рис. 1). Высотные отметки изучаемых откосов колеблются от 256 до 515 м над уровнем моря. Крутизна склонов откосов составляет 40-50°. Первое описание ПП проведено в конце августа 2018 г. Нумерация ПП начинается от основания южного склона со стороны Буйнакска. Каждая ПП расположена в точке максимальной высоты изучаемого откоса.



**Рисунок 1.** Размещение пробных площадей на откосах автодороги «Нарат-тюбинский перевал»

**Figure 1.** Placement of test areas on the slopes of the Narat-Tyube Pass road

Для оценки видового состава и их участия в обрастании откосов, ПП заложены на склонах разных экспозиций и высоты над уровнем моря, с различным материнским грунтом, и с учетом окружающей растительности

примерно через каждые 500 м вдоль дорожного полотна. Общая протяженность участка автодороги – 5 км, из которых 2,5 км проходят по южному и 2,5 км по северному склонам (табл. 1).

**Таблица 1.** Некоторые характеристики реперных пунктов закладки ПП на откосах автодороги Махачкала-Буйнакск (участок «Нарат-Тюбинский перевал»)

**Table 1.** Some characteristics of reference points for laying test plots on the slopes of the Makhachkala-Buinaksk highway (section Narat-Tyube Pass section)

№	Экспозиция Exposure		Крутизна откосов, <sup>0</sup> Slope steepness, <sup>0</sup>	Субстрат Substrate	Проектное покрытие, % Density, %	Высота над ур. моря, м Altitude above sea level, m	Координаты ПП Test plots coordinates
	Макро склонов Macro slopes	Откосов Slopes					
1	Юг South	Ю / S	40	Глина Clay	0	388	N 42°56'11.79" E 47°20'37.77"
2		Ю / S	40	Сланец Slate	0	418	N 42°56'13.53" E 47°20'55.05"
3		Ю / S	45	Гл. сланец Shale	1,7	432	N 42°56'07.67" E 47°21'09.36"
4		Ю / S	50	Гл. сланец Shale	15	451	N 42°56'15.03" E 47°21'00.80"
5		Ю / S	40	Глина Clay	10	515	N 42°56'11.03" E 47°21'24.92"
6		В / E	45	Супесь с песчаником Sandstone loam	2,1	480	N 42°56'18.95" E 47°21'47.93"
7		В / E	45	Глинистый сланец Shale	0	387	N 42°56'46.31" E 47°21'40.94"
8		В / E	40	Суглинок Clay loam	2	312	N 42°56'57.23" E 47°21'45.10"
9	Север North	В / E	45	Суглинок Clay loam	2,5	297	N 42°56'58.25" E 47°21'47.23"
10		СВ / NE	40	Песчани-ково- сланцевая глина Sandstone-shale clay	1,5	256	N 42°57'15.07" E 47°21'57.08"

Всего за 2019 год совершено 4 выезда. Геоботанические описания проведены в апреле и октябре и связаны с периодами максимального сезонного разнообразия растений на конкретном участке. Семена заготовлены в октябре у 27 древесно-кустарниковых видов-ксерофитов Предгорного и Внутреннегорного Дагестана (табл. 2). Подготовленные семена высеяны на откосе вблизи ПП №7. Грунт этого

откоса глинистый, экспозиция северо-восточная, крутизна 35°. Всего высеяно 1500 семян. На участках по 2 м<sup>2</sup> произведен также посев смеси семян трав овсяницы тростниковой, овсяницы красной, мятлики лугового, райграса многолетнего, райграса итальянского двумя способами: 1) разбрасывание сухих семян и 2) разбрасывание семян обработанных клейстером.

**Таблица 2.** Места произрастания и способы подготовки семян видов, рекомендованных для закрепления откосов автодороги «Нарат-Тюбинский перевал» методом биоинженерии (посеяно по 50-60 семян 29.10.2019 г.)

**Table 2.** Growing locations and methods for preparing seeds of species recommended for consolidating slopes of the Narat-Tyube Pass road using bioengineering (50-60 seeds were sown on 10.29.2019)

Место заготовки семян Seed harvesting location		Виды Types	Способ предварительной подготовки семян Method of preliminary preparation of seeds
Район District	Окр. села Neighborhood		
Карабухкентский Karabukhkentskiy	Губден Gubden	<i>Artemisia salsoloides</i> Willd.	без стратификации / without stratification
		<i>Artemisia absinthium</i> L.	без стратификации / without stratification
		<i>Carpinus caucasica</i> Grossh.	стратификация / stratification
		<i>Celtis glabrata</i> Stev ex Pianch.	стратификация / stratification
		<i>Cornus mas</i> L.	стратификация / stratification
		<i>Cotinus coggygia</i> Scop.	стратификация / stratification
		<i>Juniperus polycarpus</i> Takht.	стратификация / stratification



		<i>Lonicera iberica</i> Bieb.	без стратификации / without stratification
		<i>Mespilus germanica</i> L.	без стратификации / without stratification
		<i>Paliurus spina-christi</i> Mill.	без стратификации / without stratification
		<i>Pyrus salicifolia</i> Pall.	без стратификации / without stratification
		<i>Rhamnus pallasii</i> Fisch. et Mey.	без стратификации / without stratification
		<i>Rhamnus cathartica</i> L.	стратификация / stratification
		<i>Quercus petraea</i> subsp. <i>iberica</i> Krassilin.	стратификация / stratification
		<i>Quercus petraea</i> subsp. <i>medwediewii</i> Menits.	стратификация / stratification
<b>Левашинский</b> Levashinskiy	Урма Urma	<i>Cotoneaster meyeri</i> Pojark.	стратификация / stratification
		<i>Cotoneaster racemiflorus</i> (Desf.) Booth ex Bosse	стратификация / stratification
		<i>Prunus caspica</i> Kov. et Ekim.	стратификация / stratification
	Цудахар Tsudakhar	<i>Berberis vulgaris</i> L.	стратификация / stratification
		<i>Juniperus oblonga</i> Bieb.	стратификация / stratification
		<i>Rosa spinosissima</i> L.	стратификация / stratification
		<i>Rosa canina</i> L.	стратификация / stratification
		<i>Colutea orientalis</i> Mill.	скарфикация / scarification
	Буртанимахи Burtanimakhi	<i>Reaumuria alternifolia</i> Britten	без стратификации / without stratification
	Леваши Levashi		
<b>Махачкала</b> Makhachkala	Ленинкент Leninkent	<i>Alhagi pseudoalhagi</i> (Bieb.) Desv.	скарфикация / scarification
<b>Буйнакский</b> Buynakskiy	Эрпели Erpeli	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	стратификация / stratification
<b>Табасаранский</b> Tabasaranskiy	Дюбек Duybek	<i>Prunus spinosa</i> L.	стратификация / stratification

Примечание: окр. – окрестности, с. – село

Note: окр. – neighborhood, с. – village

Большинство из представленных в табл. 2. видов (кроме *Reaumuria alternifolia*, *Artemisia salsoloides*) произрастают и в сообществах окрестностей изучаемых откосов. Однако семена этих видов для посева собраны осенью 2019 года и в других местах их произрастания по Предгорному и Внутреннегорному Дагестану, где наблюдалось плодоношение. Преимущество выбранных видов, помимо устойчивости к засушливым условиям изучаемого хребта, состоит еще в том, что они декоративны в период цветения (*Reaumuria alternifolia*, *Rosa canina*, *Paliurus spina-christi*, *Berberis vulgaris*), плодоношения (*Colutea orientalis*, *Berberis vulgaris*, *Crataegus monogyna*) или в облиственном состоянии (*Cotinus coggygria*, *Reaumuria alternifolia*, *Pyrus salicifolia*), что имеет немаловажное значение при «озеленении» откосов автодорог.

При изучении откосов руководствовались основными положениями, изложенными в работах «Современная наука о растительности» [39], «Описание фитоценоза: Методические рекомендации» [40], «Методы изучения лесных систем» [41].

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Таксономический спектр флоры обрастания откосов

В конце августа 2018 г., через два месяца после завершения земляных работ, на десяти ПП вдоль

откосов автодороги «Нарат-тюбинский перевал» выявлено 17 видов цветковых растений из 9 семейств. Семейство Роасеае представлено четырьмя видами (*Cynodon dactylon*, *Phragmites australis*, *Poa bulbosa* и *Setaria sp.*), *Amaranthaceae* тремя видами (*Amaranthus sp.*, *Atriplex sp.*, *Chenopodium album*) *Asteraceae* двумя видами (*Cirsium echinus*, *Xanthium strumarium*) и шесть семейств (*Apiaceae*, *Аросунасеае* *Сарпарасеае*, *Cucurbitaceae*, *Euphorbiaceae*, *Ulmaceae*) имеют по одному виду (*Falcaria vulgaris*, *Cynanchum acutum*, *Capparis herbacea*, *Ecballium elaterium*, *Euphorbia sp.*, *Ulmus parvifolia* соответственно). Два вида в розеточном состоянии не идентифицированы. Многовидовые роды, виды лишайников, мхов, папоротников отсутствуют.

В 2019 году число видов растений на ПП увеличилось до 72, которые относятся к 60 родам и 24 семействам (табл. 3). По видовому богатству семейства ранжированы в следующем порядке: *Asteraceae* – 14 видов, *Роасеае* – 12, *Fabaceae* – 9, *Brassicaceae* – 6, *Caryophyllaceae* – 5, *Boraginaceae* – 3 вида, пять семейств (*Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Malvaceae* *Papaveraceae*, *Plantaginaceae*) имеют по 2 вида, и 13 семейств (*Alliaceae*, *Amaranthaceae*, *Аросунасеае*, *Сарпарасеае*, *Geraniaceae*, *Euphorbiaceae*, *Resedaceae*, *Rubiaceae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae*, *Solanaceae*, *Valerianaceae*,



Violaceae) по одному виду. Перечисленные выше первые три семейства – Asteraceae, Poaceae и Fabaceae включают около 50% от всего видового богатства. Такой порядок лидирующих семейств сосудистых растений

(Asteraceae, Poaceae и Fabaceae) приводится и в работах, посвященных изучению флоры обрастания в географически удаленных территориях – Нижний Новгород и Кашмир [42; 43].

**Таблица 3.** Таксономический спектр флоры обрастания откосов автодороги «Нарат-тюбинский перевал» за 2019 год  
**Table 3.** Taxonomic spectrum of floras growing on slopes of the Narat-Tyube Pass road for 2019

Семейства Family	Виды Types	Семейства Family	Виды Types
<b>Asteraceae</b>	<i>Anthemis ruthenica</i>	<b>Brassicaceae</b>	<i>Alyssum desertorum</i>
	<i>Artemisia taurica</i>		<i>Cardaria draba</i>
	<i>Artemisia absinthium</i>		<i>Clypeola jonthlaspi</i>
	<i>Carduus hamulosus</i>		<i>Diploaxis muralis</i>
	<i>Carduus seminudus</i>		<i>Rapistrum rugosum</i>
	<i>Carthamus lanatus</i>		<i>Sisymbrium loeselii</i>
	<i>Crepis pulchra</i>	<b>Caryophyllaceae</b>	<i>Cerastium glutinosum</i>
	<i>Lactuca serriola</i>		<i>Cerastium anomalum</i>
	<i>Senecio vernalis</i>		<i>Dianthus caucaseus</i>
	<i>Sonchus arvensis</i>		<i>Melandrium album</i>
	<i>Silybum marianum</i>		<i>Silene chloropetala</i>
	<i>Tragopogon graminifolius</i>	<b>Boraginaceae</b>	<i>Myosotis micrantha</i>
	<i>Xanthium strumarium</i>		<i>Symphytum caucasicum</i>
	<i>Xeranthemum annuum</i>		<i>Nonea rosea</i>
<b>Poaceae</b>	<i>Agropyron pectinatum</i>	<b>Apiaceae</b>	<i>Zosimia absinthifolia</i>
	<i>Anizantha tectorum</i>		<i>Falcaria vulgaris</i>
	<i>Avena fatua</i>	<b>Lamiaceae</b>	<i>Ajuga orientalis</i>
	<i>Bromus briziformis</i>		<i>Lamium purpureum</i>
	<i>Bromus mollis</i>	<b>Papaveraceae</b>	<i>Papaver ocellatum</i>
	<i>Bromus scoparius</i>		<i>Roemeria hybrida</i>
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	<b>Plantaginaceae</b>	<i>Linaria genistifolia</i>
	<i>Cynodon dactylon</i>		<i>Plantago lanceolata</i>
	<i>Lolium perenne</i>	<b>Malvaceae</b>	<i>Alcea rugosa</i>
	<i>Phragmites australis</i>		<i>Malvalthaea transcaucasica</i>
	<i>Poa bulbosa</i>	<b>Alliaceae</b>	<i>Allium fuscoviolaceum</i>
	<i>Poa sp.</i>	<b>Amaranthaceae</b>	<i>Chenopodium album</i>
	<i>Lathyrus sphaericus</i>	<b>Apocynaceae</b>	<i>Cynanchum acutum</i>
	<i>Medicago minima</i>	<b>Capparaceae</b>	<i>Capparis herbacea</i>
<b>Fabaceae</b>	<i>Medicago falcata</i>	<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Euphorbia virgata</i>
	<i>Trifolium arvense</i>	<b>Geraniaceae</b>	<i>Erodium cicutarium</i>
	<i>Trifolium pratense</i>	<b>Resedaceae</b>	<i>Reseda lutea</i>
	<i>Vicia hirsuta</i>	<b>Rosaceae</b>	<i>Poterium polygamum</i>
	<i>Vicia narbonensis</i>	<b>Rubiaceae</b>	<i>Galium aparine</i>
	<i>Vicia pilosa</i>	<b>Scrophulariaceae</b>	<i>Veronica polita</i>
	<i>Vicia perengina</i>	<b>Solanaceae</b>	<i>Hyoscyamus niger</i>
		<b>Valerianaceae</b>	<i>Valerianella coronata</i>
		<b>Violaceae</b>	<i>Viola somchetic</i>
Семейств 24, родов 60, видов 72 / Families 24, genus 60, species 72			

В 2019 году на откосах появились многовидовые роды: *Vicia* – 4 вида, *Bromus* – 3 вида, шесть родов (*Artemisia*, *Carduus*, *Poa*, *Medicago*, *Trifolium*, *Cerastium*) по 2 вида. Понятно, что с годами число пионерных видов-рудералов будет снижаться, доля многолетников из природной флоры, соответствующих климатическим особенностям ближайших склонов, будет увеличиваться, соответствуя определенным этапам сукцессионного процесса обрастания откосов автодорог.

Особенности распространения видов растений на откосах в зависимости от их параметров

Из 17-ти видов, выявленных в 2018 году, только один вид – *Cynanchum acutum* встречается на трех ПП, *Capparis herbacea*, *Setaria sp.*, *Poa bulbosa* – на двух, остальные 13 видов только на одной из пробных площадей. В первый год обрастания доля видов способных к вегетативному размножению составила в 20,4% (5 видов из 17), размножающихся семенами – 70,6% (табл. 4). Относительно высокая доля вегетативно размножающихся видов (*Cynanchum acutum*, *Phragmites australis*, *Capparis herbacea*, *Cynodon dactylon*, *Ulmus parvifolia*) в первый же год зарастания откосов автодороги мы связываем с сохранением после завершения земляных работ в более глубоких слоях грунта их корневищ и других вегетативных

зачатков (корней, клубней и др.). Через год (в 2019 г.) первая группа увеличилась всего на один вид – появился корнеотпрысковый многолетник *Sónchus arvensis*. При значительном увеличении неповторяющихся на ПП видов (81 вид), доля вегетативно размножающихся снизилась до 7,4% (6 видов).

В 2018 году проективное покрытие видов на откосах южного макросклона было выше, чем на откосах северного макросклона – 27,3 и 7,2% соответственно. Такая картина сложилась, прежде всего, за счет приведенных выше многолетних, вегетативно размножающихся видов, произрастающих на южном склоне и до проведения ремонтных работ.

**Таблица 4.** Показатели обрастания откосов автодороги «Нарат-тюбинский перевал» за 2018 г. (%)

**Table 4.** Indicators of overgrowth of slopes of the Narat-Tyube Pass road for 2018 (%)

Виды, 2018 год Species, 2018	Нумерация площадок по склонам Numbering of test areas on slopes										Покры- тие, % Density, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Южный макросклон Southern macroslope					Северный макросклон Northern macroslope					
	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	В	В	В	В	С	
	S	S	S	S	S	E	E	E	E	N	
	Глина Clay	Сланец Slate	Гли- нистый сланец Shale	Гли- нистый сланец Shale	Глина Clay	Супесь с песчани- ком Sandstone loam	Глинист- ый сланец Shale	Суглинок Clay loam	Суглинок Clay loam	Песчани- ково-слан- цевая глина Sandstone- shale clay	
<i>Cynanchum acutum</i>	0	0	1	3	5	0	0	0	0	0	9
<i>Capparis herbacea</i>	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	6
<i>Setaria</i> sp.	0	0	0	0	0,2	2	0	0	0	0	2,2
<i>Poa bulbosa</i>	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0,2
<i>Amaranthus</i> sp.	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
<i>Atriplex</i> sp.	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Chenopodium album</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Cirsium echinus</i>	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1
<i>Cynodon dactylon</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5
<i>Ecballium elaterium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Euphorbia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Falcaria vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1
<i>Phragmites australis</i>	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7
<i>Xanthium strumarium</i>	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,3
<i>Ulmus parvifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Розеточное раст.	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1
Розеточное раст.	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1

В 2018 году на откосах южного склона неповторяющихся видов также было больше, чем на северном склоне (10 и 7 соответственно). В 2019 году картина изменилась кардинально. На северном макросклоне суммарное проективное покрытие видов увеличилось до 57,4%. Изменилось значительно и соотношение числа видов: на южном склоне их стало больше в три раза (29 видов), на северном – 8,6 раз (60 видов), что в два раза превышает видовое богатство откосов южного склона.

Виды *Amaranthus* sp., *Atriplex* sp., *Setaria* sp., *Ulmus parvifolia*, из выявленных в 2018 г. на ПП в 2019 году не обнаружены, хотя эти виды являются активными сегеталами и на полях хозяйств у подножия хребта Нарат-тюбе, особенно в посадках овощных и пропашных культур, произрастают массово. Их исчезновение может быть объяснено низким содержанием элементов минерального питания в грунтах откосов.

В 2019 году общее число видов на всех ПП увеличилось в 4,7 раз (с 17 до 81), с учетом повторяющихся видов это соотношение еще выше (6,6 раз – с 22 до 147) (табл. 5; рис. 1).

Без изменения, с нулевым числом видов, остались две ПП (третья и седьмая). Экспозиция склонов, на которых расположены эти площадки (южная в первом случае и северная во втором) в данном случае на их обрастание влияние не оказала. Отсутствие видов на этих ПП мы связываем с подвижностью грунта из сыпучего сланца. Сланец, постоянно смещаясь вниз к обочине дороги, видимо, препятствует закреплению корневой системы проростков семян растений близлежащих растительных сообществ, которые попадают сюда, как и на все другие откосы из флоры окрестностей.

Кроме представленных в табл. 4 на ПП обнаружены еще 48 видов. Из последних 15 видов встречаются только на двух ПП: *Alcea rugose*, *Allium fuscoviolaceum*, *Capparis herbacea*, *Cerastium glutinosum*, *Hyoscyamus niger*, *Lamium purpureum*, *Malvalthaea ranscaucasica*, *Medicago minima*, *Melandrium album*, *Silybum marianum*, *Vicia perengina*, *Xanthium strumarium*, *Zosimia absinthifolia*, *Euphorbia virgata*, *Carthamus lanatus*. Единично обнаружены еще 33 вида: *Agropyron pectinatum*, *Ajuga orientalis*, *Anthemis ruthenica*, *Artemisia absinthium*, *Avena fatua*, *Bromus mollis*, *Bromus scoparius*, *Calamagrostis arundinacea*, *Cardaria draba*,

*Cerastium anomalum*, *Clypeola jonthlaspi*, *Cynodon dactylon*, *Dianthus caucaseus*, *Diploaxis muralis*, *Galium aparine*, *Lathyrus sphaericus*, *Linaria genistofolia*, *Medicago falcate*, *Nonea rosea*, *Phragmites australis*, *Plantago lanceolata*, *Poterium polygamum*, *Poa* sp.,

*Reseda lutea*, *Roemeria hybrida*, *Silene chloropetala*, *Sisymbrium loeselii*, *Trifolium arvense*, *Trifolium pratense*, *Valerianella coronata*, *Veronica polita*, *Viola somchetica*, *Vicia hirsuta*, *Vicia narbonensis*, *Vicia pilosa*.

**Таблица 5.** Показатели обрастания откосов автодороги «Нарат-тубинский перевал» в 2019 г.

**Table 5.** Indicators of overgrowth of slopes of the Narat-Tyube Pass road for 2019

Виды, 2019 год Species 2019	Нумерация площадок по склонам Numbering of test areas on slopes										Покровие, % Density, %	Встречаемость, % Occurrence, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Макросклон южный Southern macroslope					Макросклон северный Northern macroslope						
	Ю	Ю	Ю	Ю	Ю	В	В	В	В	С		
	S	S	S	S	S	E	E	E	E	N		
	Материнская порода / Bedrock											
Глина Clay	Сланец Slate	Глини- стый сланец Shale	Глини- тый сланец Shale	Глина Clay	Супесь с песча- ником Sandstone loam	Глини- тый сланец Shale	Суглинок Clay loam	Суглинок Clay loam	Песчани- ково-слан- цевая глина Sandstone- shale clay			
<i>Lolium perenne</i>	0,3	0	0,2	0,1	1,2	0	0	0,1	4	0,1	6,0	70
<i>Erodium cicutarium</i>	0	0	0,1	0,3	1	0	0	0,2	0,1	5	6,7	60
<i>Rapistrum rugosum</i>	0	0	3	0,1	0	0	0	1,3	9	0,5	13, 9	50
<i>Symphytum caucasicum</i>	0	0	1	0,1	0,1	0	0	0	0,4	1	2,6	50
<i>Alyssum desertorum</i>	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	1	1	2,2	40
<i>Anisantha tectorum</i>	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,5	1,5	2,2	40
<i>Senecio vernalis</i>	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1	1	1,3	40
<i>Sonchus arvensis</i>	0,1	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0,5	40
<i>Tragopogon graminifolius</i>	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,4	40
<i>Artemisia taurica</i>	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0,3	30
<i>Bromus briziformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,1	1	0,2	0,3	30
<i>Carduus hamulosus</i>	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0,5	0	0	0,8	30
<i>Carduus seminudus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	4,5	0,1	5,6	30
<i>Chenopodium album</i>	0	0	0,2	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0,4	30
<i>Crepis pulchra</i>	0	0	0	0	0	0,7	0	0,1	0	0,4	1,2	30
<i>Cynanchum acutum</i>	0	0	0,3	1	1	0	0	0	0	0	2,3	30
<i>Falcaria vulgaris</i>	0	0	0	0,7	4	0	0	1,5	0	0	6,2	30
<i>Lactuca serriola</i>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,5	0,1	0,7	30
<i>Myosotis micrantha</i>	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,3	1,5	2,1	30
<i>Papaver ocellatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,1	1,5	1,9	30
<i>Poa bulbosa</i>	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	2	0,2	30
<i>Xeranthemum annuum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,3	30

В целом на площадках, расположенных на северном макросклоне, число видов больше, чем на южном макросклоне, особенно на ПП 8, 9, 10 с глинистым грунтом (24, 29 и 30 видов соответственно) (рис. 2).

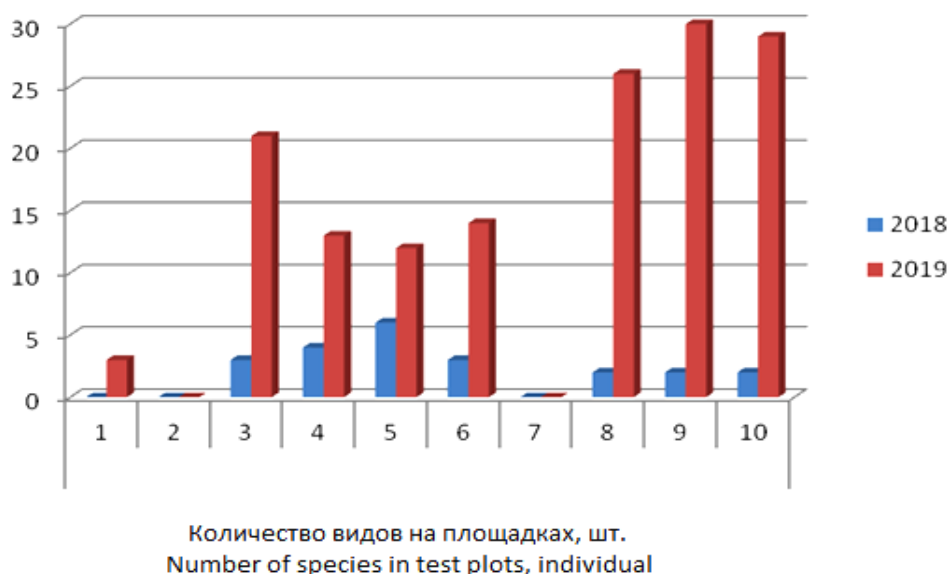
За один год обрастания особенно сильно (в 7,5 раз) возросло число неповторяющихся на разных ПП однолетних видов (с 7 до 53), число повторяющихся видов увеличилось в 6,3 раз (с 3 до 19) (табл. 6). Высокая доля однолетних видов указывает на

начальную стадию сукцессии с преобладанием видов эксплерентов. Доля многолетников от общего числа неповторяющихся на ПП видов составила 34,6%, а однолетников – 65,4%.

За два года число видов с высокими показателями участия в обрастании откосов, как по общему проективному покрытию, так и по встречаемости оказалось небольшим. Таких видов с суммарным покрытием от 6 до 13,9% и встречаемостью

выше 50% выделено нами три: *Lolium perenne*, *Erodium cicutarium*, *Rapistrum rugosum* (встречаемость на семи, шести и пяти ПП соответственно). Вид *Symphytum caucasicum* при относительно высокой встречаемости имеет очень низкое общее покрытие – 2,6%. Наибольшее проективное покрытие имеют растения *Rapistrum rugosum*, что соответствует и типу его адаптивной стратегии как эксплорента. Из указанных видов наиболее перспективным для искусственного обростания изученных откосов на основе

биоинженерного подхода представляется вид *Lolium perenne*. Прежде всего, это многолетнее растение с широким ареалом и большим разнообразием условий произрастания. Два других вида (*Erodium cicutarium*, *Rapistrum rugosum*) являются однолетниками и применение их для целей биоинженерии нецелесообразно, так как требуется ежегодный посев.



**Рисунок 2.** Изменение флористического богатства за 2019 г. на выемочных и насыпных откосах автодороги «Нарат-Тюбинский перевал» Предгорного Дагестана

**Figure 2.** Changes in floristic diversity and abundance in 2019 at the excavated and in-filled slopes of the Narat-Tyubinsky Pass road in piedmont Dagestan

**Таблица 6.** Некоторые обобщенные показатели обростания откосов автодороги «Нарат-тубинский перевал» за 2018-2019 гг.

**Table 6.** Some generalized indicators of overgrowth on slopes of the Narat-Tyube Pass road for 2018-2019

Показатели Indicators	Нумерация площадок по склонам Numbering of text areas on the slopes										Сумма видов на площадках Sum of species in test areas		
	Южный макросклон Southern macroslope					Северный макросклон Northern macroslope					Всего In all	Неповторяющихся Non-repeating	Повторяющихся Repeating
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	Микросклоны / Microslope												
	Ю S	Ю S	Ю S	Ю S	Ю S	В E	В E	В E	В E	С N			
	Материнская порода / Bedrock												
	Глина Clay	Сланец Slate	Глинистый сланец Shale	Глинистый сланец Shale	Глина Clay	Супесь с песчанником Sandstone loam	Глинистый сланец Shale	Суглинок Clay loam	Суглинок Clay loam	Песчаниково-сланцевая глина Sandstone-shale clay			
Видов на ПП 2019 г. Species on trial area 2019	3	0	22	13	12	14	0	24	30	29	147	81	66
Доля от общего числа, % Share of the total number. %	2,1	0	14,9	8,8	8,2	9,5	0	16,3	20,4	19,7	100	55,1	44,9

<b>Многолетники</b> Perennials	2	0	10	7	7	6	0	6	7	11	56	28	28
<b>Двулетники</b> Biennials	0	0	2	2	1	1	0	1	7	3	17	6	9
<b>Однолетники</b> Annuals	1	0	10	4	4	5	0	17	16	15	72	53	19
<b>Видов на ПП</b> <b>2018 г.</b> Species on trial area 2018	0	0	3	4	6	3	0	2	2	2	22	17	5
<b>Доля от общего</b> <b>числа, %</b> Share of the total number, %	0	0	13,6	18,1	27,2	13,6	0	9,0	9,0	9,0	100	77,2	22,7
<b>Многолетники</b> Perennials	0	0	2	3	2	0	0	2	0	0	9	7	2
<b>Двулетники</b> Biennials	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3	3	0
<b>Однолетники</b> Annuals	0	0	1	1	4	1	0	0	2	1	10	7	3
<b>Коэффициент</b> <b>Жаккара</b> Jaccard coefficient (Kq)	0,22 – по макросклонам (Ю, С) 0,22 – on macroslopes (S, N)			0,12 – по годам 0,12 – by year			0,16 – по годам откосы южного склона 0,16 – by years of slopes of southern macroslope				0,08 – по годам откосы северного склона 0,08 – by years of slopes of northern macroslope		

Значительное увеличение числа видов на пробных площадях в первый же год после завершения дорожных работ мы связываем с богатством флоры и растительности склонов изученного хребта, высокой семенной продуктивностью этой флоры, жизнеспособностью семян, устойчивостью проростков к колебанию влажности и температуры в летний и зимний периоды. Важное значение имеет и способность видов произрастать на грунте с низким содержанием элементов минерального питания, и, наконец, с наличием постоянных ветров, обеспечивающих рассеивание семян [44].

#### Группировка пробных площадей по сходству их видового состава

В целом по флористическому составу (по данным за два года) сходство между изученными ПП низкое. Между ПП, заложенным на откосах северного макросклона, по годам сходство (коэффициент Жаккара – Kq 0,08) оказалось самым низким. Это связано с почти полным изменением видового состава за один год, что подтверждает и сравнение ПП по годам на всех откосах – Kq 0,12. При этом сходство между откосами южного макросклона выше (Kq 0,16), чем между откосами северного макросклона. Последнее можно объяснить общей скудностью флоры на откосах южной экспозиции из-за засушливости условий произрастания и менее значительными изменениями во флоре обрастания за один год. Между видовым составом ПП макросклонов сходство выше – Kq 0,22, в связи с общими тенденциями восстановительного процесса в пределах одного хребта Предгорного Дагестана, хотя и не такими явными.

Для выделения близких по показателям описания пробных площадей проведен также кластерный анализ методом невзвешенного попарного среднего UPGMA (рис. 3). В этом методе расстояние между двумя различными кластерами вычисляется как

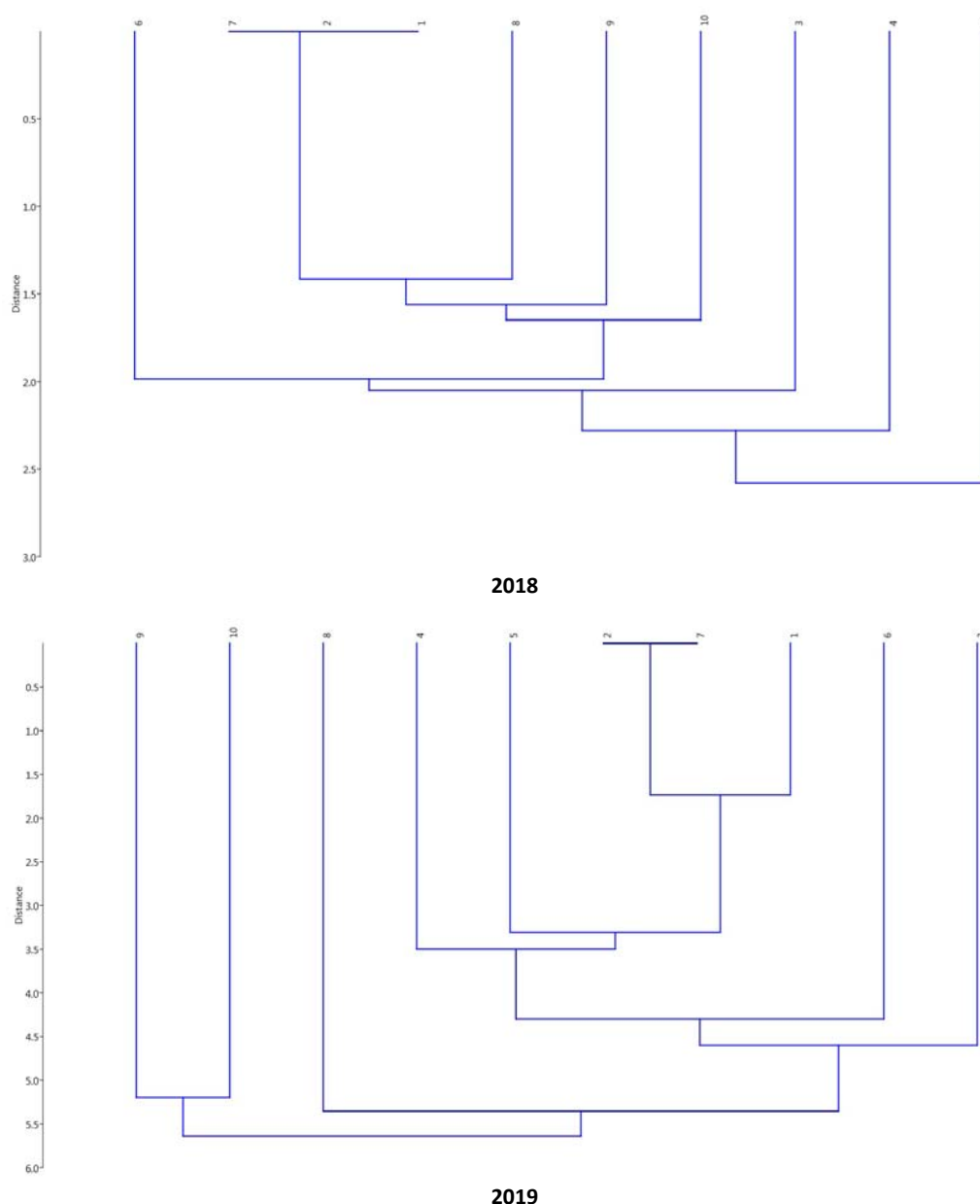
среднее расстояние (сходство) между всеми парами объектов.

В 2018 году наиболее близкими оказались первая, вторая (южный склон) и седьмая – (северный склон) ПП, что и определило формирование ими единого кластера первого уровня. На этих трех ПП растения обнаружены не были. Отсутствие видов при этом не зависело от состава грунта: два из этих ПП (2-й и 7-й) имеют сланцевый грунт, а ПП под первым номером – глинистый. На последней ПП в 2019 году обнаружены три вида (*Lolium perenne*, *Sonchus arvensis*, *Xanthium strumarium*) и это площадка, хоть и сохранилась в группе со второй и седьмой ПП, но отделилась на более высоком уровне (втором) уровне кластеризации. В 2018 году ПП объединены на восьми уровнях. Это говорит о различиях в обрастании и отсутствии определенной закономерности этого процесса в зависимости от экспозиции или от типа субстрата. В 2019 году группировка откосов автодорог изменилась. При этом число уровней объединения возросло до девяти. Увеличилась и максимальная дистанция объединения всех ПП в полный кластер (в два раза). Изменились и показатели объединения кластерных групп.

Обособленность флор третьей и шестой пробных площадей, заложенных на насыпных откосах, и в 2018 и, в 2019 годах, от флор других ПП определяется типом субстрата откосов

Наиболее отдалены от остальных описаний, но объединены в одну группу девятая и десятая ПП. Это объясняется и пространственной их близостью в нижней части северного макросклона, сходством типа растительности (олуговельные степи) и грунта с примесью глины. В целом просматривается (без учета двух ПП насыпных откосов и ПП под номером 7 без растительности) тенденция к группировке флор ПП в зависимости от экспозиции макросклонов. В дальнейшем эта тенденция, на наш взгляд, будет усиливаться.





**Рисунок 3.** Кластерный анализ показателей флористического богатства ПП за 2018 и 2019 гг. откосов автодороги «Нарат-тюбинский перевал» методом невзвешенного попарного среднего – UPGMA

**Figure 3.** Cluster analysis of floristic diversity of test area for 2018 and 2019 on slopes of the Narat-Tyube Pass road using the unweighted pairwise average method – UPGMA

Подводя итоги первого этапа проведенной нами работы и на основе информации из литературных источников можно констатировать, что серьезной проблемой для практиков и ученых, особенно в полузасушливых регионах, где проекты восстановления откосов автодорог биоинженерными методами часто дают неудачные результаты, остается выбор подходящих видов для целей рекультивации. Это связано с недостаточной изученностью биологии и экологии видов растений и признаков связанных с успешностью их произрастания в придорожных экосистемах. Практически во всех изученных нами работах не выявлены первичные пионерные группировки, а также не показана роль этих

группировок в запуске демулационного процесса. Не дана геоботаническая оценка последовательности и продолжительности стабилизации растительности на нарушенных участках в зависимости от разнообразия природной флоры окрестностей деградированных участков. Такая работа нами проводится впервые и будет продолжена в условиях Предгорного, Внутреннегорного и Высокогорного Дагестана.

#### ВЫВОДЫ

1. В год завершения ремонтных дорожных работ на откосах участка «Нарат-тюбинский перевал» автодороги Махачкала-Буйнакск Предгорного Дагестана сформировались растительные группировки

из небольшого числа (17) видов. Из них 20,4% приходится на вегетативно размножающиеся виды (*Cynanchum acutum*, *Phragmites australis*, *Capparis herbacea*, *Cynodon dactylon*, *Ulmus parvifolia*) с глубоко проникающими в грунт корневищами и корнями, на которых формируются адвентивные почки при обнажении, а затем и полноценные растения.

2. На второй год флора обрастания обогатилась значительно (81 вид). Общее число видов увеличилось почти в пять раз за счет однолетних видов – эксплерентов (65,4%). Доля многолетников снизилась с 41,1% до 34,5%, что характерно начальному этапу первичной сукцессии обнажений.

3. Группировка пробных площадей откосов на основе кластерного анализа со временем будет изменяться в силу изменения видового состава в ходе сукцессионного процесса. Факторами сближения или отдаления ПП при этом являются климатические условия макросклонов (южный и северный), тип субстрата откосов (сланец, глина и др.) и изменение почвенных условий в зависимости от высоты над уровнем моря. Кроме того, различия между ПП в дальнейшем будут зависеть и от близости природных растительных сообществ (лес, шибляк, луг, степь), экологических (ксерофильность-мезофильность, адаптивная стратегия) и биологических (семенная продуктивность, жизнеспособность семян) характеристик видов этих сообществ.

4. Для оценки перспективности биоинженерного метода закрепления откосов автодороги «Нарат-тубинский перевал» произведен осенний посев нестратифицированных семян 27 древесных и травянистых видов-ксерофитов из природных популяций Предгорного и Внутреннегорного Дагестана. Планируется весенний посев стратифицированных семян этих же видов. Наиболее перспективным из природных травянистых видов для этой цели признан многолетний злак *Lolium perenne*. Первые результаты опыта по искусственному обрастанию откосов и геоботаническое описание природных сообществ прилегающих территорий будут представлены во втором сообщении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Асадулаев З.М., Маллалиев М.М., Садыкова Г.А. Флористические и структурные особенности пионерных и демулационных сообществ нарушенных известняковых склонов Дагестана // Вестник ДНЦ РАН. 2013. N 51. С. 80-85.
2. Асадулаев З.М., Садыкова Г.А., Маллалиев М.М. Экологические группировки видов растений откосов автодорог Горного Дагестана // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2016. Т. 121. N 1. С. 69-75.
3. Кадыралиева Г.А., Никольская О.В. Особенности оценки местной устойчивости откосов горных дорог // Инновации в науке. 2017. N 6 (67). С. 45-50.
4. Душевский В.П., Ключин А.А., Толстых Е.А. О скорости денудации верхнемеловых мергелей и современном формировании рельефа Внутренней куэсты Крымских гор. В кн.: Динамика природы и проблемы освоения территорий Крыма. Л., 1974. С. 24-29.

5. Ключин А.А. Экзогеодинамика Крыма. Симферополь: Таврия, 2007. 320 с.
6. Блага Н.Н. Морфогенез осыпей в вехнемеловых мергелях внутренней гряды крымских гор // Культура народов Причерноморья. 2008. N 147. С. 153-154.
7. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Москва: Стройиздат, 1971. 368 с.
8. Грунтоведение /под ред. Е.М. Сергеева. Москва: МГУ, 1983. 389 с.
9. Асадулаев З.М., Абакарова Б.А., Абдуллаева Э.А., Садыкова Г.А. Особенности зарастания известняковых плит на эродированных склонах Внутреннегорного Дагестана // Материалы международной конференции «Биологические и гуманитарные ресурсы развития горных регионов», Махачкала, 10-12 сентября 2009 г. С. 48-54.
10. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Картанбаев Р.С., Сулайманов Н.Ч. Принципы безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации горных дорог. Бишкек: Илим, 2006. 186 с.
11. Кадыралиева Г.А., Кожогулов К.Ч., Никольская О.В. Влияние сезонных колебаний температуры воздуха на прочностные свойства грунтов откосов горных дорог // Известия Национальной академии наук Кыргызской республики. 2013. N 2. С. 25-28.
12. Никольская О.В., Кадыралиева Г.А. Критерии оценки местной устойчивости откосов горных дорог на горных склонах // Сборник трудов конференции СПбГАСУ «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение», Санкт-Петербург, 2014. Ч. 1. С. 214-221.
13. Магомедэминов Н.С. Оценка устойчивости конструкции земляного полотна автомобильных дорог с учетом напряженного состояния природного склона // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. N 1(48). С. 29а-30.
14. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения. Минск: Высшая школа, 1988. 348 с.
15. Методические указания по оценке местной устойчивости откосов и выбору способов их укрепления в различных природных условиях. Москва, 1970. 73 с.
16. ГОСТ 25100-95. Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация: Soils. Classification. М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве (МНТКС), 1996. 24 с.
17. Bochet E., García-Fayos P. Identifying plant traits: A key aspect for species selection in restoration of eroded roadsides in semiarid environments // Ecological Engineering. 2015. V. 83. P. 444-451. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.06.019
18. Yanyan Q., Holden N., Qi F., Meng Z. Influence of slope aspect on plant community composition and its implications for restoration of a Chinese mountain range // Pol. J. Environ. Stud. 2017. V. 26. N 1. P. 375-383. DOI: 10.15244/pjoes/64458
19. Байраков И.А. Трансформация экосистем чеченской республики под влиянием антропогенного воздействия // Материалы XX Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России», Махачкала, 2018. С. 49-51.

20. Milodowski D.T., Mudd S.M., Mitchard E.T.A. Erosion rates as a potential bottom-up control of forest structural characteristics in the Sierra Nevada Mountains // *Ecology*. 2015. V. 96. Iss. 1. P. 31-38. DOI: 10.1890/14-0649.1
21. Sarmiento L., Smith J.K., Márquez N., Escalona A., Erazo M.C. Constraints for the restoration of tropical alpine vegetation on degraded slopes of the Venezuelan Andes // *Plant Ecology and Diversity*. 2014. V. 8. Iss. 2. P. 277-29. DOI: 10.1080/17550874.2014.898163
22. Walker L.R., Bellingham P.J., Peltzer D.A. Plant characteristics are poor predictors of microsite colonization during the first two years of primary succession // *Journal of Vegetation Science*. 2006. V. 17. Iss. 3. P. 397-406. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02460.x
23. Wang N., Jiao J., Jia Y., Wang D. Influence of Afforestation on the Species Diversity of the Soil Seed Bank and Understorey Vegetation in the Hill-Gullied Loess Plateau, China // *Int J Environ Res Public Health*. 2017. V. 14. Iss. 10. 1285 p.
24. Leung F.T.Y., Yan W.M., Hau B.C. H., Tham L.G. Mechanical pull-out capacity and root reinforcement of four native tree and shrub species on ecological rehabilitation of roadside slopes in Hong Kong // *Journal of Tropical Forest Science*. 2018. V. 30. Iss. 1. P. 25-38.
25. Узелко А.К. Процессы зарастания растениями гравийных отвалов, образованных после ливневого паводка 1997 года в Бабиогорском национальном парке. Предварительные исследования // 12-й Международный симпозиум по проблемам ландшафтно-экологических исследований. Братислава, 2001. Т. 20. С. 265-270.
26. Bienes R., Marques M.J., Sastre B., García-Díaz A., Ruiz-Colmenero M. Eleven years after shrub revegetation in semiarid eroded soils. Influence in soil properties // *Geoderma*. 2016. V. 273. P. 106-114. DOI: 10.1016/J.GEODERMA.2016.03.023
27. Mohammed A., Wennian X., Zhenyao X. Ecological and bioengineering studies for stabilizing the Wad Medani-Sennar roadside slope linking the Gezira and Sennar States // *Advances in Civil Engineering*. 2018. P. 1-12. DOI: 10.1155/2018/7430809
28. Черняк А. Исследование защитных систем для размывающихся грунтов // VI Национальная польская научная конференция по комплексным и детальным проблемам природопользования. Т. 21. Кошалин. Польша, 2003. С. 791-805.
29. Breton V., Crosaz Y., Rey F. Effects of wood chip amendments on the revegetation performance of plant species on eroded marly terrains in a Mediterranean mountainous climate (Southern Alps, France) // *Solid Earth*. 2016. V. 7. Iss. 2. P. 599-610. DOI: 10.5194/se-7-599-2016
30. Burri K., Graf F., Böll A. Revegetation measures improve soil aggregate stability: a case study of a landslide area in Central Switzerland // *Forest Snow and Landscape Research*. 2009. V. 82. Iss. 1. P. 45-60.
31. Lotfalian M., Nasiri M. The distribution and frequency of damage to roadside trees in low-volume road construction // *Journal of Forestry Research*. 2018. V. 29. N 1. P. 221-226. DOI: 10.1007/S11676-017-0433-4
32. Панков Я.В., Иванов Ф.Е., Данько В.Н. Лесная рекультивация нарушенных земель. Воронеж, 1991. 184 с.
33. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиева Б.С. и др. Физическая география Дагестана. Москва: Школа, 1996. 380 с.
34. Баламирзоев М.А. Эффективное использование предгорных земель. Махачкала: Дагкнигоиздат, 1982. 96 с.
35. Яровенко Е.В., Абачев К.Ю., Магомедова М.А. Особенности флоры Нараттюбинского хребта (Дагестан) // *Ботанический журнал*. 2011. Т. 96. N 1. С. 75-86.
36. Зонн С.В. Почвы Дагестана. Москва- Ленинград: АН СССР, 1940. С. 94-102.
37. Салманов А.Б., Залибеков З.Г., Истомина А.Г. Почвы равнинной зоны Дагестана // *Труды Отдела биологии Даг. ФАН. АН СССР «Классификация и диагностика почв Дагестана»*, Махачкала, 1982. С. 20-52.
38. Капустянская Н.Г. Почвы Предгорного Дагестана. В кн.: Физическая география Предгорного Дагестана. Ростов-на-Дону: РГПИ, 1984. С. 20-53.
39. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. Москва: Логос, 2000. 262 с.
40. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. Санкт-Петербург, 2008. 71 с.
41. Методы изучения лесных сообществ. Санкт-Петербург: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
42. Жесткова Д.Б., Уромова И.П. Эколого-ценотическая характеристика травянистого покрова в условиях произрастания вдоль автомагистралей Нижнего Новгорода // *Поволжский экологический журнал*. 2015. N 2. С. 167-172.
43. Dar M.E.U.I., Gillani N., Shaheen H., Firdous S.S., Ahmad S., Khan M.Q., Hussain M.A., Habib T., Malik N.Z., Ullah T.S., Rafique S., Aziz S., Khan W.A., Hussain K. Comparative analysis of vegetation from eroded and non-eroded areas, a case study from Kashmir. Himalayas, Pakistan // *Applied Ecology and Environmental Research*. 2017. V. 16. N 2. P. 1725-1737. DOI: 10.15666/aeer/1602\_17251737
44. Yu W., Jiao J., Wang D., Wang N., Wang Z., Zhao H. Seed population dynamics on abandoned slopes in the hill and gully Loess Plateau region of China // *Ecological Engineering*. 2016. V. 94. P. 427-436. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.06.030

## REFERENCES

1. Asadulaev Z.M., Mallaliev M.M., Sadykova G.A. Floral and structural characteristics of the pioneer and demutation communities on the fractured limestone slopes of Daghestan. *Vestnik DNTs RAN [Herald of the Daghestan Scientific Center]*. 2013, no. 51, pp. 80-85. (In Russian)
2. Asadulaev Z.M., Sadykova G.A., Mallaliev M.M. Environmental groups of plant species on the fouling slopes of roads in the mountainous Daghestan. *Byulleten' MOIP. Otdel biologicheskii [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]*. 2016, vol. 121, no. 1, pp. 69-75. (In Russian)

3. Kadyralieva G.A., Nikolskaya O.V. Features estimation of local stability of slopes recesses of mountain road. *Innovatsii v nauke* [Innovation in Science]. 2017, no. 6 (67), pp. 45-50. (In Russian)
4. Dushevskiy V.P., Klyukin A.A., Tolstykh E.A. [Concerning the rate of denudation of the Upper Cretaceous marls and the modern formation of the relief of the Inland Cuesta of the Crimean Mountains]. In: *Dinamika prirody i problemy osvoyeniya territoriy Kryma* [The dynamics of nature and the problems of the development of the Crimea]. Leningrad, 1974, pp. 24-29. (In Russian)
5. Klyukin A.A. *Ekzogeodinamika Kryma* [Exogeodynamics of Crimea]. Simferopol, Tavriya Publ., 2007, 320 p. (In Russian)
6. Blaga N.N. Scree morphogenesis in the Upper Cretaceous marls of the internal ridge of the Crimean mountains. *Kultura narodov Prichernomorya* [Culture of the peoples of the Black Sea]. 2008, no. 147, pp. 153-154. (In Russian)
7. Goldshteyn M.N. *Mekhanicheskiye svoystva gruntov* [Mechanical properties of soils]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1971, 368 p. (In Russian)
8. Sergeyeva E.M., ed. *Gruntovedeniye* [Soil Science]. Moscow, MSU Publ., 1983, 389 p. (In Russian)
9. Asadulaev Z.M., Abakarova B.A., Abdullaeva E.A., Sadykova G.A. Osobennosti zarastaniya izvestnyakovykh plit na erodirovannykh sklonakh Vnutrennegorogo Dagestana [Features of overgrowing of limestone slabs on the eroded slopes of Inner Mountain Dagestan]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Biologicheskoe i humanitarnye resursy razvitiya gornyykh regionov», Makhachkala, 10-12 sentyabrya 2009* [Proceedings of an International Conference "Biological and Humanitarian Resources for Mountain Development", Makhachkala, 10-12 September 2009]. Makhachkala, 2009, pp. 48-54. (In Russian)
10. Kozhogulov K.Ch., Nikol'skaya O.V., Kartanbaev R.S., Sulaymanov N.Ch. *Printsipy bezopasnosti pri proektirovani, stroitel'stve i ekspluatatsii gornyykh dorog* [Safety principles in the design, construction and operation of mountain roads]. Bishkek, Ilim Publ., 2006, 186 p. (In Russian)
11. Kadyralieva G.A., Kozhogulov K.Ch., Nikolskaya O.V. The effect of seasonal fluctuations in air temperature on the strength properties of slopes of mountain roads. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Kyrgyzskoi respubliky* [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic]. 2013, no. 2, pp. 25-28. (In Russian)
12. Nikolskaya O.V., Kadyralieva G.A. Kriterii otsenki mestnoi ustoychivosti otkosov gornyykh dorog na gornyykh sklonakh [Criteria for assessing the local stability of mountain slopes on mountain slopes]. *Sbornik trudov konferentsii SPbGASU «Sovremennyye geotekhnologii v stroitel'stve i ikh nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie», Sankt-Peterburg, 2014* [Proceedings of the conference SPbGASU "Modern geotechnologies in construction and their scientific and technical support", Saint-Petersburg, 2014]. Saint-Petersburg, 2014, part 1, pp. 214-221. (In Russian)
13. Magomedeminov N.S. Estimation of stability of road embankments subject to the tension conditions of natural slope. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli* [Science and technology in the road industry]. 2009, no. 1(48), pp. 29a-30. (In Russian)
14. *Ekspluatatsiya avtomobil'nykh dorog i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya* [Exploitation of roads and traffic management]. Minsk, Vysshaya shkola Publ., 1988, 348 p. (In Russian)
15. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke mestnoy ustoychivosti otkosov i vyboru sposobov ikh ukrepleniya v razlichnykh prirodnnykh usloviyakh* [Guidelines for assessing the local stability of slopes and choosing ways to strengthen them in various environmental conditions]. Moscow, 1970, 73 p. (In Russian)
16. *GOST 25100-95. Mezhdunarodnyy standart. Grunty. Klassifikatsiya: Soils. Classification* [GOST 25100-95. Interstate Standard. Soils. Classification: Soils]. Moscow, MNTKS Publ., 1996, 24 p. (In Russian)
17. Bochet E., García-Fayos P. Identifying plant traits: A key aspect for species selection in restoration of eroded roadsides in semiarid environments. *Ecological Engineering*, 2015, vol. 83, pp. 444-451. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.06.019
18. Yanyan Q., Holden N., Qi F., Meng Z. Influence of slope aspect on plant community composition and its implications for restoration of a Chinese mountain range. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 375-383. DOI: 10.15244/pjoes/64458
19. Bayrakov I.A. Transformatsiya ekosistem chechenskoi respubliky pod vliyaniem antropogennogo vozdeystviya [Transformation of the ecosystems of the Chechen Republic under the influence of anthropogenic impact]. *Materialy XX Mezhdunarodnoi konferentsii «Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza i Yuga Rossii», Makhachkala, 2018* [Materials of the XX International Conference "Biological Diversity of the Caucasus and South of Russia", Makhachkala, 2018]. Makhachkala, 2018, pp. 49-51. (In Russian)
20. Milodowski D.T., Mudd S.M., Mitchard E.T.A. Erosion rates as a potential bottom-up control of forest structural characteristics in the Sierra Nevada Mountains. *Ecology*, 2015, vol. 96, iss. 1, pp. 31-38. DOI: 10.1890/14-0649.1
21. Sarmiento L., Smith J.K., Márquez N., Escalona A., Erazo M.C. Constraints for the restoration of tropical alpine vegetation on degraded slopes of the Venezuelan Andes. *Plant Ecology and Diversity*, 2014, vol. 8, iss. 2, pp. 277-29. DOI: 10.1080/17550874.2014.898163
22. Walker L.R., Bellingham P.J., Peltzer D.A. Plant characteristics are poor predictors of microsite colonization during the first two years of primary succession. *Journal of Vegetation Science*, 2006, vol. 17, iss. 3, pp. 397-406. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02460.x
23. Wang N., Jiao J., Jia Y., Wang D. Influence of Afforestation on the Species Diversity of the Soil Seed Bank and Understory Vegetation in the Hill-Gullied Loess Plateau, China. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, vol. 14, iss. 10, 1285 p.
24. Leung F.T.Y., Yan W.M., Hau B.C. H., Tham L.G. Mechanical pull-out capacity and root reinforcement of four native tree and shrub species on ecological rehabilitation of roadside slopes in Hong Kong. *Journal of Tropical Forest Science*, 2018, vol. 30, iss. 1, pp. 25-38.
25. Uzeblo A.K. Protsesty zarastaniya rasteniyami graviynykh otvalov, obrazovannykh posle livnovego pavodka 1997 goda v Babiogorskom natsional'nom parke. *Predvaritel'nye issledovaniya* [The processes of plant



overgrowing of gravel dumps formed after the flash flood of 1997 in Babiogorsk National Park. Preliminary research]. *12-i Mezhdunarodnyi simpozium po problemam landshaftno-ekologicheskikh issledovaniy. Bratislava, 2001* [12th International Symposium on Landscape and Environmental Studies, Bratislava, 2001]. Bratislava, 2001, vol. 20, pp. 265-270 (In Russian)

26. Bienes R., Marques M.J., Sastre B., García-Díaz A., Ruiz-Colmenero M. Eleven years after shrub revegetation in semiarid eroded soils. Influence in soil properties. *Geoderma*, 2016, vol. 273, pp. 106-114. DOI: 10.1016/j.geoderma.2016.03.023

27. Mohammed A., Wennian X., Zhenyao X. Ecological and bioengineering studies for stabilizing the Wad Medani-Sennar roadside slope linking the Gezira and Sennar States. *Advances in Civil Engineering*, 2018, pp. 1-12. DOI: 10.1155/2018/7430809

28. Chernyak A. Issledovanie zashchitnykh sistem dlya razmyvayushchikhysya gruntov [Study of protective systems for eroded soils]. *VI Natsional'naya pol'skaya nauchnaya konferentsiya po kompleksnym i detal'nym problemam prirodopol'zovaniya, Pol'sha, 2003* [VI National Polish Scientific Conference on Integrated and Detailed Problems of Nature Management, Poland, 2003]. Poland, 2003, vol. 21, pp. 791-805 (In Russian)

29. Breton V., Crosaz Y., Rey F. Effects of wood chip amendments on the revegetation performance of plant species on eroded marly terrains in a Mediterranean mountainous climate (Southern Alps, France). *Solid Earth*, 2016, vol. 7, iss. 2, pp. 599-610. DOI: 10.5194/se-7-599-2016

30. Burri K., Graf F., Böll A. Revegetation measures improve soil aggregate stability: a case study of a landslide area in Central Switzerland. *Forest Snow and Landscape Research*, 2009, vol. 82, iss. 1, pp. 45-60.

31. Lotfalian M., Nasiri M. The distribution and frequency of damage to roadside trees in low-volume road construction. *Journal of Forestry Research*, 2018, vol. 29, no. 1, pp. 221-226. DOI: 10.1007/S11676-017-0433-4

32. Pankov Ya.V., Ivanov F.E., Danko V.N. *Lesnaya rekultivatsiya narushennykh zemel'* [Forest Reclamation of Disturbed Lands]. Voronezh, 1991, 184 p. (In Russian)

33. Akayev B.A., Ataev Z.V., Gadzhieva B.S. et al. *Fizicheskaya geografiya Dagestana* [Physical Geography of Dagestan]. Moscow, Shkola Publ., 1996, 380 p. (In Russian)

34. Balamirzoev M.A. *Effektivnoye ispolzovaniye predgornyykh zemel'* [Use of Foothill Lands]. Makhachkala, Dagknigoizdat Publ., 1982, 96 p. (In Russian)

35. Yarovenko E.V., Abachev K.Yu., Magomedova M.A. Peculiarities of Narattube range flora (Daghestan). *Botanicheskii zhurnal* [Botanicheskii Zhurnal]. 2011, vol. 96, no. 1, pp. 75-86. (In Russian)

36. Zonn S.V. *Pochvy Dagestana* [Soils of Dagestan]. Moscow – Leningrad, AN SSSR Publ., 1940, pp. 94-102 (In Russian)

37. Salmanov A.B., Zalibekov Z.G., Istomina A.G. [Soils of the lowland zone of Dagestan]. In: *Trudy Otdela biologii Dag.FAN. AN SSSR «Klassifikatsiya i diagnostika pochvy Dagestana», Makhachkala, 1982* [Proceedings of the Department of Biology Dag. FAN. USSR Academy of Sciences, Classification and Soil Diagnostics of Dagestan, Makhachkala, 1982]. Makhachkala, 1982, pp. 20-52 (In Russian)

38. Kapustyanskaya N.G. [Soil of Piedmont Dagestan]. In: *Fizicheskaya geografiya Predgornogo Dagestana* [Physical Geography of Piedmont Dagestan]. Rostov-on-Don, Russian State Pedagogical Institute Publ., 1984, pp. 20-53 (In Russian)

39. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. *Sovremennaya nauka o rastitel'nosti* [Modern Vegetation Science]. Moscow, Logos Publ., 2000, 262 p. (In Russian)

40. Ipatov V.S., Mirin D.M. *Opisaniye fitotsenoza. Metodicheskiye rekomendatsii* [Description of phytocenosis. Guidelines]. St. Petersburg, 2008, 71 p. (In Russian)

41. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Methods of studying forest communities]. St. Petersburg, Research Institute of Chemistry, St. Petersburg State University Publ., 2002, 240 p. (In Russian)

42. Zhestkova D.B., Uromova I.P. Ecologo-cenotical characteristics of the herbaceous cover in the conditions of growth along the Nizhni Novgorod highways. *Povolzhskiy ekologicheskii zhurnal* [Povolzhskiy Journal of Ecology]. 2015, no. 2, pp. 167-172. (In Russian)

43. Dar M.E.U.I., Gillani N., Shaheen H., Firdous S.S., Ahmad S., Khan M.Q., Hussain M.A., Habib T., Malik N.Z., Ullah T.S., Rafique S., Aziz S., Khan W.A., Hussain K. Comparative analysis of vegetation from eroded and non-eroded areas, a case study from Kashmir. Himalayas, Pakistan. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 1725-1737. DOI: 10.15666/aer/1602\_17251737

44. Yu W., Jiao J., Wang D., Wang N., Wang Z., Zhao H. Seed population dynamics on abandoned slopes in the hill and gully Loess Plateau region of China. *Ecological Engineering*, 2016, vol. 94, pp. 427-436. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.06.030

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Загирбег М. Асадулаев, Гульнара А. Садыкова, Максим М. Маллалиев собрали флористический материал, определили видовой состав; Загирбег М. Асадулаев, Гульнара А. Садыкова, Максим М. Маллалиев, Зулфира Р. Рамазанова проанализировали данные, написали рукопись. Шамиль З. Асадулаев принял участие в разработке биоинженерных подходов закрепления откосов автодороги «Нарат-тубинский перевал», в их экономической целесообразности и перспектив внедрения. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата,

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Zagirbeg M. Asadulaev, Gulnara A. Sadykova and Maxim M. Mallaliev collected floristic material and determined species composition; Zagirbeg M. Asadulaev, Gulnara A. Sadykova, Maxim M. Mallaliev and Zulfira R. Ramazanova analyzed the data and wrote the manuscript. Shamil Z. Asadulaev participated in the development of bioengineering approaches for securing slopes of the Narat-Tyube Pass road, and in the assessment of their economic feasibility and implementation prospects. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

самоплагиата или других неэтических проблем.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION**

The authors declare no conflict of interest.

**ORCID**

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

Гульнара А. Садыкова / Gulnara A. Sadykova <http://orcid.org/0000-0001-8604-1572>

Максим М. Маллалиев / Maxim M. Mallaliev <http://orcid.org/0000-0001-9851-2976>

Зулфира Р. Рамазанова / Zulfira R. Ramazanova <http://orcid.org/0000-0002-2182-3220>

Наталья В. Мищенко / Natalia V. Mishchenko <http://orcid.org/0000-0002-3643-3129>

Шамиль З. Асадулаев / Shamil Z. Asadulaev <http://orcid.org/0000-0002-5694-6095>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 579.83:579.64:632.937  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

## Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата

Динара Г. Баубекова<sup>1</sup> , Ольга Б. Сопрунова<sup>2</sup>, Шамиль Б. Байрамбеков<sup>3</sup>,  
Екатерина В. Полякова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

<sup>3</sup>Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, структурное подразделение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства», Камызяк, Россия

### Контактное лицо

Динара Г. Баубекова, старший специалист Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.  
Тел. +7(8512)441678  
Email [suslig.zenia@mail.ru](mailto:suslig.zenia@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>

### Формат цитирования

Баубекова Д.Г., Сопрунова О.Б., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В. Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 78-90. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

Получена 26 августа 2019 г.

Прошла рецензирование 30 октября 2019 г.

Принята 20 декабря 2019 г.

### Резюме

**Цель.** Изучить влияние биологического средства защиты растений на состояние микробиоценоза сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата Астраханской области.

**Материал и методы.** Объектами исследования являлись сельскохозяйственные почвы, находящиеся в Камызякском районе Астраханской области. В ходе эксперимента почвы обрабатывались средством на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474. Исследования проводили по общепринятым микробиологическим и агрономическим методикам. Постановку полевого опыта осуществляли по общепринятой методике полевых и вегетационных опытов на полях стратегического партнера ООО «Надежда-2» при выращивании картофеля.


**Результаты.** Сельскохозяйственные почвы исследованы по агрохимическим, агрофизическим и микробиологическим показателям. Выявлены микроорганизмы, участвующие в минерализации органического вещества в почвах и мобилизации питательных элементов. Установлено действие средства на интенсивность протекания мобилизационных процессов в почве и активизацию разложения и минерализации органических веществ. Применение средства способствует снижению численности микромицетов в исследуемой почве и на возделываемых культурах. Средство защиты растений оказывает влияние на уменьшение заболеваемости, повышение урожайности картофеля, увеличение массы клубней, снижение количества больных клубней.

**Заключение.** Применение биологического средства защиты растений положительно действует на формирование микробиоценоза и фитосанитарное состояние исследуемых сельскохозяйственных почв, а также улучшение характеристик возделываемой на ней сельскохозяйственной продукции.

### Ключевые слова

Микроорганизмы рода *Bacillus*, биологическое средство защиты растений, апробация, бесpestицидные технологии, сельское хозяйство.

# Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions

Dinara G. Baubekova<sup>1</sup> , Olga B. Soprunova<sup>2</sup>, Shamil B. Bayrambekov<sup>3</sup> and Ekaterina V. Polyakova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Volga-Caspian Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography

(Caspian Fisheries Research Institute), Astrakhan, Russia

<sup>2</sup>Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

<sup>3</sup>Caspian Federal Agricultural Research Centre, Russian Academy of Sciences - All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Cultivation structural subdivision, Kamyzyak, Russia

## Principal contact

Dinara G. Baubekova, Senior Specialist, Volga-Caspian Branch, All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (Caspian Fisheries Research Institute), 1 Savushkina St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +7(8512)441678

Email [suslig.zenia@mail.ru](mailto:suslig.zenia@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>

## How to cite this article

Baubekova D.G., Soprunova O.B., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V. Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 78-90. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90

Received 26 August 2019

Revised 30 October 2019

Accepted 20 December 2019

## Abstract

**Aim.** To study the effects of a biological plant protection agent on the state of the microbiocenosis of agricultural soils in the arid climate of the Astrakhan region.

**Material and Methods.** The objects of study were agricultural soils located in the Kamyzyaksky district of the Astrakhan region. During the experiment the soils were treated with *Bacillus atrophaeus* ACIM B-11474. Studies were carried out in accordance with generally accepted microbiological and agronomic techniques. Field experiments were undertaken according to the generally accepted methodology of field and vegetation experimentation in the fields of strategic partner LLC Nadezhda-2 when growing potatoes.

**Results.** Agricultural soils were investigated for agrochemical, agrophysical and microbiological indicators. Microorganisms involved in the mineralization of organic matter occurring in soil and the mobilization of nutrients were identified. The effect of the agent on the intensity the mobilization processes in the soil and on the activation of decomposition and mineralization of organic substances has been established. The use of the agent helped reduce the number of micromycetes in the soil and on cultivated crops studied. Plant protection has an impact on reducing their incidence, increases potato yields, increases the mass of tubers and reduces the number of diseased tubers.

**Conclusion.** The use biological plant protection agent has a positive effect on the formation of the microbiocenosis and on the phytosanitary condition of the agricultural soils studied, as well as improving the characteristics of agricultural products cultivated on them.

## Key Words

Microorganisms of the genus *Bacillus*, biological plant protection product, approbation, non-pesticide technologies, agriculture.



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время агробиоценозы подвергаются разнообразному антропогенному воздействию, которое оказывает негативное влияние на их фитосанитарное состояние и продуктивность. Наибольшую экологическую опасность в ухудшении функционирования агробиоценозов представляют химические средства защиты растений. В целом мировая практика применения пестицидов свидетельствует об их потенциальной опасности. Установлено, что только около 10% используемых препаратов достигают своей «цели» и обеспечивают заданный токсический эффект. Остальная часть распределяется в окружающей среде, загрязняя ее и негативно влияя на другие организмы. При этом остаточные количества аккумулируются в трофических цепях и сельскохозяйственных культурах, приводя к получению экологически неполноценной продукции [1; 2].

Отрицательное воздействие пестицидов связано в первую очередь с изменением состава и разрушением структуры биогеоценозов, в которых отдельные виды организмов тесно взаимосвязаны друг с другом. Их использование приводит к перестройке экологической обстановки в почве и изменению ее микробиоценоза. Происходит угнетение одних групп микроорганизмов и стимулирование развития других, способных зачастую к синтезу различных фитотоксичных веществ и приводящих в итоге к усилению негативного действия применяемых химических препаратов [3; 4].

Важной проблемой внедрения химических средств защиты растений в агробиоценозы является развитие резистентности у вредоносных агентов. Данная проблема приводит к необходимости использования новых химических препаратов, к которым еще не сформирована устойчивость, или же к увеличению доз применяемых препаратов и кратности обработок. Появление резистентности к пестицидам влияет на скорость распространения вредоносных агентов и на интенсивность протекания паталогических процессов [4; 5].

Применение данных препаратов вызывает изменения состава и структуры популяций агробиоценоза; сводит к минимуму его естественную регуляцию; приводит к загрязнению почв, сельскохозяйственной продукции и, как следствие, развитию резистентности возбудителей заболеваний к применяемым препаратам [1; 3].

В агрономической системе защитных мероприятий в качестве альтернативы применению пестицидов разрабатывается концепция фитосанитарной оптимизации агроэкосистем за счет замены химических препаратов биологическими [6; 7].

Биологический метод основывается на формировании защитных механизмов естественным путем с помощью микробных биопрепаратов и средств, которые разрабатываются на основе микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. В своей основе они содержат селекционированные природные штаммы микроорганизмов, безопасные для всех экологических ниш (почва, растения, насекомые, животные, человек)

и обладающие выраженной биологической активностью по отношению к фитопатогенным бактериям, микромицетам, насекомым и вирусам [8; 9].

Доказано, что применение микробных биопрепаратов оказывает положительное влияние на формирование и оздоровление почвенной микробиоты; улучшение фитосанитарного состояния агробиоценозов и повышение плодородия почв. При этом происходит снятие эффекта «почвоутомления». Использование биопрепаратов обеспечивает снижение доз минеральных удобрений, в первую очередь азотных и фосфорных; приводит к отказу от внедрения ряда дорогостоящих и опасных пестицидов, за счет чего происходит снижение негативной нагрузки на возделываемые почвы. В целом применение биологических средств защиты растений приводит к увеличению продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур; повышению качества сельскохозяйственной продукции и возможности получения экологически чистых продуктов [10; 11].

Отечественными и зарубежными учеными установлено, что к числу наиболее перспективных биоагентов микробных биопрепаратов относятся непатогенные почвенные бактерии [12; 13]. К таким биоагентам относятся представители рода *Bacillus*. Микроорганизмы рода *Bacillus* обладают способностью фиксировать молекулярный азот, а также широким спектром антагонистической и ростостимулирующей активностей. Представители рода являются продуцентами широкого спектра биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормонов, витаминов, органических кислот), которые подавляют рост и развитие целого ряда фитопатогенов сельскохозяйственных культур; способствуют стимуляции роста растений и повышают их урожайность [14; 15].

В настоящее время особая ситуация складывается на территориях с аридным климатом, где используется орошаемое земледелие. Отмечается значительное ухудшение экологической ситуации: антропогенные нарушения превышают по скорости естественно-восстановительные процессы и приводят к снижению устойчивости экосистем и фитосанитарной нестабильности агробиоценозов в южных регионах России. Для всей сельскохозяйственной территории южных регионов характерна высокая экологическая напряженность, обусловленная естественными и антропогенными факторами. Данная проблема требует совершенно новых подходов в развитии и использовании средств и способов биологической защиты на основе метаболического потенциала аборигенных штаммов микроорганизмов для повышения производительной способности почв и биологизации возделываемых земель [16; 17].

Цель исследований – изучить влияние биологического средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 на состояние микробиоценоза сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата Астраханской области.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись сельскохозяйственные почвы Астраханской области, находящиеся в Камызякском районе. В ходе проведения полевых опытов исследуемые почвы обрабатывались биологическим средством защиты растений *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 (с титром клеток и спор  $10^8$  КОЕ/мл) на бобовой основе. Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 обладает выраженными биологическими активностями: фунгистатической, хитинолитической, миколитической и ростостимулирующей [18; 19].

Пробы почв отбирали по общепринятым методикам [20-22]. Для получения статистически достоверных результатов с исследуемой площади отобраны три образца почвы методом случайных проб. Для проведения исследования готовили среднюю почвенную пробу. Образцы почв отбирали в двух почвенных горизонтах 0-20 см ( $A_1$ ) и 20-40 см ( $A_2$ ).

Выделение микроорганизмов проводили согласно общепринятым микробиологическим методикам [22-24]. При посеве средней навески почвы готовили соответствующие разведения. Посев производили глубинным методом на плотные питательные среды. Для выделения основных физиологических групп микроорганизмов, участвующих в трансформации углерод- и азотсодержащих соединений, использовали следующие среды: питательный агар (ПА) – для учета аммонификаторов, мобилизующих органические формы азота; питательный агар в 10-ти кратном разбавлении (ПА/10) – для олиготрофов; крахмалоаммиачный агар (КАА) – для микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (амилолитики); агар Эшби – для учета олигонитрофильных микроорганизмов. Для выделения микромицетов использовали ряд специфических питательных сред: крахмало-аммиачный агар – амилолитиков; агар Чапека – сахарозолитиков; картофельный агар – крахмалолитиков; агар Сабуро – глюкозолитиков и бобовый агар – органотрофов.

Предварительную идентификацию микроорганизмов проводили по культурально-морфологическим и физиолого-биохимическим признакам, используя Определитель бактерий Берджи [25]. Определение родовой принадлежности микромицетов основывается главным образом на сопоставлении микроскопических и макроскопических признаков исследуемой культуры с признаками известных и ранее описанных микромицетов [26].

Постановку полевого опыта проводили на полях стратегического партнера ООО «Надежда-2» при выращивании картофеля. Полевой опыт осуществляли по общепринятой методике полевых и вегетационных опытов [20; 27; 28]. Почва обрабатывалась опрыскиванием дна борозды и двойным проливом под корень (тройная обработка) средством на бобовой основе.

В ходе апробации использованы стандартные микробиологические методики исследования: выделение и учет численности микроорганизмов, исследование морфологических, культуральных и физиолого-биохимических свойств, определение видового состава и структуры комплекса

микроорганизмов [23; 24; 26]. Влияние средства на интенсивность микробиологических процессов минерализации органического вещества почв оценивали по коэффициентам эвтрофности [аммонификаторы/олиготрофы], олиготрофности [олиготрофы/аммонификаторы], минерализации [амилолитики/аммонификаторы] и олигонитрофильности [олигонитрофилы/аммонификаторы] [29; 30].

Изучение влияния средства на сельскохозяйственную продукцию проводили по общепринятым методикам полевых и вегетационных опытов [20; 27; 28]. Учитывалось влияние средства на всхожесть культур; биометрические и фенологические показатели (фазы развития, высота растений, количество листьев, побегов и клубней); снижение развития альтернариоза; урожайность; увеличение массы клубней; снижение количества больных клубней.

Достоверность полученных результатов подтверждали использованием статистических методов анализа полученных результатов с помощью пакета программы Microsoft Excel [31; 32].

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика исследуемых сельскохозяйственных почв заключается в изучении агрохимического, агрофизического и микробиологического состояния пахотных земель. Исследуемые почвы по данным «Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства» структурного подразделения ФГБНУ «Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук», относятся к слабозасоленным и имеют хлоридный тип засоления. Содержание хлоридов в слое почвы 0,1-0,2 м варьирует от 0,007 до 0,018 мг/кг, с увеличением по профилю 0,2-0,4 м до 0,019-0,024 мг/кг. Количество сульфатов также увеличивается с 0,015±0,002 (0,1-0,2 м) до 0,160±0,003 мг/кг (0,2-0,4 м). Почвы сельскохозяйственного назначения характеризуются низкой обеспеченностью легкогидролизуемым азотом ( $28,1 \pm 2,1$  мг/кг), средней обеспеченностью обменным калием ( $72,05 \pm 6,7$  мг/кг), высокой обеспеченностью подвижным фосфором ( $76,8 \pm 14,42$  мг/кг). Вся орошаемая пашня имеет очень низкое содержание азота. Более 80% орошаемых земель имеет высокую для пропашных культур обеспеченность подвижным фосфором. Средней обеспеченностью обменным калием характеризуются 90% орошаемой пашни. В составе поглощённых оснований преобладают кальций и магний. Карбонаты залегают на глубине 30-35 см от поверхности почвы. Легкорастворимые соли обнаруживаются на глубине 50-80 см с преобладанием сульфатов и хлоридов. Плотный остаток составляет 0,395-0,905% (табл. 1). Содержание гумуса в исследуемых почвах низкое (1,9-2,3%). Вниз по профилю содержание гумуса резко снижается. pH водной среды слабокислая – 6,8. По гранулометрическому составу почвы относятся к среднесуглинистым. Грунтовые воды залегают неглубоко – 1,0-2,5 м. Показатели общих физических свойств исследуемой почвы по горизонтам приведены в таблице 2.

**Таблица 1.** Химический анализ исследуемых сельскохозяйственных почв**Table 1.** Chemical analysis of agricultural soil studied

Горизонт, м Horizon, m	Хлориды, мг/кг Chlorides, mg/kg	Сульфаты, мг/кг Sulfates, mg/kg	Азот <sub>легкогидр.</sub> мг/кг Nitrogen <sub>easily hydrolyzed</sub> , mg/kg	Фосфор <sub>подр.</sub> мг/кг Phosphorus <sub>mobile</sub> , mg/kg	Калий <sub>обм.</sub> мг/кг Potassium <sub>exchanged</sub> , mg/kg
0,1-0,2	0,012±0,007	0,015±0,002	29,6±5,92	87,0±17,4	76,8±15,35
0,2-0,4	0,021±0,003	0,160±0,003	26,6±5,32	66,6±13,32	67,3±13,46

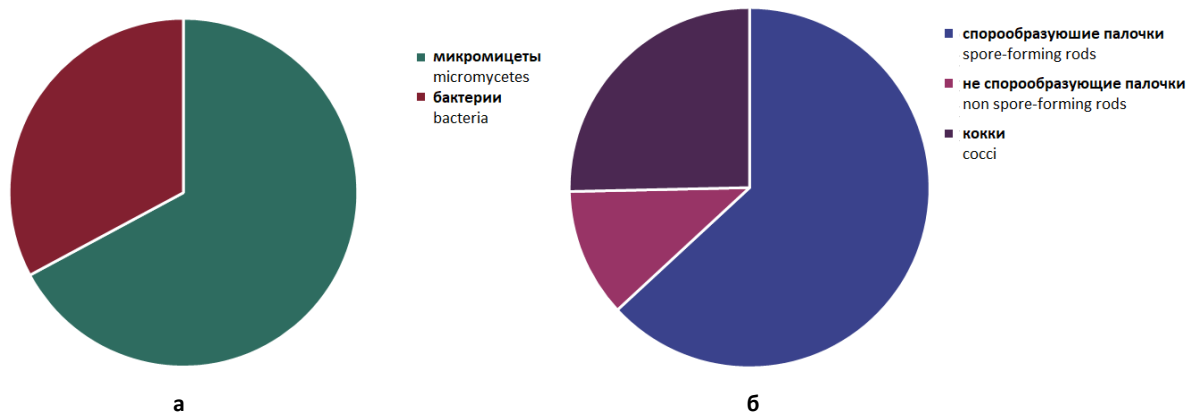
**Таблица 2.** Общие физические свойства исследуемых сельскохозяйственных почв**Table 2.** General physical properties of agricultural soil studied

Горизонт, м Horizon, m	Объемная масса, г/см <sup>3</sup> Volumetric weight, g/cm <sup>3</sup>	Удельная масса, г/см <sup>3</sup> Specific gravity, g/cm <sup>3</sup>	Общая пористость, % Total porosity, %	Степень аэрации, % Degree of aeration, %
0-0,1	1,16±0,23	2,53±0,50	54,00±10,80	36,50±7,30
0,1-0,2	1,17±0,11	2,58±0,51	55,00±11,00	37,80±7,56
0,2-0,3	1,21±0,24	2,33±0,46	44,00±8,80	29,90±5,98
0,3-0,4	1,33±0,26	2,36±0,47	49,00±9,80	25,20±5,04

Объемная масса (плотность) почвы увеличивается от верхних более рыхлых пористых горизонтов к более уплотненным нижним (от 1,16 до 1,33 г/см<sup>3</sup>). С увеличением объемной массы уменьшается пористость (с 54,00 до 49,00%), аэрация почв (с 36,50 до 25,20%) и соответственно их водопроницаемость. Поэтому наблюдается снижение удельной массы почвы – соотношение твердой части абсолютно сухой почвы к массе равного объема воды (с 2,53 до 2,36 г/см<sup>3</sup>).

Среди микроорганизмов в исследуемых сельскохозяйственных почвах преобладали микромицеты (40,2×10<sup>5</sup> КОЕ/г), бактерии – в 2 раза меньше (22,4×10<sup>5</sup> КОЕ/г). В почве обнаружены

бактерии нескольких морфотипов: коккообразные формы, спорообразующие и не спорообразующие палочки. Преобладающей группой бактерий являются спорообразующие палочки (14,2×10<sup>5</sup> КОЕ/г). Высокие температуры полевого сезона (25,8°C), небольшое количество выпавших осадков (9,8 мм) и низкие значения влажности (40,6%) по сравнению с многолетними средними показателями способствовали максимальному доминированию данной группы бактерий среди остальных групп. Не спорообразующие бактерии (2,6×10<sup>5</sup> КОЕ/г) и кокки (5,6×10<sup>5</sup> КОЕ/г) встречались в исследуемой почве в незначительно меньшем количестве (рис. 1).

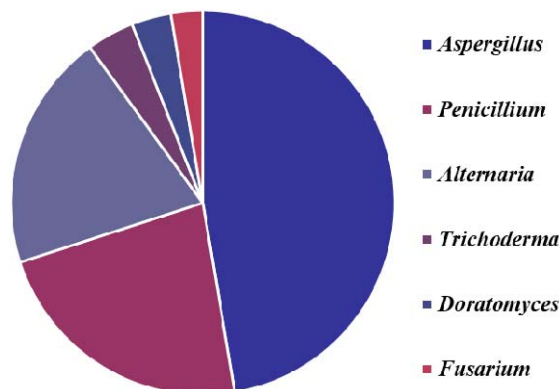
**Рисунок 1.** Соотношение микроорганизмов (а) и морфологических форм бактерий (б) в исследуемых сельскохозяйственных почвах**Figure 1.** The ratio of microorganisms (a) and morphological forms of bacteria (b) in agricultural soils studied

Определена доминирующая, редкая и случайная микобиота исследуемых сельскохозяйственных почв, состоящая из представителей родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Doratomyces*, *Fusarium*, *Penicillium* и *Trichoderma* (табл. 3). При этом, представители родов *Penicillium* и *Aspergillus* присутствуют в каждой из групп, *Trichoderma* и *Doratomyces* – только среди доминирующих видов, а *Fusarium* – редко встречающийся род.

Наиболее распространенными в исследуемой почве микромицетами являлись представители рода *Aspergillus*, затем – *Penicillium* и *Alternaria* (рис. 2). Наибольшее обилие видов микромицетов наблюдается в нижних почвенных горизонтах – почвенный горизонт А<sub>2</sub> (20-40 см). Высокие значения обилия видов отмечены для представителей родов *Aspergillus* и *Penicillium*.

**Таблица 3.** Структура комплекса микромицетов в исследуемых сельскохозяйственных почвах  
**Table 3.** Structure of the micromycetes complex in agricultural soils studied

Случайные виды (<30%) Random species (<30%)	Редкие виды (>30%) Rare species (>30%)	Доминирующие виды (>60%) Dominant species (>60%)
<i>Aspergillus</i> ( <i>Aspergillus</i> sp. 5, <i>Aspergillus</i> sp. 7), <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium</i> sp. 2-3), <i>Penicillium</i> ( <i>Penicillium</i> sp. 8, <i>Penicillium</i> sp. 12)	<i>Alternaria</i> ( <i>Alternaria</i> sp. 3-4), <i>Aspergillus</i> ( <i>Aspergillus terreus</i> 3-4, <i>Aspergillus</i> sp. 8-11), <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium</i> sp. 1), <i>Penicillium</i> ( <i>Penicillium</i> sp. 5-7, <i>Penicillium</i> sp. 9-11)	<i>Alternaria</i> ( <i>Alternaria</i> sp. 1-2), <i>Aspergillus</i> ( <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus</i> <i>niger</i> , <i>Aspergillus terreus</i> 1-2, <i>Aspergillus</i> sp. 1-4, <i>Aspergillus</i> sp. 6), <i>Doratomyces</i> sp., <i>Penicillium</i> ( <i>Penicillium</i> sp. 1-4), <i>Trichoderma</i> sp.



**Рисунок 2.** Соотношение родов микромицетов в исследуемых сельскохозяйственных почвах  
**Figure 2.** Ratio of genera of micromycetes in agricultural soils studied

Микромицеты, выделенные из почв, исследовались в опыте биопробы с семенами тест-растения горчицы белой (*Sinapis alba*). Установлено, что микромицеты не оказывали фитотоксичного действия на проращивание семян тест-растения. Однако обнаружены микромицеты, которые угнетают рост тест-растений по сравнению с контрольными вариантами: представители родов *Alternaria* (на 40-60%), *Aspergillus* (на 30-50%), *Fusarium* (на 70%). Присутствие данных видов микромицетов может негативно сказываться на росте и развитии возделываемых сельскохозяйственных культур. Известно, что некоторые представители родов *Alternaria* и *Fusarium* способны вызывать такие заболевания растений, как альтернариоз и фузариоз, приводящие к снижению урожайности культур.

На основе представленных данных следует, что исследуемые сельскохозяйственные почвы характеризуются свойственными только данным видам почв агрохимическими, агрофизическими и микробиологическими показателями.

На исследуемых сельскохозяйственных полях Камызякского района Астраханской области (ООО «Надежда-2») проводилась апробация биологического средства при выращивании картофеля. Изучено влияние средства на интенсивность протекания микробиологических процессов в исследуемой почве; воздействие на микобиотный фон почв; влияние на возделываемую продукцию на протяжении нескольких сезонов.

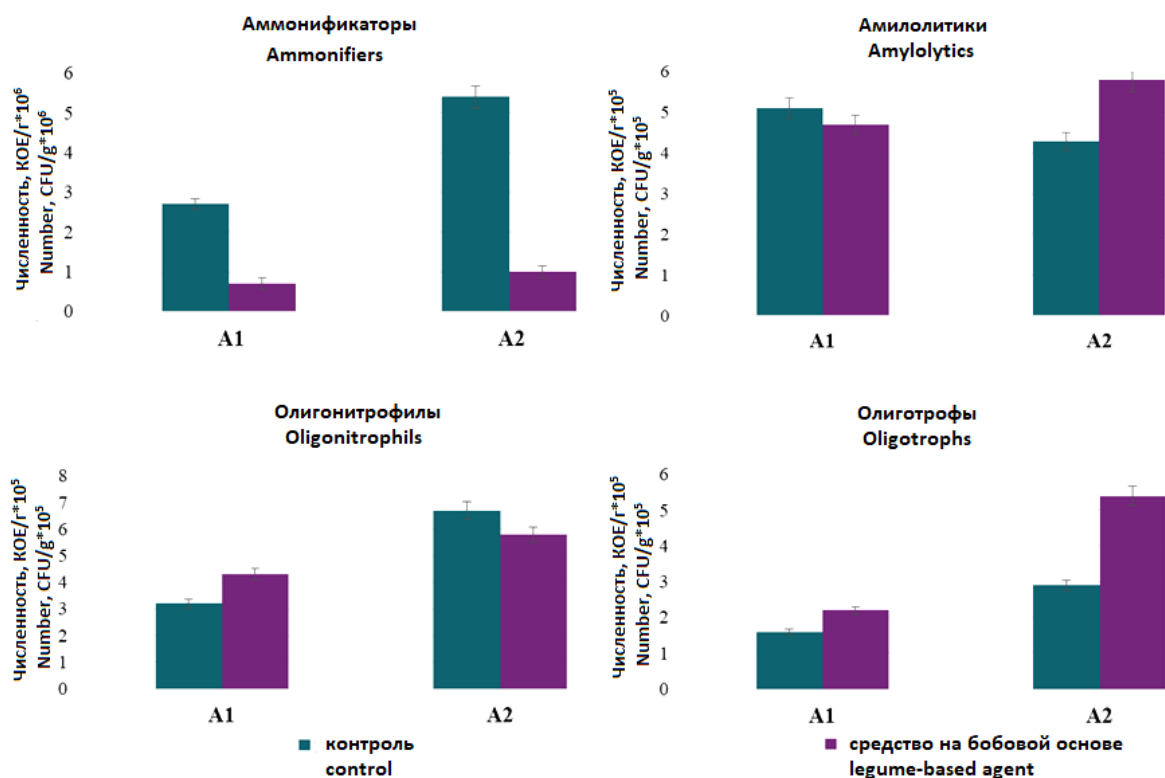
В ходе исследования определено влияние средства на физиолого-биохимические группы почвенных микроорганизмов: аммонификаторов,

амилолитиков, олигонитрофилов и олиготрофов (рис. 3). Наиболее многочисленной группой среди физиолого-биохимических групп микроорганизмов в исследуемой необработанной сельскохозяйственной почве являются аммонификаторы ( $2,7-5,4 \times 10^6$  КОЕ/г) – самая богатая и разнообразная физиологическая группа, разлагающая азотсодержащие органические соединения с выделением аммиака. Преобладание данной группы микроорганизмов свидетельствует о протекании процессов аммонификации в почвах. В обработанной средством почве численность данной группы уменьшается в 4,5 раза ( $0,7-1,0 \times 10^6$  КОЕ/г), что указывает на снижение интенсивности протекания процесса разложения азотсодержащих органических соединений. Из исследуемых почв выделены амилолитики ( $4,3-5,1 \times 10^5$  КОЕ/г) – микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота. При обработке численность амилолитической группы микроорганизмов увеличивается в 1,5 раза ( $4,7-5,8 \times 10^5$  КОЕ/г), что свидетельствует об интенсификации процессов минерализации органических веществ в обработанной почве. В исследуемой почве присутствует олигонитрофильная группа микроорганизмов ( $3,2-6,7 \times 10^5$  КОЕ/г), которая завершает минерализацию органических соединений в почве. Установлено, что численность олиготрофов несколько ниже ( $1,6-2,9 \times 10^5$  КОЕ/г). Данная группа способна ассимилировать органические соединения почвы в условиях их низкой концентрации. В результате обработки средством происходит усиление процессов ассимиляции низких концентраций органических соединений и разложения остаточных



органических соединений за счет увеличения численности олиготрофов ( $4,3-5,8 \times 10^5$  КОЕ/г) и

олигонитрофилов ( $2,2-5,4 \times 10^5$  КОЕ/г) в 1,5 раза.



**Рисунок 3.** Численность физиолого-биохимических групп микроорганизмов в исследуемых почвах  
**Figure 3.** Number of physiological-biochemical groups of microorganisms in soils studied

Отмечена корреляционная зависимость численности физиолого-биохимических групп почвенных микроорганизмов от метеорологических показателей (температура и влажность воздуха, количество выпавших осадков). Установлена прямая корреляция численности аммонификаторов ( $R=0,45$ ), амилолитиков ( $R=0,74$ ) и олигонитрофилов ( $R=0,61$ ) от температуры воздуха в исследуемом полевом сезоне; численности аммонификаторов ( $R=0,45$ ;  $R=0,50$ ) от влажности воздуха и количества выпавших осадков. Обратную зависимость наблюдали с численностью амилолитиков ( $R=-0,94$ ;  $R=-0,84$ ), увеличение влажности воздуха и количества выпавших осадков приводило к снижению численности данной группы.

Интенсивность микробиологических процессов минерализации органического вещества почв оценивали по коэффициентам эвтрофности, олиготрофности, минерализации и олигонитрофильности (иммобилизации азота) (табл. 4). Высокие коэффициенты эвтрофности (значения больше единицы) наблюдаются в контрольном варианте (пролив стерильной водой), что указывает на замедленную трансформацию органического вещества в почве, выраженное преобладание аммонифицирующей группировки бактерий и процессах минерализации свежего органического вещества. Снижение данного коэффициента свидетельствует о сдерживании процессов аммонификации органического вещества в почве.

Обработка почв средством на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 приводит к интенсификации разложения органического вещества. Наблюдается снижение коэффициентов эвтрофности в 7 раз, увеличение значений коэффициентов олиготрофности, минерализации и олигонитрофильности в 7,5; 5,0 и 5,5 раз соответственно.

Установлено, что при обработке почв происходит активизация мобилизационных процессов микробных комплексов азотфиксирующих микроорганизмов, о чем свидетельствует повышение коэффициентов олиготрофности. Высокие значения коэффициента олиготрофности связаны с уменьшением количества органотрофных микроорганизмов и демонстрируют уменьшение количества органических веществ в почве, способствуя преимущественному развитию олиготрофов. Также отмечено увеличение коэффициентов минерализации, что говорит об усилении усвоения минеральных форм азота. Существенную роль в мобилизации азота в почве играют олигонитрофильные микроорганизмы. При потреблении азота растениями в процессе роста и развития олигонитрофилы получают преимущественное развитие. Повышение коэффициента олигонитрофильности при обработке свидетельствует об усилении иммобилизации азота в почве; увеличение коэффициента минерализации – высоком уровне мобилизации питательных элементов в почве, а коэффициент олигонитрофильности отражает

активность развития в почве группировки азотфиксаторов и олигонитрофилов, обладающих уникальной

способностью связывать молекулярный азот атмосферы.

**Таблица 4.** Интенсивность трансформации углерод- и азотсодержащих соединений в исследуемой почве  
**Table 4.** Intensity of transformation of carbon- and nitrogen-containing compounds in soil studied

Вариант Variant	Значение коэффициентов Coefficient value			
	$K_{\text{эвтрофности}}$ $C_{\text{eutrophic}}$	$K_{\text{олиготрофности}}$ $C_{\text{oligotrophy}}$	$K_{\text{минерализации}}$ $C_{\text{mineralization}}$	$K_{\text{олигонитрофильности}}$ $C_{\text{oligonitrophilicity}}$
<b>Контроль (пролив водой)</b> Control (hydration)	<u>1,68±0,336</u> 1,86±0,372	<u>0,059±0,011</u> 0,053±0,010	<u>0,18±0,036</u> 0,07±0,007	<u>0,11±0,022</u> 0,12±0,024
<b>Опрыскивание и двойной пролив средством на бобовой основе</b> Spraying and double hydration with legume-based agent	<u>0,31±0,062</u> 0,18±0,036	<u>0,31±0,031</u> 0,54±0,108	<u>0,67±0,134</u> 0,58±0,116	<u>0,61±0,122</u> 0,72±0,144

Примечание: числитель – горизонт 0-20 см; знаменатель – горизонт 20-40 см  
Note: numerator – horizon 0-20 cm; denominator – horizon 20-40 cm

Полученные в ходе проведенных исследований данные свидетельствуют об интенсивном протекании мобилизационных процессов, активизации процессов разложения и минерализации органических веществ в обработанной средством почве по сравнению с контрольным необработанным вариантом почвы.

Влияние средства защиты растений на фитосанитарное состояние возделываемых почв определяли путем изучения воздействия средства на количественный и качественный состав микробиоты почв при выращивании картофеля. В необработанной почве большая численность микромицетов наблюдается в верхних слоях (почвенный горизонт  $A_1$ : 0-20 см). В вариантах обработки средством большая численность микромицетов наблюдается в нижних слоях (почвенный горизонт  $A_2$ : 20-40 см). Полученные данные могут свидетельствовать о воздействии средства на микробиоту исследуемых почв, выраженном в уменьшении численности микромицетов в верхнем горизонте.

В ходе полевых испытаний установлено, что обработка почвы средством воздействует на формирование структуры трофических групп микромицетов (рис. 4), приводящая к снижению численности в 1,5-2,0 раза.

Согласно полученным данным установлено значительное снижение зараженности клубней картофеля микромицетами (рис. 5). Регистрируется уменьшение численности амилитиков, глюколитиков, крахмалолитиков, сахарозолитиков и органотрофов – от 3,5 до 5 раз.

Таким образом, уменьшение численности микромицетов при обработке почв средством, оказывающее положительное действие на фитосанитарное состояние и оздоровление исследуемых почв, способствует снижению численности микромицетов на клубнях картофеля.

При статистической обработке данных полевых исследований обнаружена корреляционная зависимость численности микромицетов от метеорологических показателей (температура и влажность

воздуха, количество выпавших осадков). Установлена прямая корреляция численности органотрофов ( $R=0,77$  и  $R=0,75$ ) от влажности воздуха и количества выпавших осадков в полевом сезоне; численности амилитиков ( $R=0,93$ ) и сахарозолитиков ( $R=0,80$ ) от температуры воздуха.

Обратная корреляция отмечена для численности амилитиков ( $R=-0,39$ ;  $R=-0,19$ ), глюколитиков ( $R=-0,59$ ;  $R=-0,53$ ), крахмалолитиков ( $R=-0,65$ ;  $R=-0,74$ ) и сахарозолитиков ( $R=-0,89$ ;  $R=-0,76$ ) от влажности воздуха и количества выпавших осадков; для численности микромицетов ( $R=-0,99$ ;  $R=-1,0$ ) от обработки средством на бобовой основе.

Микромицеты, выделенные из исследуемых почв и с поверхности клубней картофеля, исследовались в опыте биопробы с семенами тест-растения горчицы белой (*Sinapis alba*). Согласно полученным данным установлено, что выделенные из необработанной и обработанной средством почвы микромицеты не фитотоксичны и не оказывали угнетающего действия на прорастание семян тест-растения. Однако из необработанной средством почвы (контроль) выделены микромицеты, угнетающие рост тест-растения: представители родов *Alternaria* (на 40-60%), *Aspergillus* (на 30-50%), *Fusarium* (на 70%). Снижение развития данных видов микромицетов – потенциальных возбудителей заболеваний сельскохозяйственных культур в исследуемой почве после использования средства положительно влияет на уменьшение распространения различных заболеваний возделываемых растений.

Для оценки влияния средства на сельскохозяйственную продукцию учитывали биометрические и фенологические показатели сельскохозяйственных культур; устойчивость к заболеваниям, вызываемых фитопатогенными микромицетами (альтернариоз – возбудитель *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*); урожайность, количественные и качественные характеристики возделываемых растений.

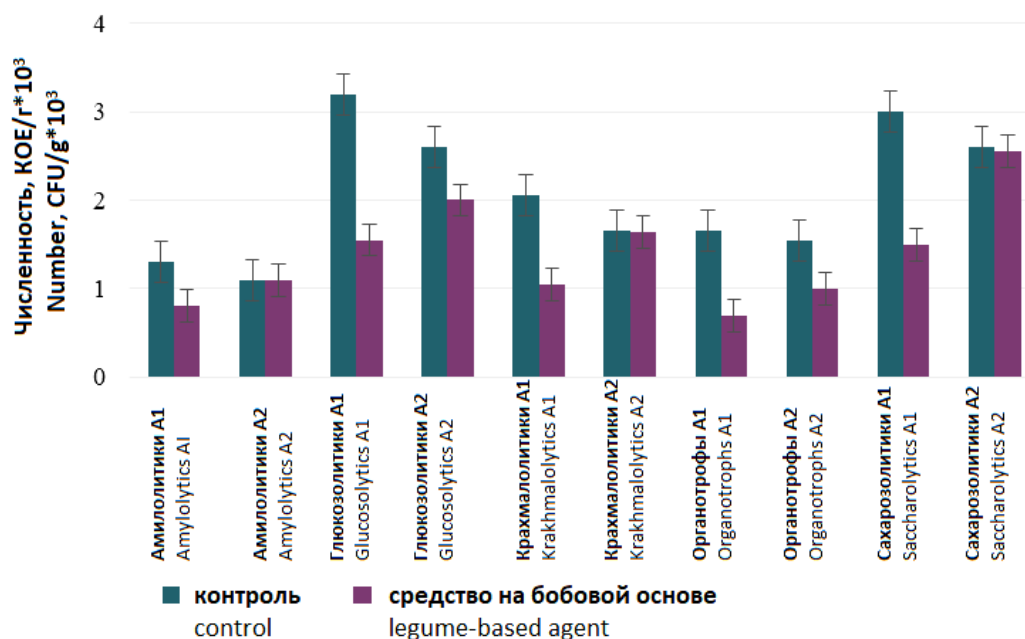


Рисунок 4. Численность микромицетов в исследуемых почвах

Figure 4. Number of micromycetes in soils studied

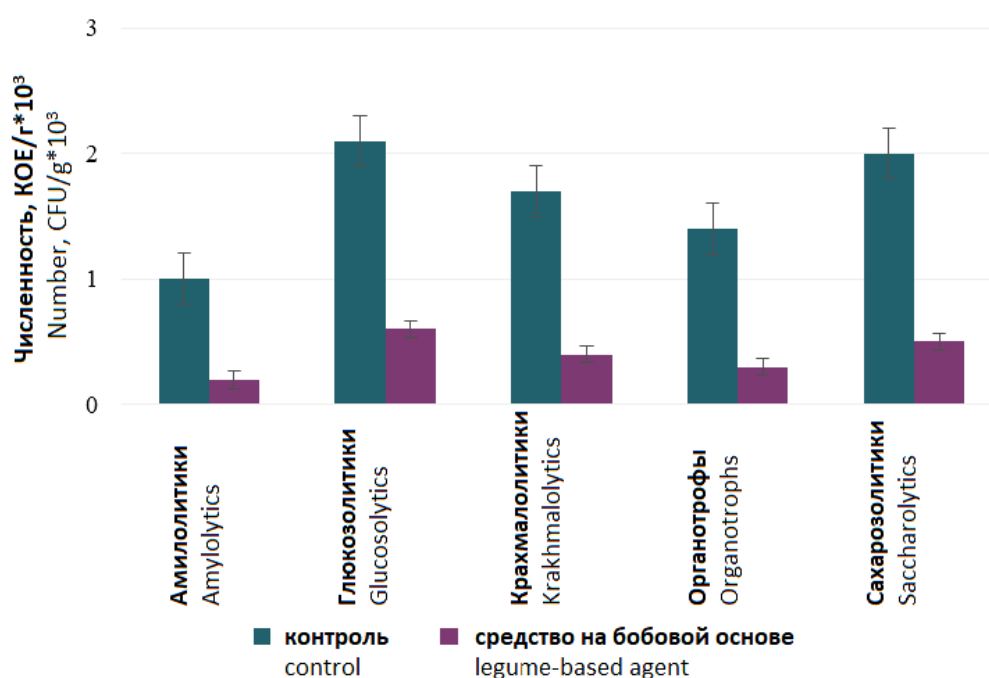


Рисунок 5. Численность микромицетов на клубнях картофеля

Figure 5. Number of micromycetes in potato tubers

Учет всхожести, проведенный после появления единичных и массовых всходов, показал, что исследуемый вариант обработки средством не оказал отрицательного влияния на всхожесть картофеля. Основные фазы развития растений наступали в одни и те же сроки. Применение средства не оказало отрицательного влияния на рост и развитие картофеля,

о чем свидетельствуют полученные данные биометрических измерений, проведенных в фазу бутонизации, плодо- и клубнеобразования. Под действием обработки почв средством высота растений (66,2 см), количество листьев (50,4 шт.), побегов (5,1 шт.), клубней (8,6 шт.) превышают показатели контрольного варианта (на 3-30%) (табл. 5).

**Таблица 5.** Биометрические показатели картофеля**Table 5.** Biometric indicators of potatoes

Показатели Indicators	Контроль Control	Средство на бобовой основе Legume-based agent
<b>Высота растения, см</b> Plant height, cm	65,8	66,2
<b>Количество побегов, штук</b> Number of shoots, units	4,7	5,1
<b>Количество листьев, штук</b> Number of leaves, units	48,9	50,4
<b>Количество клубней, штук</b> Number of fruit/tubers, units	6,6	8,6
<b>HCP<sub>0,05</sub></b>	<b>F<sub>ф</sub> &lt; F<sub>т</sub></b>	

Положительное влияние средства на снижение развития альтернариоза отмечалось на протяжении всего периода проведенных полевых исследований (табл. 6). Установлено, что самые высокие показатели биологической эффективности снижения развития заболеваний возделываемых культур отмечены во время первого учета (период цветения растений – 48,6%). Данные показатели снижаются во время клубнеобразования (46,6%) и при созревании клубней (26,8%). Распространение и развитие болезни также уменьшались под воздействием средства в ходе всего вегетационного периода исследований: в период

цветения в 2 раза, во время клубнеобразования в 1,5-2 раза, на этапе созревания в 1,5 раза.

В то же время сдерживание развития альтернариоза на всех этапах вегетации под влиянием средства повысило урожайность, массу клубней, а также значительно сократило количество больных клубней в урожае (табл. 7). Биологическая эффективность средства против альтернариоза составляла 48,6% по сравнению с контрольным вариантом. Урожайность культуры увеличилась на 14,3%, масса клубней – на 10,6%, а количество больных клубней было всего 1,1% от общего урожая.

**Таблица 6.** Действие средства на снижение развития альтернариоза картофеля**Table 6.** Effect of agent on reducing development of crop diseases

Вариант Variant	1 учет – цветение 1 assessment – flowering			2 учет – клубнеобразование 2 assessment – tuber formation			3 учет – созревание клубней 3 assessment – ripening of tubers		
	P	R	БЭ	P	R	БЭ	P	R	БЭ
<b>Средство на бобовой основе</b> Legume-based agent	3,2	1,9	48,6	7,0	3,9	46,6	15,9	7,9	26,8
<b>Контроль</b> Control	6,4	3,7	–	10,9	7,3	–	18,9	10,3	–
<b>HCP<sub>0,05</sub></b>	<b>F<sub>ф</sub> &lt; F<sub>т</sub></b>								

Примечание: P – распространение болезни, R – развитие болезни, БЭ – биологическая эффективность против заболевания

Note: P – spread of the disease, R – disease progression, БЭ – biological effectiveness against disease

**Таблица 7.** Влияние средства на сельскохозяйственную продукцию**Table 7.** Impact of agent on agricultural products

Вариант Variant	Биологическая эффективность Biological effectiveness	Урожайность культуры Crop yield		Увеличение массы клубней Increase in mass of tubers		Количество больных клубней Number of diseased tubers	
		т/га	%	г	%	т/га	%
		t/h	%	gm	%	t/h	%
<b>Средство на бобовой основе</b> Legume-based agent	48,6	31,2	114,3	105,1	10,6	0,3	1,1
<b>Контроль</b> Control	–	27,3	100,0	95,4	–	0,9	3,5
<b>HCP<sub>0,05</sub></b>	<b>F<sub>ф</sub> &lt; F<sub>т</sub></b>						



В исследуемый полевой сезон установлено, что средство оказало положительное влияние на всхожесть, рост, развитие и биометрические показатели возделываемого картофеля. Основные фазы развития растений наступали в одни и те же сроки. Определено, что средство на бобовой основе эффективнее способствовало повышению всхожести единичных и массовых всходов культур, увеличению биометрических показателей: высоты растений, количества листьев, побегов и клубней по сравнению с контрольным вариантом. Средство оказывало влияние на качественные и количественные характеристики: массу клубней, количество больных клубней, а также снижение заболеваемости и увеличения урожайности картофеля в большей степени.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного испытания средства защиты растений на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 в условиях полевого опыта установлено, что применение средства способствует протеканию мобилизационных процессов, активизации процессов разложения и минерализации органических веществ в обработанной почве по сравнению с контрольным необработанным вариантом почвы. Средство на бобовой основе (тройная обработка) оказывает значительное влияние на снижение численности микромицетов в исследуемых почвах и на клубнях картофеля, уменьшая количество микромицетов, угнетающих рост растений и способных вызывать различные заболевания. Использование средства при апробации на сельскохозяйственной продукции показало положительное влияние на биометрические и фенологические показатели картофеля; способствовало увеличению устойчивости к заболеваниям, вызываемых фитопатогенными микромицетами; повышению урожайности, количественных и качественных характеристик картофеля.

В целом применение биологического средства защиты растений положительно действует на состояние микробиоценоза исследуемых сельскохозяйственных почв, его фитосанитарное состояние и улучшение характеристик возделываемой на ней сельскохозяйственной продукции в условиях аридного климата Астраханской области.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ижевский С.С. Негативные последствия применения пестицидов // Защита и карантин растений. 2006. N 5. С. 16-19.
- Иванцова Е.А., Калуженкова Ю.В. Экологические проблемы применения пестицидов // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. N 1 (9). С. 41-46.
- Танский В.И. Фитосанитарная устойчивость агробиоценозов. СПб: ВИЗР, 2010. 54 с.
- Иванцова Е.А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные Науки. 2013. N 1(5). С. 35-40.
- Зубков А.Ф. Агробиологическая модернизация защиты растений. СПб: ВИЗР, 2014. 116 с.

- Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 46. N 3. С. 3-9.
- Павлюшин В.А. Научное обеспечение защиты растений и продовольственная безопасность России // Защита и карантин растений. 2010. N 2. С. 11-15.
- Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах. М.: Наука, 2007. 147 с.
- Шуреков Ю.В., Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Чеботарь В.К., Ариткин А.Г. Комплексная биологизация земледелия // Аграрная наука. 2014. N 1. С. 16-19.
- Монастырский О.А. Задачи и перспективы биологической защиты сельскохозяйственных растений // АГРО-XXI. 2010. N 4-6. С. 3-5.
- Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. N 8. С. 11-15.
- Dinesh K. Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems. London, Springer, 2011, 448 p.
- Andrews M., Cripps M.G., Edwards G.R. The potential of beneficial microorganisms in agricultural systems // Ann. Appl. Biol. 2012. N 160. P. 1-5. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2011.00519.x
- Chet I., Inbar J. Biological control of fungal pathogens // Appl. Biochem. Biotechnol. 1994. V. 48. P. 37-43. DOI: 10.1007/BF02825358
- Чеботарь В.К., Петров В.Б., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бацилл, используемых при создании микробиологических препаратов // Сельскохозяйственная биология. 2011. N 3. С. 119-122.
- Коряжкина М.Ф. Исследование эффекта колонизации арбузов (*Citrullus vulgaris*) штаммом *Bacillus atrophaeus* В-9918 // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки». Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. Т. 2. С. 234-239.
- Байрамбеков Ш.Б., Валеева З.Б. Совершенствование элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемых условиях Нижнего Поволжья // Совершенствование элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в орошаемых условиях Нижнего Поволжья. Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. С. 101-106.
- Сопрунова О.Б., Баубекова Д.Г. Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ-11474, обладающий фунгицидными свойствами и ростостимулирующей активностью. Патент РФ, N2570624, 2015.
- Сопрунова О.Б., Баубекова Д.Г., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В., Сопрунова В.Е. Средство для повышения урожайности и защиты растений семейства пасленовых от фитопатогенных грибов. Патент РФ, N2655848, 2018.
- Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

21. Зенова Г.М., Степанов А.А., Лихачева А.А. Практикум по биологии почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.
  22. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
  23. Нетрусов А.И. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.
  24. Зимоглядова Т.В., Карташева И.А., Шабалдас О.Г. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 2007. 148 с.
  25. Определитель бактерий Берджи: в 2-х т. / Беркли Р.; перевод с англ.; под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М.: Мир, 1997. Т. 2. 368 с.
  26. Еремеева С.В. Идентификация плесневых грибов. Гифомицеты. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. 76 с.
  27. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб: ВИЗР, 2009. 378 с.
  28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
  29. Евсеев В.В. Микробиологическая активность чернозема выщелоченного в зернопаровом и кормовом севооборотах лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2005. N 1 (25). С. 54-56.
  30. Еремеева С.В., Пархоменко А.Н., Гальперина А.Р. Статистические методы анализа данных исследований: методическое пособие. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2011. 20 с.
  31. Лялин В.С., Зверева И.Г., Никифорова Н.Г. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие для вузов. М.: Финансы и статистика: Инфра-М, 2010. 448 с.
  32. Евсеев В.В., Ведерникова И.О. Микробиологический мониторинг утилизации отработанных угольных сорбентов, импрегнированных тяжелыми металлами // Вестник Курганского государственного университета. 2017. N 4(47). С. 61-66.
- REFERENCES**
1. Izhevsk S.S. Negative effects of pesticide use. Zashchita i karantin rastenii [Plant protection and quarantine]. 2006, no. 5, pp. 16-19. (In Russian)
  2. Ivantsova E.A., Kaluzenkova Yu.V. Environmental problems of pesticide use. Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex]. 2008, no. 1(9), pp. 41-46. (In Russian)
  3. Tansky V.I. *Fitosanitarnaya ustoichivost' agrobiotsenozov* [Phytosanitary resistance of agrobiocenosis]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2010, 54 p. (In Russian)
  4. Ivantsova E.A. Impacts of pesticides on soil microflora and useful biota. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye Nauki [Bulletin of Volgograd State University]. 2013, no. 1(5), pp. 35-40. (In Russian)
  5. Zubkov A.F. *Agrobiotsenologicheskaya modernizatsiya zashchity rastenii* [Agrobiocenological modernization of plant protection]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2014, 116 p. (In Russian)
  6. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. Agricultural microbiology as the basis of ecologically sustainable agriculture: fundamental and applied aspects. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2011, vol. 46, no. 3, pp. 3-9. (In Russian)
  7. Pavlushin V.A. Plant protection scientific support and food safety in Russia. Zashchita i karantin rastenii [Protection and quarantine of plants]. 2010, no. 2, pp. 11-15. (In Russian)
  8. Melentyev A.I. *Aerobnye sporeobrazuyushchie bakterii Basillus Cohn v agroekosistemakh* [Aerobic spore-forming bacteria *Basillus* Cohn in agroecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 147 p. (In Russian)
  9. Shurekov Y.V., Gubeidullin H.H., Shigapov I.I., Chebotar V.K., Aritkin A.G. Complex biologization of agriculture. Agrarnaya nauka [Agrarian science]. 2014, no. 1, pp. 16-19. (In Russian)
  10. Monastyrsky O.A. Problems and prospects of biological plant protection. AGRO-XXI [AGRO-XXI]. 2010, no. 4-6, pp. 3-5. (In Russian)
  11. Petrov V.V., Chebotar V.K. Microbiological preparations as the basis element of intensive agrotechnologies in crop production. Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2011, no. 8, pp. 11-15. (In Russian)
  12. Dinesh K. Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems. London, Springer, 2011, 448 p.
  13. Andrews M., Cripps M.G., Edwards G.R. The potential of beneficial microorganisms in agricultural systems. *Ann. Appl. Biol.*, 2012, no. 160, pp. 1-5. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2011.00519.x
  14. Chet I., Inbar J. Biological control of fungal pathogens. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 1994, vol. 48, pp. 37-43. DOI: 10.1007/BF02825358
  15. Chebotar' V.K., Petrov V.B., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Biochemical criteria for estimation of agronomic valuable properties of bacilli used for development of microbial preparations. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2011, no. 3, pp. 119-122. (In Russian)
  16. Koryazhkina M.F. Issledovanie efekta kolonizatsii arbuzov (*Citrullus vulgaris*) shtammom *Bacillus atrophaeus* B-9918 [Study of the effect of watermelon colonization (*Citrullus vulgaris*) by the strain *Bacillus atrophaeus* B-9918]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya. Biologicheskoe nauki»*, Yfa, 2010 [Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual problems of modern science and education, Biological sciences", Ufa, 2010]. Ufa, 2010, vol. 2, pp. 234-239. (In Russian)
  17. Bayrambekov Sh.B., Valeeva Z.B. [Improving the elements of the technology of cultivation of agricultural crops in irrigated conditions of the Lower Volga]. In: *Sovershenstvovanie elementov tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v oroshayemykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Improvement of the elements of the technology of cultivation of agricultural crops in irrigated conditions of the Lower Volga]. Astrakhan, R.V. Sorokin Publ., 2015, pp. 101-106. (In Russian)
  18. Soprunova O.B., Baubekova D.G. *Shtamm Bacillus atrophaeus VKPM-11474, obladayushchii fungitsidnymi svoystvami i rostostimuliruyushchei aktivnost'yu* [The strain *Bacillus atrophaeus* ACIM-11474, which has fungicidal

properties and growth-promoting activity]. Patent RF, no. 2570624, 2015.

19. Soprunova O.B., Baubekova D.G., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V., Soprunova V.E. *Sredstvo dlya povysheniya urozhainosti i zashchity rastenii semeistva paslenovykh ot fitopatogennykh gribov* [Means for increasing yields and protecting plants of the nightshade family from phytopathogenic fungi]. Patent RF, no. 2655848, 2018.

20. Mineev V.G. *Praktikum po agrokhimii* [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Moscow State University Publ., 2001, 689 p. (In Russian)

21. Zenova G.M., Stepanov A.A., Likhacheva A.A. *Praktikum po biologii pochv* [Workshop on soil biology]. Moscow, Moscow State University Publ., 2002, 120 p. (In Russian)

22. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Drofa Publ., 2004, 256 p. (In Russian)

23. Netrusov A.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Academy Publ., 2005, 608 p. (In Russian)

24. Zimoglyadova T.V., Kartasheva I.A., Shabaldas O.G. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Kolos Publ., 2007, 148 p. (In Russian)

25. Berkeley R. *Opredelitel' bakterii Berdzhii* [The determinant of bacteria Berdzhii]. Moscow, Mir Publ., 1997, vol. 2, 368 p. (In Russian)

26. Eremeeva S.V. *Identifikatsiya plesnevyykh gribov. Gifomitsety* [Identification of mold fungi. Hyphomycetes]. Astrakhan, ASTU Publ., 2007, 76 p. (In Russian)

27. Dolzhenko V.I. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration testing fungicides in agriculture]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2009, 378 p. (In Russian)

28. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985, 351 p. (In Russian)

29. Evseev V.V. Microbiological activity of leached chernozem in grain and fodder crop rotations of the forest-steppe zone of Zauralye. *Agrarnyi vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2005, no. 1 (25), pp. 54-56. (In Russian)

30. Eremeeva S.V., Parkhomenko A.N., Galperina A.R. *Statisticheskie metody analiza dannykh issledovaniy* [Statistical methods for analyzing research data]. Astrakhan, ASTU Publ., 2011, 20 p. (In Russian)

31. Lyalin V.S., Zvereva I.G., Nikiforova N.G. *Statistika: teoriya i praktika v Excel* [Statistics: theory and practice in Excel]. Moscow, Finance and Statistics: Infra-M Publ., 2010, 448 p. (In Russian)

32. Yevsejev V.V., Vedernikova I.O. Microbiological monitoring of recycling of the worked-out coal sorbing agents impregnated by heavy metals. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Kurgan State University]. 2017, no. 4 (47), pp. 6-66. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Ольга Б. Сопрунова определила идею исследования, сформулировала проблему и выстроила логику исследования. Динара Г. Баубекова обработала и проанализировала собранные материалы, структурировала результаты исследования. Шамиль Б. Байрамбеков и Екатерина В. Полякова провели полевые испытания. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Olga B. Soprunova defined the idea of the research, formulated the problem and developed the logic of the research. Dinara G. Baubekova processed and analyzed the materials collected and structured the results of the study. Shamil B. Bayrambekov and Ekaterina V. Polyakova conducted field trials. 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

Динара Г. Баубекова / Dinara G. Baubekova <https://orcid.org/0000-0002-3288-9487>


Ольга Б. Сопрунова / Olga B. Soprunova <https://orcid.org/0000-0002-5710-6362>

Шамиль Б. Байрамбеков / Shamil B. Bayrambekov <https://orcid.org/0000-0003-3193-8256>

Екатерина В. Полякова / Ekaterina V. Polyakova <https://orcid.org/0000-0002-9591-087X>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 550.343.6  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-91-102

# Активность проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России

Виктор В. Разумов<sup>1,2</sup> , Наталья В. Разумова<sup>2</sup>, Алексей Д. Линьков<sup>2</sup>,  
Наталья В. Кондратьева<sup>1</sup>, Надира О. Гусейнова<sup>3</sup>, Муратхан И. Гаджибеков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия

<sup>2</sup>АО «Российские космические системы», Москва, Россия

<sup>3</sup>Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

## Контактное лицо

Виктор В. Разумов, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник; ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», 360030 Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2;  
АО «Российские космические системы», 111250 Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 53.  
Тел. +79263254401  
Email [razumov\\_vv@mail.ru](mailto:razumov_vv@mail.ru)  
ORCID  
<https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>

## Формат цитирования

Разумов В.В., Разумова Н.В., Линьков А.Д., Кондратьева Н.В., Гусейнова Н.О., Гаджибеков М.И. Активность проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 91-102. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-91-102

Получена 17 января 2020 г.  
Прошла рецензирование 02марта 2020 г.  
Принята 15 апреля 2020 г.

## Резюме

**Цель.** Оценка активности проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России (кроме Крыма) за последнее десятилетие.

**Материалы и методы.** В качестве основных материалов использованы литературные источники, а также данные региональных подразделений МЧС РФ и Южного регионального центра ФГБУ «Гидроспецгеология», опубликованные в открытой печати.


**Результаты.** Приведена общая картина распределения произошедших за 2009-2018 гг. землетрясений на территории юга европейской части России (кроме Крыма). На территории региона и в 30-и километровой зоне сопредельных территорий иностранных государств Азербайджана и Грузии (в том числе Абхазии и Южной Осетии), в среднем, ежегодно происходило 1768 землетрясений с энергетическим классом  $K_p = 2.5-14.2$ . Выявлен значительный разброс значений числа (от 1146 до 2214) произошедших землетрясений в регионе. Наибольшее количество сейсмических событий наблюдалось в 2009 и 2017 гг., минимальное – в 2010 г. Наибольшая активность проявления землетрясений отмечалась на российской территории (62,1%), значительная доля сейсмособытий (38,9%) произошла в 30-и километровой зоне сопредельных территорий Азербайджана и Грузии (в том числе Абхазии и Южной Осетии). Преобладающее количество землетрясений наблюдалось в восточной части Северного Кавказа (Дагестан, Ингушетия, Чечня).

**Заключение.** Проведенный анализ позволил оценить сейсмическую опасность и активность проявления землетрясений (с 2009 по 2018 гг.) на территориях приграничных субъектов РФ в пределах юга европейской части России (кроме Крыма).

## Ключевые слова

Сейсмическое событие, землетрясение, глубина очага землетрясения, магнитуда, приграничная территория, энергетический класс, эпицентр землетрясения.

# Earthquake manifestation activity in the border territories of the south of the European part of Russia

Viktor V. Razumov<sup>1,2</sup> , Natalia V. Razumova<sup>2</sup>, Alexey D. Linkov<sup>2</sup>, Natalia V. Kondratieva<sup>1</sup>, Nadira O. Guseynova<sup>3</sup> and Muratkhan I. Gadzhibekov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia

<sup>2</sup>Russian Space Systems JSC, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

## Principal contact

Viktor V. Razumov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, High-Mountain Geophysical Institute, 2 Lenin Ave, Nalchik, Russia 360030; Russian Space Systems JSC, 53 Aviamotornaya St, Moscow, Russia 111250.

Tel. +79263254401

Email [razumov\\_vv@mail.ru](mailto:razumov_vv@mail.ru)

ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>

## How to cite this article

Razumov V.V., Razumova N.V., Linkov A.D., Kondratieva N.V., Guseynova N.O., Gadzhibekov M.I. Earthquake manifestation activity in the border territories of the south of the European part of Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 91-102. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-91-102

Received 17 January 2020

Revised 02 March 2020

Accepted 15 April 2020

## Abstract

**Aim.** Assessment of earthquake activity in the border areas of the south of the European part of Russia (excepting Crimea) over the past decade.

**Material and Methods.** The main materials used are literary sources, as well as data from regional divisions of the Russian Ministry of Emergencies and the southern regional centre of the Federal State Budgetary Institution, Hydrospegeology, published in the open press.

**Results.** The general picture of the distribution of earthquakes that occurred in 2009-2018 in the south of the European part of Russia (excepting Crimea) is given. In the territory of this region and in the 30-kilometre adjacent border zone of the neighboring states of Azerbaijan and Georgia (including Abkhazia and South Ossetia) 1768 earthquakes with an energy class of KR = 2.5-14.2 occurred annually on average. A significant variation in the number of earthquakes in the region (from 1146 to 2214) was revealed. The largest number of seismic events was observed in 2009 and 2017 and the lowest in 2010. The greatest activity of earthquake manifestations was observed in Russian territory (62.1%), a significant share of seismic events (38.9%) occurring in the 30-kilometre adjacent border zone of the neighboring territories of the states of Azerbaijan and Georgia (including Abkhazia and South Ossetia). The largest number of earthquakes was observed in the eastern part of the North Caucasus (Dagestan, Chechnya and Ingushetia).

**Conclusion.** The analysis conducted made it possible to assess the seismic hazard and activity of earthquakes from 2009 to 2018 in the territories of the border regions of the Russian Federation within the south of the European part of Russia (excepting Crimea).

## Key Words

Seismic event, earthquake, depth of earthquake focus, magnitude, frontier territory, energy class, earthquake epicentre.



**ВВЕДЕНИЕ**

Приграничная территория – часть территории субъекта Российской Федерации (РФ, России), административная граница которого совпадает с линией Государственной границы Российской Федерации. Приграничный субъект России – субъект Российской Федерации, административная граница которого полностью или частично совпадает с линией Государственной границы РФ [1].

Из более 210 государств, сформировавшихся сегодня в мире, большинство имеют сухопутные (речные) границы. По обе их стороны находятся приграничные территории соседних государств. По суше Россия граничит с 16 государствами, протяженность ее новых границ около 13 тыс. км [2]. Территория юга европейской части России (Северо-Кавказский и Южный федеральные округа) имеет общие границы с шестью иностранными государствами (табл. 1).

**Таблица 1.** Список приграничных субъектов РФ в пределах юга европейской части Российской Федерации (сухопутная/речная граница)

**Table 1.** List of border subjects of the Russian Federation within the south of the European part of the Russian Federation (land/river border)

Федеральный округ РФ Federal District of the Russian Federation	Субъект РФ Subject of the Russian Federation	Приграничное иностранное государство Bordering Foreign State
<b>Северо-Кавказский (СКФО)</b> North Caucasian (North-Caucasian Federal District)	Республика Дагестан Republic of Dagestan	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia) Азербайджанская Республика (Азербайджан) Republic of Azerbaijan (Azerbaijan)
	Кабардино-Балкарская Республика Kabardino-Balkaria Republic	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia)
	Карачаево-Черкесская Республика Karachay-Cherkessaya Republic	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia)
		Республика Абхазия (Абхазия) Republic of Abkhazia (Abkhazia)
	Республика Ингушетия Republic of Ingushetia	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia)
	Республика Северная Осетия-Алания Republic of North Ossetia-Alania	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia) Республика Южная Осетия (Южная Осетия) Republic of South Ossetia (South Ossetia)
	Чеченская Республика (Чечня) Chechen Republic (Chechnya)	Республика Грузия (Грузия) Republic of Georgia (Georgia)
	Краснодарский край Krasnodar territory	Республика Абхазия (Абхазия) Republic of Abkhazia (Abkhazia)
	Астраханская область Astrakhan region	Республика Казахстан (Казахстан) Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)
	Волгоградская область Volgograd region	Республика Казахстан (Казахстан) Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)
<b>Южный (ЮФО)</b> Southern (Southern Federal District)	Ростовская область Rostov region	Республика Украина (Украина) Republic of Ukraine (Ukraine)
	Республика Крым Republic of Crimea	Республика Украина (Украина) Republic of Ukraine (Ukraine)

Среди широкого круга опасных природных процессов, широко развитых на приграничных территориях юга европейской части России, по активности и негативному воздействию выделяются землетрясения (сейсмические события). Ежегодно на приграничных территориях региона регистрируются десятки и сотни небольших землетрясений.

Общеизвестно, что сейсмичность территории характеризуется, в первую очередь, пространственным распределением очагов землетрясений и их интенсивностью. Очагом (гипоцентром) называют место локализации накопившихся в земной коре напряжений, где происходит зарождение

землетрясения. Очаг находится на некоторой глубине внутри Земли, в отличие от эпицентра – условной точки, расположенной над очагом на поверхности земли. Чем ближе к поверхности Земли расположен гипоцентр землетрясения и чем выше магнитуда, тем более разрушительными являются землетрясения. Для характеристики силы землетрясений используются такие понятия, как магнитуда, энергетический класс и интенсивность. Под интенсивностью (силой) землетрясений, выражаемой в баллах (по шкале MSK-64), понимают интенсивность колебаний земной коры на поверхности земли. Сила землетрясения в его очаге характеризуется магнитудой (M) – относительным

энергетическим показателем землетрясения. Максимальное значение магнитуды по введенной Рихтером шкале – около 9 единиц. Энергетический класс землетрясений (в джоулях), являющийся эквивалентом магнитуды, рассматривается как количественная характеристика энергии упругих сейсмических волн, излученных очагом. На Кавказе для определения энергетического класса землетрясений ( $K_p$ ) по расстоянию от сейсмодатчика до очага землетрясения и по показаниям и свойствам сейсмометра используется энергетическая номограмма Т.Г. Раутиан [3].

Целью настоящего исследования является оценка активности проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России (кроме Республики Крым) за 2009-2018 гг.

Основные задачи исследования:

- характеристика сейсмической опасности территорий приграничных субъектов РФ в пределах юга европейской части России;
- оценка активности проявления землетрясений на приграничных территориях юга европейской части России за 2009-2018 гг.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

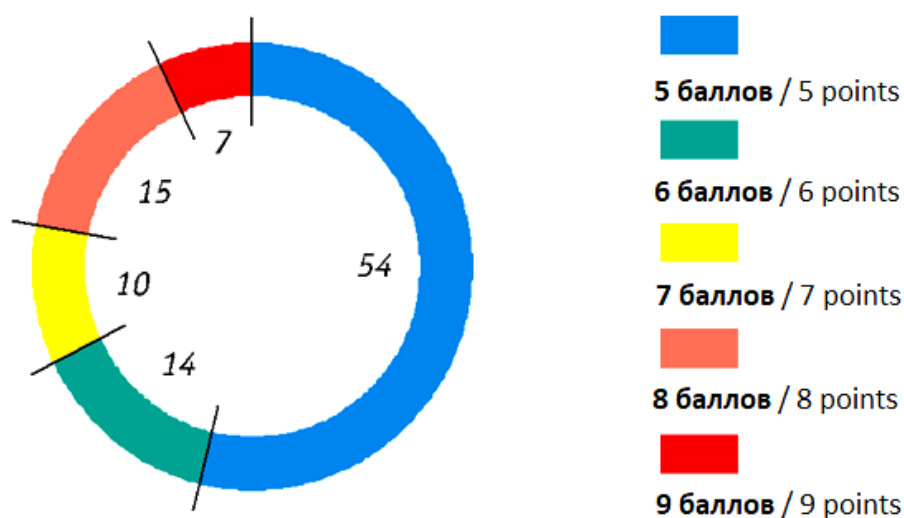
В качестве основных материалов использованы литературные источники, а также данные региональных подразделений МЧС РФ и Южного регионального центра ФГБУ «Гидроспецгеология», опубликованные в открытой печати. Авторами был

собран воедино обобщен и проанализирован материал по произошедшим землетрясениям, содержащийся в этих информационных источниках.

В данной работе были изучены землетрясения с энергетическим классом  $K_p=2.5-14.2$ . Известно, что полнота и точность зафиксированных сейсмических событий в значительной степени зависит от плотности сети сейсмостанций, чувствительности регистрирующей аппаратуры и применяемых методов изучения, которые значительно меняются во времени. По данным [4] в настоящий момент локальная сейсмическая сеть изучаемого региона позволяет без пропусков регистрировать землетрясения с  $M=1.2$  ( $K_p=6$ ) на большей части изучаемого региона, а в Карачаево-Черкесской и Чеченской республиках и в северной части территорий Краснодарского и Ставропольского краев – с  $M=2.0-2.8$  ( $K_p=7.6-9.0$ ). Следует также учитывать и тот факт, что в различные годы магнитуды землетрясений на изучаемой территории определялись различными способами, что могло отразиться на точности значений энергетического класса землетрясений.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Регион юга европейской части России (без Крыма) и сопредельных с ним территорий иностранных государств является одним из наиболее сейсмически активных приграничных районов России, где возможны катастрофические землетрясения с магнитудой 8 баллов и более (рис. 1).



**Рисунок 1.** Распределение (%) территории юга европейской части России (без Крыма) по интенсивности землетрясений (в баллах) (по данным [5])

**Figure 1.** Distribution (%) of earthquake intensity (in points), (according to [5]), in the territory of the south of the European part of Russia (excepting Crimea)

Почти на половине территории изучаемого региона возможны сейсмические толчки интенсивностью более 6 баллов. Наиболее сейсмоопасной является полоса (шириной от 200 до 300 км) вдоль всей государственной границы (горные и предгорные районы) на юге региона, а также Черноморское побережье Краснодарского края, где возможны землетрясения интенсивностью более 8 баллов. На эти

сейсмоопасные районы приходится более 20% территории региона [6].

Землетрясения интенсивностью 7-9 баллов на протяжении последних двух столетий на территории изучаемого региона происходили неоднократно. Среди них – Тебердинское землетрясение 1902 г. (его интенсивность составила 7-8 баллов, а магнитуда –  $M=6.4$ ); Нижнекубанское (1879 г.) – 7-8 баллов с  $M=6.0$ ;

в Дагестане (1830 г.) – 8-9 баллов с  $M=6.3$  и в 1971 г. – 8-9 баллов с  $M=6.6$ ; на территории Чеченской Республики (1976 г.) – 8-9 баллов с  $M=6.4$ . Многочисленные и сильные землетрясения были отмечены в районе Анапы, Новороссийска, Сочи, а также в акватории Черного и Каспийского морей. В районе Кавказских Минеральных Вод значительные землетрясения зарегистрированы в 1884, 1909, 1921 и 1978 гг. В Северной Осетии в 1925 г. произошло сильное землетрясение интенсивностью 8 баллов [5]. В течение последнего времени на юге европейской части России наблюдается существенная активизация сейсмических процессов. Так, только с 1976 по 2008 гг. здесь произошло 7 катастрофических землетрясений (в 1976, 1986, 1988, 1991, 1992, 2000 и 2008 гг.). Наиболее крупными из них были Спитакское (1988 г., магнитуда  $M=6.9$ ), Рачинское (1991 г.,  $M=7.1$ ) и землетрясение ( $M=5.6$ ), произошедшее 11 октября 2008 г. на территории Чеченской Республики. Эпицентр землетрясения был расположен в 21 км к востоку от г. Гудермес.

Приведем краткую характеристику сейсмической опасности территорий приграничных субъектов РФ в пределах изучаемого региона.

Территория Южного федерального округа на большей своей части (Ростовская, Волгоградская, Астраханская области) считается относительно безопасной в сейсмическом плане. Однако, последние исследования ученых [7] позволяют говорить о возможности опасных землетрясений силой до 6 баллов на территории городов Астрахань и Волгоград, а в Ростове-на-Дону и Элисте – до 7 баллов. Подтверждением этого являются произошедшие в 1991 и 1994 гг. на севере Волгоградской области незначительные подземные толчки. Ощутимое землетрясение (силой 4-5 баллов), которое ощущалось в Ростовской области, в городах Краснодарского и Ставропольского краев, произошло 22 мая 2001 г. в 60 км восточнее г. Сальска Ростовской области. В начале декабря 2012 г. серия небольших землетрясений (силой от 2 до 4 баллов) с интервалом в 15 секунд произошла в Астрахани. 15 апреля 2018 г. произошло землетрясение ( $M=3.6$ ) на территории Зерноградского района Ростовской области.

В Краснодарском крае, землетрясения силой более 6 баллов возможны в 29 административных районах (65,5% от территории края) из 48. Наиболее сейсмоопасными являются: прибрежная зона Черного моря в районе городов «Анапа – Новороссийск – Геленджик – Туапсе – Сочи» и поселка Красная Поляна, где интенсивность сейсмических сотрясаний на грунтах средней плотности может достигать 8-9-баллов (по шкале MSK-64) [8]. В начале XXI века на территории края и сопредельных территориях произошло несколько значимых землетрясений. Так, 15 ноября 2004 г. между городами Сочи и Майкоп произошло ощутимое землетрясение ( $M=4.6$ ), силой 3-4 балла. Землетрясение ощущалось в Сочи, Белореченске, Майкопе. В последние 10 лет 67% всех произошедших в крае сейсмособытий имели магнитуду  $M \geq 4.0$ . Наиболее частые случаи землетрясений наблюдались в сентябре (14,4%), октябре (13,5%), августе (10,6%), июле (9,6%) [8].

Приграничные территории Северо-Кавказского федерального округа являются наиболее сейсмически опасными в регионе. Так, практически вся территория Карачаево-Черкесской Республики находится в зоне восьми бальных землетрясений, а в Карачаевском и Зеленчукском районах возможны сотрясения до девяти баллов [9].

Равнинная часть Кабардино-Балкарской республики входит в 8-ми бальную сейсмическую зону, а предгорная и горная ее части – в 9-ти бальную. В республике до последнего времени широко-масштабных сейсмических исследований земной коры не проводилось и надежных данных о ее глубинном строении имеется сравнительно мало. Эпицентры произошедших в 1884, 1909, 1921 и 1978 гг. землетрясений находились в 55-70 км от г. Нальчика и при глубине очага 6-50 км вызывали колебания земной поверхности в городе интенсивностью 4-5 баллов [10]. В начале XXI века самым сильным было землетрясение, произошедшее 22 августа 2002 г. на приграничной с Северной Осетией территории, которое ощущалось в Нальчике с силой 3 балла. Фиксировались также серии землетрясений в июне 2002 г. и в мае 2005 г. [11]. В районе Эльбруса в последнее время выделяется обширная зона сейсмического затишья, в пределах которой практически не фиксируются ни слабые, ни умеренные по силе толчки. В то же время результаты оценки сейсмической опасности показывают [12], что в пределах этой территории имеется потенциальный сейсмический очаг с прогнозируемой максимальной магнитудой возможных землетрясений, равной 7.2.

Нормативная сейсмичность северо-восточной части Республики Северная Осетия-Алания (около 30% территории) составляет 8 баллов по шкале MSK-64, а на остальной площади – 9 баллов, с вероятностью повторения сейсмоторолчков один раз в 50 лет [13]. До 1975 г., в течение предыдущих 100 лет, на территории республики и сопредельных территориях было зафиксировано около 80 землетрясений силой 5-9 баллов [10] и шесть силой 6-8 баллов. Так, например, в результате произошедшего в 1923 г. 7-8-бального землетрясения, на территории республики было разрушено большое количество жилых и хозяйственных построек, имелись человеческие жертвы. Значительное землетрясение ( $M=4.0$ ) с интенсивностью в эпицентре 6 баллов произошло 24 марта 1956 г. в Моздокской зоне республики. Сильнейшее за всю историю наблюдений на Кавказе землетрясение с  $M=7.2$  и интенсивностью в эпицентре 8 баллов, произошло в 1991 г. в Рача-Джавской зоне республики [14]. Из произошедших в первом десятилетии XXI века землетрясений на территории республики, можно выделить: рои землетрясений в декабре 2001 г. и в январе 2002 г. в Моздокской зоне; одиночные слабые землетрясения в 2000-2007 гг. в Терской; рои землетрясений в 2002 и 2007 гг. (7 января, 21 октября, 26 октября) в Сунженской; землетрясение в октябре 2004 г. в Кармадонской зоне. Во Владикавказской и Мизурской зонах в этот период наблюдалась рассеянная слабая сейсмичность, не превышающая  $M=3.7$  [14].

В Республике Ингушетия возможны землетрясения силой до 8-9 баллов [5]. В декабре 2001

г. на границе Ингушетии и Ставропольского края произошла серия ощутимых землетрясений ( $M=3.2-3.7$ ), с силой сотрясений до 4-5 баллов.

В юго-восточной части Чеченской Республики возможны землетрясения силой до 8 баллов, а в южной – до 9. За последние 140 лет на территории республики отмечено 34 землетрясения силой не менее 6 баллов по шкале MSK-64. В 8 случаях сила подземных толчков достигала 7 баллов и в одном случае 8 баллов [15]. Из значимых сейсмических событий, произошедших в первое десятилетие XXI века, можно выделить землетрясение ( $M=4.4$ ), зафиксированное 30 января 2002 г. в центральной части республики, в 35 км к северу от г. Грозного, а также катастрофическое землетрясение на территории республики 11 октября 2008 г. В землетрясения 2008 г. пострадали населенные пункты и инфраструктура Ленинского, Октябрьского, Заводского, Ачхой-Мартановского, Веденского, Гудермесского, Грозненского, Курчалоевского, Наурского, Надтеречного, Ножай-Юртовского, Урус-Мартановского, Шалинского, Шаройского, Шатойского, Шелковского, Сунженского, Итум-Калинского, Старопромысловского районов городов Грозный и Аргун. Материальный ущерб составил 5 млрд. руб., погибло 13 человек [15].

Одним из самых сейсмоактивных приграничных субъектов РФ, в пределах юга европейской части

России, является Дагестан, 90% территории которого находится в 7-9 балльной сейсмической зоне. В течение последних 40 лет на территории республики было зарегистрировано около 19,5 тысяч землетрясений с различным энергетическим классом, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8-9 баллов), Салатауское – 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское – 9.01.1975 г. (8 баллов), Кумторкалинские – (31.01., 21.02., 14.04.1999 г. (7 баллов) и др. Подавляющее большинство очагов землетрясений было расположено на глубинах 15-20 км. Из 800 произошедших землетрясений с магнитудой  $M \geq 3,8$  (за период с 1960 по 2017 гг.), 667 имели магнитуду  $M=3.8-4.4$ , 143 –  $M=4.5-5.4$ , 16 –  $M=5.5-6.4$ , 1 –  $M=6.5-7.4$  [16].

На территории изучаемого региона выделяется несколько административных территорий возникновения очагов землетрясений с разным уровнем их концентрации и сейсмического потенциала: акватории (российская часть) Азовского, Черного и Каспийского морей, Краснодарский и Ставропольский края, Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия-Алания, Ингушетия, Чеченская Республика, Дагестан, а также сопредельные территории (30-и километровая приграничная зона) иностранных государств – Азербайджана и Грузии (с Абхазией и Южной Осетией) (табл. 2).

**Таблица 2.** Распределение числа землетрясений ( $K_p=2.5-14.2$ ) на административных территориях юга европейской части России за 2009-2013 гг. (по данным [17-21])

**Table 2.** The distribution of the number of earthquakes ( $K_p=2.5-14.2$ ) in the administrative territories of the south of the European part of Russia for 2009-2013 (according to [17-21])

Административная территория Administrative territory	Годы Years					Всего землетрясений за 5 лет Total earthquakes in 5 years
	2009	2010	2011	2012	2013	
<b>Азовское море</b> Azov Sea	1	-	1	-	-	2
<b>Черное море</b> Black Sea	7	31	36	228	319	621
<b>Краснодарский край</b> Krasnodar region	8	7	45	45	68	173
<b>Ставропольский край</b> Stavropol region	78	65	93	100	90	426
<b>Карачаево-Черкесская Республика</b> Karachay-Cherkessaya Republic	15	21	42	26	87	191
<b>Кабардино-Балкарская Республика</b> Kabardino-Balkaria Republic	43	43	97	101	97	381
<b>Республика Северная Осетия-Алания</b> Republic of North Ossetia-Alania	145	60	184	97	88	574
<b>Республика Ингушетия</b> Republic of Ingushetia	48	54	58	40	44	244
<b>Чеченская Республика</b> Chechen Republic	301	235	219	253	229	1237
<b>Ростовская область</b> Rostov region	-	1	-	-	-	1
<b>Республика Дагестан</b> Republic of Dagestan	185	191	216	316	332	1240
<b>Каспийское море</b> Caspian Sea	29	25	48	70	106	278
<b>Всего на российской территории</b> Total in Russian territory	860	733	1039	1276	1460	5368
<b>Сопредельные территории (30-и км зона)</b>	1354	413	364	662	481	3274

**Азербайджана и Грузии****(с Абхазией и Южной Осетией)**

Adjacent territories (30 km adjacent border zone) of Azerbaijan and Georgia (with Abkhazia and South Ossetia)

**Всего по региону:**

Total for the region:

2214 1146 1403 1938 1941 8642

Приведем краткую характеристику активности проявления сейсмических событий в регионе за последние годы (2009-2018 гг.). Следует отметить, что наиболее полные опубликованные сведения о количестве произошедших сейсмических событий, их силе и пространственном распределении очагов землетрясений по территории региона существуют (в опубликованных источниках) только для периода 2009-2013 гг.

В 2009 г. на территории юга европейской части России было зафиксировано 2231 сейсмическое событие ( $K_p=3.1-14.2$ ), из них 2214 землетрясений и 17 взрывов, 14 из которых ( $K_p=3.5-8.2$ ) произошли в промышленных карьерах Карачаево-Черкессии [17]. Большинство сейсмических событий (54,8%) имело энергетический класс  $K_p=7.0-8.0$ . Наибольшая сейсмическая активность (1354 землетрясений) наблюдалась в 30 км зоне приграничных территорий Азербайджана и Грузии (61,1% общего количества сейсмических событий, произошедших в регионе) (табл. 2). За пределами этой зоны, непосредственно на территории соседних государств (Грузии, Азербайджана, Армении, Турции), наблюдалось еще 106 землетрясений. На российской территории, в пределах изучаемого региона, наибольшее число сейсмических событий наблюдалось на территории Чеченской Республики (13,6%) и Республики Дагестан (8,3%). Сейсмическая активность на территории Краснодарского края резко уменьшилась, по сравнению с предыдущим годом (274 землетрясения), и составила 8 сейсмических событий. В акватории Черного моря было зарегистрировано 7 слабых землетрясений. Максимальная интенсивность ( $K_p=14.2$ ) сотрясений (6 баллов) была отмечена 7 сентября в г. Они (Грузия). Большая часть очагов землетрясений (62,0%) в изучаемом регионе локализовалась на глубинах 10-20 км, 23,0% гипоцентров располагалась на глубинах  $\leq 10$  км, 18,0% – на глубинах 21-30 км, 3,0% – 31-69 км [17].

В 2010 г. на территории изучаемого региона было зарегистрировано 1163 сейсмических события ( $K_p=3.2-11.3$ ), из них 1146 – землетрясений и 17 взрывов ( $K_p=5.4-7.7$ ), которые произошли в промышленных карьерах Карачаево-Черкессии [18]. Преобладающее количество (89,5%) сейсмических событий имело энергетический класс  $K_p=5.0-8.0$ . Основная концентрация землетрясений отмечалась в восточной части Северного Кавказа (41,9% всех сейсмических событий в регионе) и на сопредельных территориях Азербайджана и Грузии (36,1%). Большая часть очагов землетрясений в регионе располагалась на глубинах  $\leq 10$  км (36,0%) и 11-20 км (47,0%), небольшая часть гипоцентров находилась на глубинах 21-30 (13,0%) и 31-69 км (3,0%), 10 землетрясений, произошедших на территории Чеченской Республики, находились на глубине 70-125 км [18]. В этом году было

зафиксировано 2 ощутимых землетрясения в Чеченской Республике с магнитудой 4.1 (глубина очагов землетрясений составила 16 км), эпицентр одного из землетрясений (9 июня), находился в 16 км к северо-западу от г. Грозный, а эпицентр второго (6 ноября) располагался в 10 км к юго-западу от с. Ойсхара [19].

В 2011 г. на территории региона произошло 1443 сейсмических события, из них 1403 – землетрясения ( $K_p=2.7-11.2$ ), а 40 событий (в основном произошедших на территории Карачаево-Черкессии) отнесено к категории «взрыв». Основное количество (86,8%) сейсмических событий имело энергетический класс  $K_p=5.0-8.0$ . Наибольшая концентрация очагов землетрясений наблюдалась в центральной (20,0% всех сейсмических событий в регионе) и восточной (35,1%) частях региона, ощутимыми были 18 землетрясений с максимальной интенсивностью сотрясений 4-5 баллов. На сопредельных территориях Азербайджана и Грузии произошло 364 землетрясения (25,9% от общего количества землетрясений, произошедших в регионе). Большая часть землетрясений в регионе произошла на глубинах  $\leq 10$  км (39,0%) и 11-20 км (41,0%), незначительная их часть была локализована на глубинах 21-30 км (13,0%), 31-69 км (4,0%). В диапазоне глубин 70-177 км было зарегистрировано 31 землетрясение в восточной части Северного Кавказа [20]. С магнитудой  $M=3.0-5.0$  в пределах региона было зафиксировано 66 сейсмических событий (с глубиной очагов землетрясений от 1 до 151 км). Эпицентр наиболее ощутимого землетрясения ( $M=5.0$ , глубина – 8 км) находился в 15 км к северо-востоку от с. Ойсхара (Чеченская Республика) [19].

В 2012 г. на территории региона было зафиксировано 1976 сейсмических событий ( $K_p=2.6-14.1$ ), из них 1938 – землетрясения и 38 событий, отнесенных к категории «взрыв» (в основном произошедших на территории Карачаево-Черкессии). Основное количество (74,7%) сейсмических событий имело энергетический класс  $K_p=6.0-8.0$ . Ощутимыми были 29 землетрясений, при этом максимальная интенсивность сотрясений была равна 5-6 баллов по шкале MSK-64. Самое сильное землетрясение ( $M=5.6$ ) в регионе произошло 23 декабря в Черном море и вызвало сотрясения интенсивностью 5-6 баллов в Сочи, Адлере, Хосте и Дагомысе [21]. Наибольшая концентрация очагов, как и в предыдущие годы, отмечалась в центральной (10,2% всех сейсмических событий в регионе) и в восточной частях (31,4%) Северного Кавказа, значительное количество очагов было зафиксировано в Черном море (11,8%). На сопредельных территориях Азербайджана и Грузии произошло 662 землетрясения (34,2% от общего количества землетрясений, произошедших в регионе). В основном, землетрясения на территории региона происходили на глубинах  $\leq 10$  км (38,0% всех очагов) и



11-20 км (40,0%). Незначительное число гипоцентров наблюдалось на глубинах 21-30 км (14,0%) и 31-69 км (6,0%). На глубинах 70-130 км было зарегистрировано 27 землетрясений, из них 22 – на территории Чеченской Республики, два – на территории Ингушетии и три – в Дагестане [21].

Из зарегистрированных в 2013 г. на территории региона 1975 сейсмических событий ( $K_p=2.5-12.9$ ), наблюдалось 1941 землетрясение, а 34 события (в основном произошедшие на территории Карачаево-Черкессии) были отнесены к категории «взрыв». Основное количество (74,7%) сейсмических событий имело энергетический класс  $K_p=6.0-8.0$ . Ощутимыми были 37 землетрясений, с максимальной интенсивностью сотрясений 6 баллов по шкале MSK-64. Наиболее сильные землетрясения произошли на территории Дагестана и Грузии (приграничной с Дагестаном) [22]. Основное количество землетрясений произошло в восточной части Северного Кавказа (31,2% от общего количества землетрясений, произошедших в регионе), а также в Черном море (16,4%). На сопредельных территориях Азербайджана и Грузии произошло 24,8% всех сейсмических событий в регионе. Большая часть землетрясений в регионе произошла на глубинах  $\leq 10$  км (38,0%) и 11-20 км (40,0%), незначительная их часть была локализована на глубинах 21-30 км (14,0%), 31-69 км (6,0%). На глубине 70-124 км было зарегистрировано 19 землетрясений, в том числе 16 – на территории Чеченской Республики, одно землетрясение – на территории Ингушетии и два – в Дагестане [22].

В 2014 г. на территории региона было зарегистрировано 1477 сейсмических событий, в том числе 1461 землетрясение ( $M=0.8-4.9$ ), а также 16 взрывов ( $M=1.6-2.4$ ). [23]. На территории Краснодарского края наблюдалось 6 сейсмических событий с  $M=2.5-5.0$ , с эпицентрами в акватории Черного моря и на территории Туапсинского района и городов Анапа, Новороссийск, Сочи [8]. В пределах Северного Кавказа было зафиксировано 66 сейсмических событий с магнитудой  $M=3.4-5.2$ , глубина очагов которых составила от 4 до 90 км (средняя глубина – 17,5 км). Из произошедших этих сейсмических событий отмечалось шесть ощутимых землетрясений ( $M=5.0-5.2$ , с глубиной очагов 4-14 км), из которых четыре были расположены на территории Чеченской Республики. На территории Кабардино-Балкарской Республики было отмечено два сейсмических события: в районе п. Дейское Терского района ( $M=5.0$ , глубина гипоцентра 4,0 км) и в 27 км юго-западнее ст. Зольская ( $M=5.2$ , глубина гипоцентра 12,0 км) [24]. Значительное землетрясение ( $M=4.9$ ), произошедшее 29 сентября в приграничной области Дагестана и Азербайджана, вызвало сотрясения на территории Дагестана (с. Ахты) интенсивностью 4 балла [23].

В 2015 г. на территории региона наблюдалось 1728 сейсмических событий, в том числе 1710 землетрясений ( $M=0.8-4.7$ ) и 18 взрывов ( $M=1.6-2.2$ ) [25]. Основная часть землетрясений произошла в восточной части Северного Кавказа. На территории Краснодарского края было зафиксировано 12 сейсмических событий с магнитудой 2.6-4.6. Эпицентры землетрясений находились в акватории Черного моря

(близ городов Анапа, Сочи), а также на суше Краснодарского края (Гулькевичский, Кавказский, Мостовский, Новокубанский, Отраденский, Успенский районы и г. Армавир) [8]. На Северном Кавказе с магнитудой  $M=3.4-4.7$  было зафиксировано 95 сейсмических событий. Глубина очагов этих землетрясений составляла от 5 до 130 км (средняя глубина – 14,8 км) [26]. Произошедшие в этом году четыре наиболее ощутимых землетрясения ( $M=4.0-4.7$ ) с глубиной очагов землетрясений 5-20 км, жертв и разрушений на территории региона не вызвали. Самое сильное землетрясение ( $M=4.7$ ) в регионе произошло 4 сентября в приграничной области Дагестана и Азербайджана [25].

В 2016 г. на территории региона было зафиксировано 1948 сейсмических событий, в том числе 1921 землетрясение ( $M=0.8-5.2$ ) и 27 взрывов ( $M=1.6-2.2$ ) [4]. Основная часть землетрясений произошла в восточной части Северного Кавказа. С магнитудой от 2.8 до 5.5 (глубина очагов от 5 до 150 км, средняя глубина 20,7 км) на территории юга европейской части России было выявлено 118 сейсмических событий, которые ощущались в населенных пунктах региона с интенсивностью не более 5 баллов. Наибольшее количество таких землетрясений наблюдалось в Республике Дагестан (40 сейсмических событий) и в Чеченской Республике (28 сейсмических событий) [26]. Самое сильное землетрясение ( $M=5.2$ ) произошло 13 мая в приграничной области Дагестана и Чеченской Республики. Очаг находился на глубине 70 км, в 17 км к запад-юго-западу от г. Хасавюрта, в 30 км от Чиркейского водохранилища и ГЭС в Дагестане [4]. В Геленджикской и Сочинской зонах Черноморского бассейна было зарегистрировано 29 сейсмических событий с магнитудой  $M=1.2-4.9$ . Большая часть сейсмических событий произошла в пределах прибрежно-шельфовой зоны [27].

В 2017 г. на территории региона было зарегистрировано 2218 сейсмических событий, в том числе 2185 землетрясений ( $M=0.8-5.1$ ) и 33 взрыва [28]. В пределах Северо-Кавказского федерального округа было зафиксировано 113 сейсмических событий с магнитудой от 2.8 до 5.4 (глубина очагов землетрясений от 5 до 150 км, средняя глубина – 16 км). Наибольшее количество землетрясений было зарегистрировано в Чеченской Республике (36 сейсмических событий) и Республике Дагестан (33 сейсмических события) [26]. К ощутимым землетрясениям можно отнести сейсмическое событие, произошедшее 3 мая в Республике Дагестан, в 10 км северо-восточнее с. Кумух Лакского района. Глубина гипоцентра землетрясения составила 15 км, магнитуда  $M=5.4$ , интенсивность в очаге 5,5-6 баллов [26]. В пределах Краснодарского и Ставропольского краев было зарегистрировано 16 сейсмических событий с магнитудой  $M=3.3-4.4$ . Основные очаги сейсмической активности были сосредоточены в прибрежно-шельфовой зоне Черноморского побережья [27].

В 2018 г. в пределах Западного Кавказа и в прилегающей акватории Черного моря было зафиксировано 39 землетрясений с  $M \geq 3.2$ . Наиболее сильное землетрясение ( $M=4.3$ ) было зафиксировано 25 ноября на территории Краснодарского края, которое вызвало сотрясения интенсивностью 3-4 балла в

близлежащих населенных пунктах [29]. На территории Центрального и Восточного Кавказа было зафиксировано 93 сейсмособытия с магнитудой более 3.2 (глубина очагов землетрясений 5-170 км, средняя глубина – 15,7 км). Наибольшее количество сейсмособытий было зафиксировано в Чеченской Республике (32) и Республике Дагестан (30) [26]. К ощутимым землетрясениям можно отнести землетрясение, произошедшее 9 июня в Чеченской Республике (эпицентр вблизи с. Аллерой). Глубина гипоцентра сейсмособытия составила около 10 км, магнитуда  $M=4.5$ . Еще одно сейсмособытие было зафиксировано 17 октября на территории Республики Ингушетия, его эпицентр находился вблизи с. Троицкое. Глубина гипоцентра сейсмособытия составила около 5 км, магнитуда  $M=4.5$  [27].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ позволил оценить сейсмическую опасность и активность проявления сейсмических событий, произошедших с 2009 по 2018 гг., на территориях приграничных субъектов РФ в пределах юга европейской части России (кроме Крыма). За изученный период времени на территории региона и в 30-и километровой зоне сопредельных территорий иностранных государств Азербайджана и Грузии (в том числе Абхазии и Южной Осетии), в среднем, ежегодно происходило 1768 землетрясений с энергетическим классом  $K_p=2.5-14.2$ .

В работе приведена общая сравнительная картина распределения количества произошедших землетрясений по основным административным территориям юга европейской части России. Анализ произошедших сейсмособытий за первые пять лет анализируемого периода времени показал, что наибольшая их концентрация отмечалась на российской территории (62,1%), значительная доля землетрясений (38,9%) произошла в 30-и километровой зоне сопредельных территорий Азербайджана и Грузии (в том числе Абхазии и Южной Осетии). Преобладающее количество сейсмособытий (31,5% от общего количества землетрясений, произошедших в регионе) наблюдалось в восточной части Северного Кавказа (Дагестан, Ингушетия, Чечня). В российской части акваторий Черного, Азовского и Каспийского морей было зарегистрировано 10,4% сейсмических событий. На остальной, наиболее обширной территории юга европейской части России (Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия, Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область), было зарегистрировано 20,2% от всех произошедших землетрясений в регионе. Следует отметить тот факт, что северные и северо-восточные приграничные территории изучаемого региона (Волгоградская, Ростовская, Астраханская области) практически не сейсмичны.

Выявлен значительный разброс значений числа произошедших землетрясений (от 1146 до 2214) в регионе за исследуемый десятилетний период времени. Наибольшее число проявлений сейсмических событий наблюдалось в 2009 и 2017 гг., минимальное их количество было зафиксировано в 2010 г. В целом по региону наблюдалось увеличение количества

землетрясений и значений их магнитуд в направлении с севера на юг, что, в общем, подтверждает данные ученых, изучающих сейсмичку данного региона.

Основная часть очагов землетрясений в регионе была сконцентрирована на глубинах до 20 км, небольшое их количество фиксировалось на глубинах 21-70 км и, лишь незначительная часть, – глубже 70 км.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с Соглашением о предоставлении субсидии № 075-11-2019-015 от «22» октября 2019 г. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58519X0008.

### ACKNOWLEDGMENT

This work has been financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with Subsidy Agreement signed 10.22.2019 No. 075-11-2019-015. The unique identifier of the project is RFMEFI58519X0008.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран (проблемы и предпосылки устойчивого развития). Отв. ред. П.Я. Бакланов, А.К. Тулохонов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 610 с.
2. Колосов В.А. Как изучать «новое пограничье» России? // Россия в глобальном мире: 2000-2011: Хрестоматия в 6 томах. М.: Аспект Пресс, 2012. С. 72-81.
3. Карточный каталог землетрясений Кавказа. Составитель А.А. Годзиковская. Москва: ГС РАН, 2012. 135 с.
4. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2016 году, Обнинск, ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2018. С. 16-22.
5. Разумов В.В., Перекрест В.В., Разумова Н.В. и др. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Южного федерального округа России / под ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2007. 386 с.
6. Уломо В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С., Полякова Т.П., Шумилина Л.С. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе // Физика Земли. 2007. N 7. С. 31-45.
7. Уломо В.И., Богданов М.И., Пустовитенко Б.Г., Перетокин С.А., Стром А.Л., Акатова К.Н., Данилова Т.И., Медведева Н.С. Анализ сейсмической опасности Крыма и Северного Кавказа и адаптация полученных оценок к комплекту карт ОСР-2014 // Инженерные изыскания. 2015. N 123. С. 12-27.
8. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Краснодарского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2003-2018 гг.». Краснодар: Главное управление МЧС РФ по Краснодарскому краю, 2003-2018.
9. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного

характера в 2003-2018 гг.» Черкесск: Главное управление МЧС РФ по Карачаево-Черкесской республике, 2003-2018.

10. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. Отв. ред.: Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. М.: Наука, 1977. 535 с.

11. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Каширгова Р.Р., Долов С.М. Современное состояние сейсмического мониторинга в Кабардино-Балкарии // Сейсмические приборы. 2011. Т. 47. N 4. С.5-22.

12. Рогожин Е.А., Собисевич Л.Е., Нечаев Ю.В. и др. Геодинамика, сейсмоструктура и вулканизм Северного Кавказа. Под ред. акад. Лаверова Н.П. М.: ОИФЗ РАН, 2001. 336 с.

13. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территорий Республики Северная Осетия-Алания от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2003-2018 гг.». Владикавказ: Главное управление МЧС РФ по Республике Северная Осетия-Алания, 2003-2018.

14. Рогожин Е.А. Сейсмоструктура центрального сектора Большого Кавказа как основа для сейсмического мониторинга и оценки сейсмической опасности // Вестник Владикавказского научного центра. 2009. Т. 9. N 4. С. 16-22.

15. Государственные доклады «О состоянии защиты населения и территории Чеченской Республики от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2003-2018 гг.». Грозный: Главное управление МЧС РФ по Республике Чечня, 2003-2018.

16. Магомедов Р.А. Геолого-тектонические условия, геодинамическая позиция и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017. N 2 (69). С. 12-31.

17. Габсатарова И.П., Артемова Е.В., Головкова Л.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2009 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2015. С. 86-96.

18. Габсатарова И.П., Артемова Е.В., Каменская О.П., Гарькуша А.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2010 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2016. С. 105-113.

19. Информационные сводки мониторинга ГГД-поля. Бюллетень ГМСН по Российской Федерации за 2010-2013 гг. М.: «Геоинформмарк». 2011-2014.

20. Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Девяткина Л.В., Артемова Е.В., Лещук Л.М., Каменская О.П., Селиванова Е.А., Цирихова Г.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2011 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2017. С. 76-86.

21. Габсатарова И.П., Артемова Е.В., Каменская О.П., Королежки Л.Н. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2012 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2018. С. 79-94.

22. Габсатарова И.П., Королежки Л.Н., Селиванова Е.А., Артемова Е.В., Каменская О.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2013 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2019. С. 82-95.

23. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ //

Землетрясения России в 2014 г. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2016. С. 105-113.

24. Королев И.Б., Терещенко Л.А., Манина Р.А. Геологический отчет о результатах выполненных работ по объекту «Государственный мониторинг состояния недр территории Северо-Кавказского ФО в 2014-2015 гг.». Ессентуки: ФГУП «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр государственного мониторинга состояния недр», 2015. 282 с.

25. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2015 году. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2017. С. 17-23.

26. Информационные бюллетени о состоянии недр территории Северо-Кавказского федерального округа Российской Федерации за 2015-2018 гг. Ессентуки: Филиал ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН», 2016-2019, вып. 12-15.

27. Информационные бюллетени о состоянии недр территории Южного федерального округа Российской Федерации за 2016-2017 годы. Ессентуки: Филиал ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН». 2017-2018. Вып. 13-14.

28. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2017 году. Обнинск: ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 2019. С. 17-23.

29. Маловичко А.А., Коломиец М.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2018 году // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология, 2019. N 4. С. 51-60. DOI: 10.31857/S0869-78092019451-60

## REFERENCES

1. Baklanov P.Ya., Tulokhonov A.K., eds. *Prigranichnye i transgranichnye territorii Aziatskoi Rossii i sopredel'nykh stran (problemy i predposylki ustoichivogo razvitiya)* [Cross-border and cross-border territories of Asian Russia and neighboring countries (problems and prerequisites for sustainable development)]. Novosibirsk, Siberian branch of RAS Publ., 2010, 610 p. (In Russian)
2. Kolosov V.A. [How to study the "new frontier" of Russia?]. In: *Rossiya v global'nom mire* [Russia in the global world: 2000-2011]. Moscow, Aspekt Press Publ., 2012, pp. 72-81. (In Russian)
3. Godzikovskaya A.A., ed. *Kartochnyi katalog zemletryasenii Kavkaza* [Card catalog of the earthquakes of the Caucasus]. Moscow, GS RAS Publ., 2012, 135 p. (In Russian)
4. Gabsatarova I.P., Daniyalov M.G., Mekhryushev D.Yu., Pogoda E.V., Yankov A.Yu. [North Caucasus]. In: *Zemletryaseniya Rossii v 2016 godu* [Earthquakes of Russia in 2016]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2018, pp. 16-22. (In Russian)
5. Razumov V.V., Perekrest V.V., Razumova N.V. et al. *Atlas prirodnikh i tekhnogennykh opasnostei i riskov chrezvychaynykh situatsii Yuzhnogo federal'nogo okruga Rossii* [Atlas of natural and technological hazards and emergency risks of the Southern Federal District of Russia]. Moscow, Dizain. Informatsiya. Kartografiya Publ., 2007, 386 p. (In Russian)
6. Ulomov V.I., Danilova T.I., Medvedeva N.S., Polyakova T.P., Shumilina L.S. Seismic hazard assessment in the North

- Caucasus. Fizika Zemli [Physics of the Earth]. 2007, no. 7, pp. 31-45. (In Russian)
7. Ulomov V.I., Bogdanov M.I., Pustovitenko B.G., Peretokin S.A., Strom A.L., Akatova K.N., Danilova T.I., Medvedeva N.S. Analysis of the seismic hazard of the Crimea and the North Caucasus and adaptation of the estimates to the OSR-2014 map set. Inzhenernye izyskaniya [Engineering Surveys]. 2015, no. 123, pp. 12-27. (In Russian)
  8. Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorii Krasnodarskogo kraia ot chrezvychaynykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2003-2018 gg. [State reports "On the state of protection of the population and territories of the Krasnodar Territory against natural and man-made emergencies in 2003-2018"]. Krasnodar, General Directorate of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation for the Krasnodar Territory Publ., 2003-2018. (In Russian)
  9. Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychaynykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2003-2018 gg.» [State reports "On the state of protection of the population and territories of the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2003-2018"]. Cherkessk, General Directorate of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation for the Karachay-Cherkess Republic Publ., 2003-2018. (In Russian)
  10. Kondorskaya N.V., Shebalin N.V., eds. Novyi katalog sil'nykh zemletryasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g. [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 535 p. (In Russian)
  11. Malovichko A.A., Gabsatarova I.P., Kashirgova R.R., Dolov S.M. Current state of seismic monitoring in Kabardino-Balkaria. Seismicheskie pribory [Seismic instruments]. 2011, vol. 47, no. 4, pp. 5-22. (In Russian)
  12. Rogozhin E.A., Sobisevich L.E., Nechaev Yu.V. et al. Geodinamika, seismotektonika i vulkanizm Severnogo Kavkaza [Geodynamics, seismotectonics and volcanism of the North Caucasus]. Moscow, OIFZ RAN Publ., 2001, 336 p. (In Russian)
  13. Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorii Respubliki Severnaya Osetiya-Alaniya ot chrezvychaynykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2003-2018 gg.» [State reports "On the state of protection of the population and territories of the Republic of North Ossetia-Alania from natural and man-made emergencies in 2003-2018"]. Vladikavkaz, General Directorate of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation for the Republic of North Ossetia-Alania Publ., 2003-2018. (In Russian)
  14. Rogozhin E.A. Seismotectonics of the central sector of the Greater Caucasus as a basis for seismic monitoring and seismic hazard assessment. Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra [Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center]. 2009, vol. 9, no. 4, pp. 16-22. (In Russian)
  15. Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorii Chechenskoi Respubliki ot chrezvychaynykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera v 2003-2018 gg.» [State reports "On the state of protection of the population and territory of the Chechen Republic from natural and man-made emergencies in 2003-2018"]. Grozny, Main Directorate of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation for the Republic of Chechnya Publ., 2003-2018. (In Russian)
  16. Magomedov R.A. Geological and tectonic conditions, geodynamic position and modern seismicity of the East Caucasus. Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN [Transactions of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2017, vol. 69, no. 2, pp. 12-31. (In Russian)
  17. Gabsatarova I.P., Artemova E.V., Golovkova L.V. [North Caucasus]. In: Zemletryaseniya Severnoi Evrazii v 2009 g. [Earthquakes of Northern Eurasia in 2009]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2015, pp. 86-96. (In Russian)
  18. Gabsatarova I.P., Artemova E.V., Kamenskaya O.P., Gar'kusha A.P. [North Caucasus]. In: Zemletryaseniya Severnoi Evrazii v 2010 g. [Earthquakes of Northern Eurasia in 2010]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2016, pp. 105-113. (In Russian)
  19. Informatsionnye svodki monitoringa GGD-polya. Byulleten' GMSN po Rossiiskoi Federatsii za 2010-2013 gg. [Informational reports of the monitoring of the GHD field. State monitoring of the state of the subsoil Bulletin for the Russian Federation for 2010-2013]. Moscow, OOO «Geoinformmark» Publ., 2011-2014. (In Russian)
  20. Gabsatarova I.P., Golovkova L.V., Devyatkina L.V., Artemova E.V., Leshchuk L.M., Kamenskaya O.P., Selivanova E.A., Tsirikhova G.V. [North Caucasus]. In: Zemletryaseniya Severnoi Evrazii v 2011 g. [Earthquakes of Northern Eurasia in 2011]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2017, pp. 76-86. (In Russian)
  21. Gabsatarova I.P., Artemova E.V., Kamenskaya O.P., Koroletski L.N. [North Caucasus]. In: Zemletryaseniya Severnoi Evrazii v 2012 g. [Earthquakes of Northern Eurasia in 2012]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2018, pp. 79-94. (In Russian)
  22. Gabsatarova I.P., Koroletski L.N., Selivanova E.A., Artemova E.V., Kamenskaya O.P. Severnyi Kavkaz [North Caucasus]. Zemletryaseniya Severnoi Evrazii v 2013 g. [Earthquakes of Northern Eurasia in 2013]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2019, pp. 82-95. (In Russian)
  23. Gabsatarova I.P., Daniyalov M.G., Mekhryushev D.Yu., Pogoda E.V., Yankov A.Yu. [North Caucasus]. In: Zemletryaseniya Rossii v 2014 g. [Earthquakes of Russia in 2014]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS", 2016, pp. 105-113. (In Russian)
  24. Korolev I.B., Tereshchenko L.A., Manina R.A. Geologicheskii otchet o rezul'tatakh vypolnennykh rabot po ob'ektu «Gosudarstvennyi monitoring sostoyaniya nedr territorii Severo-Kavkazskogo FO v 2014-2015 gg.» [Geological report on the results of work performed on the object "State monitoring of the state of the subsoil of the territory of the North Caucasus Federal District in 2014-2015"]. Essentuki, Federal State-Funded Public Institution "Hydrospetsgeology" "Southern Regional Center for State Monitoring of the State of the Subsoil" Publ., 2015, 282 p. (In Russian)
  25. Gabsatarova I.P., Daniyalov M.G., Mekhryushev D.Yu., Pogoda E.V., Yankov A.Yu. [North Caucasus].



*Zemletryaseniya Rossii v 2015 g.* [Earthquakes of Russia in 2015]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS" Publ., 2017, pp. 17-23. (In Russian)

26. *Informatsionnye byulleteni o sostoyanii nedr territorii Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga Rossiiskoi Federatsii za 2015-2018 gg.* [Newsletters on the state of the subsoil of the North Caucasus Federal district of the Russian Federation for 2015-2018]. Essentuki, 2016-2019, iss. 12-15. (In Russian)

27. *Informatsionnye byulleteni o sostoyanii nedr territorii Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga Rossiiskoi Federatsii za 2016-2017 gg.* [Newsletters on the state of

the subsoil of the North Caucasus Federal district of the Russian Federation for 2016-2017]. Essentuki, 2017-2018, iss. 13-14. (In Russian)

28. Gabsatarova I.P., Daniyalov M.G., Mekhryushev D.Yu., Pogoda E.V., Yankov A.Yu. [North Caucasus]. In: *Zemletryaseniya Rossii v 2017 g.* [Earthquakes of Russia in 2017]. Obninsk, FRC "Unified Geophysical Survey of the RAS", 2019, pp. 17-23. (In Russian)

29. Malovichko A.A., Kolomiets M.V., Ruzaikin A.I. Seismicity of Russia in 2018. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*, 2019, no. 4, pp. 51-60. (In Russian) DOI: 10.31857/S0869-78092019451-60

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Виктор В. Разумов определил идею и логику исследования, выполнил анализ материала, написал рукопись. Наталья В. Разумова подобрала библиографические источники, написала рукопись, корректировала рукопись до подачи в редакцию. Алексей Д. Линьков выполнил анализ материала, написал рукопись. Наталья В. Кондратьева собрала и обработала фактический материал, написала рукопись. Надира О. Гусейнова корректировала рукопись и библиографические источники до подачи в редакцию. Муратхан И. Гаджибеков корректировал рукопись. Все авторы несут ответственность за обнаружение плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Viktor V. Razumov developed the idea and logic of the study, performed the analysis of the material and contributed to the manuscript. Natalia V. Razumova surveyed the bibliographic sources, contributed to the manuscript and corrected it before submission to the editor. Alexey D. Linkov performed the analysis of the material and contributed to the manuscript. Natalia V. Kondratieva collected and processed the actual material and contributed to the manuscript. Nadira O. Guseynova corrected the manuscript and checked the bibliographic sources before submission to the Editor. Muratkhan I. Gadzhibekov corrected the manuscript. All authors 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 state that there is no conflict of interest.

#### ORCID

Виктор В. Разумов / Viktor V. Razumov <https://orcid.org/0000-0001-8099-6976>

Наталья В. Разумова / Natalia V. Razumova <https://orcid.org/0000-0003-3266-7494>

Алексей Д. Линьков / Alexey D. Linkov <https://orcid.org/0000-0003-1192-6389>

Наталья В. Кондратьева / Natalia V. Kondratieva <https://orcid.org/0000-0001-7313-4489>


Надира О. Гусейнова / Nadira O. Guseynova <http://orcid.org/0000-0003-3979-4293>

Муратхан И. Гаджибеков / Muratkhan I. Gadzhibekov <https://orcid.org/0000-0002-9953-4429>



Оригинальная статья / Original article  
УДК 632.937.15  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-103-112

## Фитотоксичность и инсектоакарицидная активность актиномицетов, выделенных из засоленных почв аридной территории

Лилит Н. Григорян , Юлия В. Батаева, Виктор А. Шляхов, Дамеля К. Магзанова, Аделя С. Баймухамбетова

Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

### Контактное лицо

Лилит Н. Григорян, аспирант, кафедра зоологии, биотехнологии и аквакультуры, Астраханский государственный университет; 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а. Тел. +79678208952

Email [lilyagrigoryan90@gmail.com](mailto:lilyagrigoryan90@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1132-2043>

### Формат цитирования

Григорян Л.Н., Батаева Ю.В., Шляхов В.А., Магзанова Д.К., Баймухамбетова А.С. Фитотоксичность и инсектоакарицидная активность актиномицетов, выделенных из засоленных почв аридной территории // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 103-112. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-103-112

Получена 12 августа 2019 г.

Прошла рецензирование 30 сентября 2019 г.

Принята 25 ноября 2019 г.

### Резюме

**Цель.** Цель настоящих исследований – оценить фитотоксичность и инсектоакарицидную активность культуральной жидкости актиномицетов. Результаты фитосанитарного мониторинга на посевах и посадках сельскохозяйственных культур свидетельствуют о массовом развитии возбудителей вирусных фитопатогенов, которые способны распространяться с помощью насекомых-вредителей, а также клещей. В связи с чем, изучение почвенных актиномицетов Астраханского региона, является перспективным направлением для создания микробного препарата для контроля насекомых – переносчиков фитопатогенных вирусов.

**Материал и методы.** Фитотоксичность культуральной жидкости актиномицетов проверяли в лабораторных опытах на семенах томатов сорта Новичок. Афицидную и акарицидную активности в лабораторных условиях определяли по методике, основанной на контактном взаимодействии препарата и тест-объекта.

**Результаты.** В результате исследований, десять изолятов проявляли фитотоксическое действие на томат сорта Новичок. Наиболее высокие биометрические показатели растений – биомасса (15,3-17,0 мг), длина корня (3,7-5,0 см), длина стебля (2,0-2,7 см) обнаружены в вариантах с изолятами: №2, №3, №10, №11, №18, которые также имели высокие показатели всхожести семян. Данные изоляты наиболее активно подавляли жизнеспособность (90-100%) бахчевой (*Aphis gossypii* Glover.) и бобовой (свекловичной) (*Aphis fabae* Black.) тлей, паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch.) в лабораторных условиях.

**Заключение.** Исследование изолятов №2, №3, №10, №11, №18 показало высокую инсектоакарицидную активность и фитостимулирующие свойства. Методом секвенирования 16S ДНК идентифицированы 2 штамма №2 и №18, представленные видом *Nocardiopsis umidischolae*.

### Ключевые слова

Актиномицеты, стрептомицеты, фитотоксичность, инсектоакарицидная активность, засоленные почвы.

# Phytotoxicity and insectoacaricidal activity of actinomycetes isolated from saline soils of arid territory

Lilit N. Grigoryan , Julia V. Bataeva, Viktor A. Shlyahov, Damelya K. Magzanova and Adele S. Baimukhambetova

Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

## Principal contact

Lilit N. Grigoryan, graduate student, Department of Zoology, Biotechnology and Aquaculture, Astrakhan State University; 20a Tatischeva St, Astrakhan, Russia 414056.

Email [lilyagrigoryan90@gmail.com](mailto:lilyagrigoryan90@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1132-2043>

## How to cite this article

Grigoryan L.N., Bataeva J.V., Shlyahov V.A., Magzanova D.K., Baimukhambetova A.S. Phytotoxicity and insectoacaricidal activity of actinomycetes isolated from saline soils of arid territory. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 103-112. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-103-112

Received 11 August 2019

Revised 30 September 2019

Accepted 25 November 2019

## Abstract

**Aim.** The purpose of these studies is to assess the phytotoxicity and insectoacaricidal activity of actinomycetes culture fluid. The results of phytosanitary monitoring on plantings of crops indicate the massive development of pathogens of viral phytopathogens which can spread through insects – pests and ticks. In this connection, the study of soil actinomycetes of the Astrakhan region provides a promising direction for creating a microbial preparation for regulating pests which are carriers of phytopathogenic viruses.

**Material and Methods.** The phytotoxicity of the actinomycetes culture fluid was assessed in laboratory experiments on seeds of the Novichok tomato variety. Acidic and acaricidal activity was determined in the laboratory by a method based on contact interaction between the preparation and the test object.

**Results.** As the result of the studies, ten isolates showed a phytotoxic effect on the Novichok tomato. The highest biometric indicators of the plants studied – biomass (15.3-17.0 mg), root length (3.7-5.0 cm) and stem length (2.0-2.7 cm) were found in variants with isolates №2, №3, № 10, №11 and №18, which also had high rates of seed germination. These isolates most actively suppressed the vitality (90-100%) of melon (*Aphis gossypii* Glover.) and legume (beet) (*Aphis fabae* Black.) aphids and spider mites (*Tetranychus urticae* Koch.) in laboratory conditions.

**Conclusion.** The study of isolates №2, №3, №10, №11 and №18 showed high insectoacaricidal activity and phytostimulating properties. Using 16S DNA sequencing, 2 strains, №2 and №18, that are represented by *Nocardiopsis umidischolae* species, were identified.

## Key Words

Actinomycetes, streptomycetes, phytotoxicity, insectoacaricidal activity, saline soils.

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно среднемировой уровень потерь урожая вследствие поражения сельскохозяйственных культур болезнями и вредителями оценивается в пределах 25-30% [1; 2]. Значительную роль в ухудшении фитосанитарной обстановки играют изменения в биологии самих фитопатогенов, которые выражаются в повышении их резистентности [3; 4].

Особую опасность представляют болезни растений, вызываемые вирусами мозаики томата (ВМТо) и мозаики огурца (ВОМ) [5-8]. Эпифитотийную ситуацию в развитии вирусной инфекции в Астраханской области определяют такие виды тлей, как бахчевая *Aphis gossypii* Glov., бобовая *A. fabae* Scop., люцерновая *A. craccivora* Koch., крушинная *A. nasturtii* Kalt., персиковая *Myzus persicae* Sulz., большая картофельная *Macrosiphum euphorbia* Thom., обыкновенная картофельная *Aulacortthum solani* Kal. Во всем мире сельхозтоваропроизводители затрачивают огромные суммы на получение свободного от вирусов посадочного материала различных сельскохозяйственных культур и еще большие – на их защиту от тлей – переносчиков инфекции в вегетационный период. Соблюдение санитарно-профилактических мероприятий, как правило, снижает численность основных насекомых – переносчиков вирусов [9-12]. Самым опасным периодом для переноса инфекции является начало вегетации, так как молодые растения наиболее чувствительны к заражению возбудителями болезней различной этиологии [13-16].

В связи с чем, актуальной является проблема поиска в различных местах обитания новых микроорганизмов, продуцирующих биологически активные вещества с широким спектром биологической эффективности, обладающих инсектицидными свойствами, применение которых может сдерживать распространение вирусных фитопатогенов [17; 18]. В некоторых литературных источниках приведены результаты исследования антивирусных свойств, проявляемых штаммами стрептомицетов, метаболитный комплекс которых способен предотвращать развитие вирусных фитопатогенов, в частности, вируса мозаики томата [19; 20]. На наш взгляд, антивирусный эффект, оказываемый метаболитами стрептомицетов на растения, является одним из важных показателей существенной значимости данных бактерий для сельскохозяйственной биотехнологии [21; 22].

Метаболиты актиномицетов представляют собой многокомпонентные комплексы различных по химическому строению природных соединений – антибиотиков, литических ферментов, терпеноидов, алкалоидов, что затрудняет формирование устойчивости к ним у вредных организмов. В подавляющем большинстве случаев многие виды актиномицетов способны синтезировать не один, а несколько вторичных метаболитов [23]. Вторичные метаболиты не являются необходимыми элементами для роста и размножения микроорганизма, по крайней мере, при изучаемых условиях, и синтезируются в основном в стационарной фазе процесса ферментации.

Согласно научным исследованиям установлено,

что из числа практически 23000 известных биоактивных микробных вторичных метаболитов 10100 продуцируются актиномицетами, 45% из которых принадлежат к роду *Streptomyces*. Большая часть изученных вторичных метаболитов, синтезируемых актиномицетами, проявляет антибиотические свойства (противомикробные, противовирусные), однако, в настоящее время описан перечень веществ с иным характером биологического действия: ингибиторы ферментов, гербициды, инсектициды, находящие применение в растениеводстве и защите растений.

В работе V.R. Prabavathy с соавторами описана фунгицидная активность одного из штаммов стрептомицетов, который обладает большей эффективностью, чем ряд зарегистрированных химических средств защиты растений в отношении различных грибных фитопатогенов [24]. Сочетание внеклеточных гидролитических ферментов и вторичных фунгицидных метаболитов играет важную роль в ингибировании роста грибов, вызывающих болезни растений. О положительных результатах использования видов р. *Streptomyces* для борьбы с различными вредителями и возбудителями болезней растений сообщается в работах ряда авторов [25; 26].

Однако необходимо учитывать, что немаловажную роль играет проведение исследований метаболитов на фитотоксичность и рострегулирующие свойства, так как часто встречаются случаи, при которых штаммы с достаточно высокими показателями антагонистической активности проявляют значительное токсическое действие на растения, тем самым исключаясь из списка микроорганизмов, обладающих сельскохозяйственной ценностью.

Многие исследования, связанные с изучением пустынных почв дают возможность утверждать о том, что самыми распространенными микроорганизмами в них являются представители мицелиальных актиномицетов, изоляты которых абсолютно адаптированы к высоким показателям температуры, концентрации солей и радиации [27]. Кроме того, в почвах аридной зоны термотолерантные актиномицеты активно размножаются. Большая доля метаболически активных мицелиальных форм превышает долю одноклеточных актинобактерий.

В Астраханском регионе в условиях аридного экстремального климата с полупустынным ландшафтом формируются сообщества почвенных актиномицетов со специфическими свойствами.

Цель настоящих исследований – оценить фитотоксичность и инсектоакарицидную активность культуральной жидкости актиномицетов, выделенных из засоленных почв Астраханской области в качестве основы потенциальных биопрепаратов для контроля насекомых – переносчиков болезней растений.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования были выполнены в научно-производственной лаборатории биотехнологий ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» и на базе филиала ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр» по Астраханской области.

Объектами исследования служили 21 изолят актиномицетов, выделенных из засоленных почв Астраханской области.

Для проведения экспериментов изоляты стрептомицетов выращивали на плотных питательных средах: среда Гаузе №2, среда крахмально-казеиновая, агар крахмально-аммиачный, агар глицерин-агарининовый, агар глицерин-нитратный. Выращивание культур проводили в течение 7 суток при  $t=28^{\circ}\text{C}$  в термостате ТС-1/80 СПУ.

Глубинное культивирование актиномицетов проводили на аналогичных средах без использования агар-агара, на которых были выделены соответствующие изоляты. В колбы Эрленмейера вместимостью 500 мл, помещали 150 мл жидкой питательной среды. Посев производили 7-и суточной культурой со скошенного агара. Актиномицеты культивировали при температуре  $t=28^{\circ}\text{C}$  на перемешивающем устройстве. Для опытов использовали двух и трехсуточные культуры. Общее микробное число клеток в суспензии определяли методом глубинного посева на питательный агар и подсчетом клеток в камере Горяева.

В процессе культивирования на жидких питательных средах осуществлялся контроль следующих параметров: pH на pH-метре-иономере «Эксперт-001», отсутствие посторонней микрофлоры путем микроскопирования и высева на ГРМ-агар.

Микроскопирование актиномицетов проводили с использованием бинокулярного микроскопа G 380 с темнопольной и фазово-контрастной приставкой, визуализатором и фотоаппаратом.

Фитотоксичность культуральной жидкости актиномицетов проверяли в лабораторных опытах на семенах томата сорта Новичок розовый (ГОСТ Р 52171 – 2003. Партия № 243 ВСХОЗ. Масса – 0,5 г. Срок реализации – 12.2018 г.).

Экспозиция замачивания семян в трехсуточной культуральной жидкости составляла 1 час. Обработанные семена помещали по 20 штук и проращивали на увлажненных ватных дисках (по 20 мл стерильной воды) в чашках Петри. В опыте использовали 2 контрольных варианта: 1 – замачивание семян в водопроводной воде, 2 – замачивание семян в стерильной крахмально-казеиновой среде. Повторность опыта 3-кратная. Учет всхожести проводили на 7-е и 14-е сутки.

Афицидную и акарицидную активности в лабораторных условиях определяли по методике, разработанной В.А. Тереховой и др., которая основана на контактном взаимодействии препарата и тест-объекта (3). На фильтровальную бумагу, помещенную в чашку Петри диаметром 90 мм, наносили 1,5 мл исследуемого вещества (культуральной жидкости бактерий), подсаживали 20 особей тест-объектов: бахчевой (*A. gossypii* Glover.) и бобовой (свекловичной) (*A. fabae* Black.) тлей, паутиного клеща (*Tetranychus urticae* Koch.). Для обработки насекомых использовали изоляты актиномицетов, культивируемые в течение двух и трех суток в сравнительном аспекте. Учет погибших насекомых проводили через 2, 4 и 24 часа. В качестве контроля использовали водопроводную воду. Опыты проводились в трехкратной повторности.

Микроскопирование тли проводили с использованием бинокулярного микроскопа G 380 с увеличением 27х.

Инсектоакарицидную активность выражали в процентах с учетом гибели тест-объектов в контроле. Расчет инсектицидной активности осуществляли по формуле Аббота, % (при сопоставлении с контролем):  $C=100(Ba-Ab)/Aa$ , где C – процент смертности вредителей с поправкой на контроль, %;

A и a – общее число особей в опытном варианте и контроле соответственно, штук; B и b – количество погибших особей в опытном варианте и контроле соответственно, штук.

Для математического анализа полученных материалов использовали пакеты программ Excel и BioStat 2008. Статистический анализ проводили на основе расчета средних арифметических (M) и их ошибок (m). В опытах различие показателей по сравнению с контролем оценивались методами вариационной и разностной статистики по критерию Стьюдента и считались достоверными при  $P < 0,05$ .

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие ростстимулирующего, ингибирующего или нейтрального эффекта определяли, сравнивая всхожесть семян, высоту растения, длину корня в контрольном и опытных вариантах.

На 4-е сутки культивирования установлено прорастание семян томатов. На 7-е сутки наибольшее прорастание выявлено при обработке изолятами актиномицетов в №3 (50,0%), №2 (48,3%), №10 (45,0%), №11 (40,0%), №18 (38,3%) (табл. 1). Обработка изолятами №9, №12, №14, №20 показала низкую всхожесть, которая не превышала 1,7% (табл. 1).

На 14-е сутки инкубирования наибольшая всхожесть наблюдалась при обработке семян культуральными жидкостями тех же изолятов бактерий №2 (76,7%), №3 (68,3%), №10 (70,0%), №11 (71,7%), №18 (75,0%). Показатели всхожести семян были выше контрольных вариантов на 3,3 – 18,4%.

Анализ данных, полученный в результате проведения исследования, показал, что фитотоксическое действие на томаты сорта Новичок наблюдалось в вариантах опыта при обработке семян культуральной жидкостью десяти изолятов актиномицетов: №8, №9, №12, №13, №14, №15, №17, №19, №20, №21.

Биометрические показатели растений томата определяли на 21-е сутки эксперимента. В ходе опыта измеряли длину корешка и стебля, а также биомассу каждого растения вместе с семенными оболочками.

Наиболее высокие биометрические показатели растений – биомасса (15,3-17,0 мг), длина корня (3,7-5,0 см), длина стебля (2,0-2,7 см) выявлены в вариантах с изолятами актиномицетов: №2, №3, №10, №11, №18. Перечисленные изоляты также характеризовались высокими показателями всхожести семян.

Подтверждение того факта, что экзометаболиты актиномицетов, в том числе и стрептомицетов, способны повышать всхожесть и качество растений представлены в работе Бурцевой С.А. с соавторами на примере табака [17]. Обработка исследуемыми штаммами стрептомицетов, повышала массу растений на 16,9%, а длину на 4,3% по сравнению с контролем.

Кроме того, отмечено увеличение всхожести растений на 6,1%, что говорит о том, что метаболиты стрептомицетов могут быть рекомендованы для

формирования корневой системы и качества продукции.

**Таблица 1.** Влияние актиномицетов на всхожесть семян томата сорта Новичок

**Table 1.** Effect of actinomycetes on the germination of Novichok tomato seeds

№ штамма № strain	Среднее количество проросших семян, % Average number of germinated seeds, %	
	через 7 суток after 7 days	через 14 суток after 14 days
1	11,7±1,7	31,7±3,3
2	48,3±1,7	76,7±1,7
3	50,0±2,9	68,3±1,7*
4	13,3±1,7	47,4±9,7
5	6,7±1,7	45,0±2,7
6	15,7±3,4	47,8±5,0
7	15,0±2,9	51,7±1,7
8	3,0±2,9	16,7±1,7
9	0,3±0,5	27,2±9,4
10	45,0±2,9	70,0±5,0
11	40,0±5,0	71,7±6,0
12	0,7±0,3	22,3±8,6
13	8,3±1,7	21,7±1,7
14	1,0±0,6	11,7±1,7
15	11,7±3,3	18,3±1,7
16	5,0±2,9	47,4±9,7
17	10,3±0,3	21,7±1,7
18	38,3±3,3*	75,0±2,9
19	4,7±0,3	13,3±4,4
20	1,3±0,7	13,3±1,7
21	12,1±2,2	28,5±3,1
Контроль №1 Control №1	21,7±1,7	65,0±2,9
Контроль №2 Control №2	18,3±3,3	58,3±6,0

Примечание: \* – различия с контролем достоверны при  $p \leq 0,05$

Note: \* – differences with control are significant at  $p \leq 0,05$

При исследовании инсектицидной активности наименьший процент смертности насекомых при обработке двухсуточными культурами составил 41,7%, трехсуточными – 58,3%. Инсектицидная активность составила 39,8% и 55,3%, соответственно.

Через 2 часа учета был обнаружен достаточно высокий процент гибели насекомых при обработке всеми изолятами 2-х суточных культур актиномицетов, участвующих в исследовании, кроме следующих: №14 (58,3%), №15 (50,0%), №19 (41,7%), №21 (51,7%). Инсектицидная активность данных изолятов не превышала 58,3%.

Максимальная смертность бобовой (свекловичной) тли на 2 часе учета при обработке 3-х суточными культурами зафиксирована у изолятов: №1, №2, №3, №4, №6, №7, №10, №11 и составила от 90% до 100% (рис. 1).

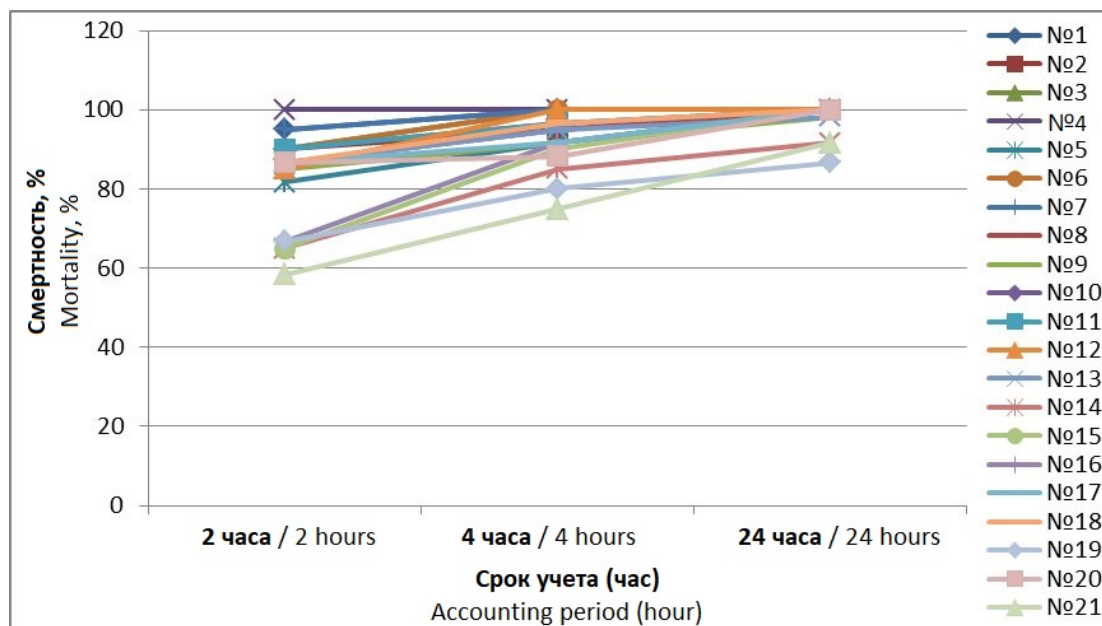
Показатель смертности бобовой (свекловичной) тли при воздействии культуральной жидкости остальных изолятов актиномицетов колебался в диапазоне от 67,0% до 86,7%. На 24 час учета наблюдалась абсолютная (100%) смертность насекомых практически во всех вариантах опыта. Инсектицидная активность также составила 100%.

Оценка афицидной активности культуральной жидкости исследуемых изолятов актиномицетов в отношении бахчевой тли (*A. gossypii*) исследовалась на вторые и третьи сутки культивирования.

В результате проведенного опыта установлено, что наибольшая смертность бахчевой тли на 2 часе учета (трехсуточные культуры) зафиксирована у изолятов: №1, №2, №4, №5 (91,7-96,7%); минимальная у изолятов №15, №19 и №21 (48,3-58,3%). Процент смертности *A. gossypii* при воздействии культуральной жидкости остальных изолятов бактерий колебался в диапазоне от 61,7% до 88,3%. Отметим, что с увеличением срока учета наблюдалось увеличение смертности насекомых в исследуемых вариантах (рис. 2). Инсектицидная активность составила 59,6% и 86,3%, соответственно.

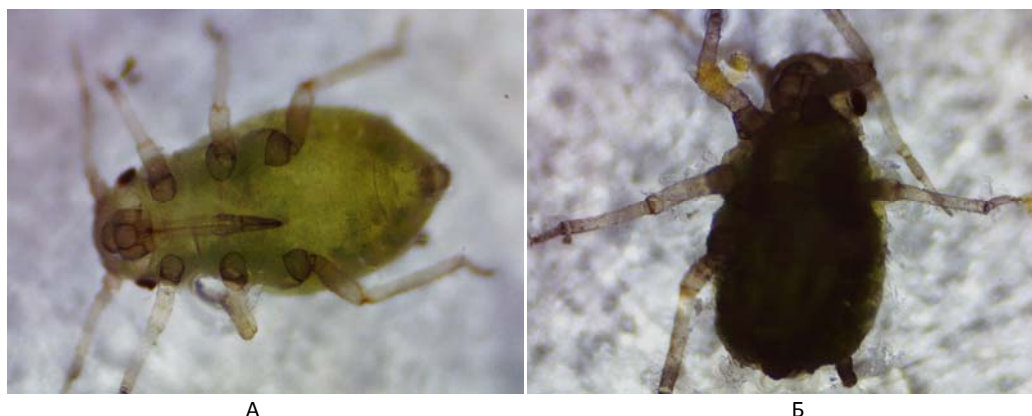
Исследование акарицидной активности изолятов актиномицетов в отношении обыкновенного паутиного клеща (*T. urticae*) на вторые и третьи сутки культивирования показало наступление гибели насекомых уже в первые часы учета. Аналогичная ситуация наблюдалась при исследовании афицидной активности.





**Рисунок 1.** Смертность *A. fabae* при обработке трехсуточной культурой актиномицетов, 2018 г.

**Figure 1.** Mortality of *A. fabae* when treated with a three-day culture of actinomycetes, 2018



**Рисунок 2.** *A. gossypii* после обработки культуральной жидкостью актиномицетов:

А – контроль, Б – опыт, 2018 г.

**Figure 2.** *A. gossypii* after treatment with actinomycetes with culture fluid:

А – control, Б – experiment, 2018

Максимальная смертность паутиного клеща на 2 часе учета (третьи сутки культивирования) зафиксирована у изолятов: №1, №2, №3, №4, №6, №7, №10, №11 (90,0-95,0%); минимальная у изолятов №14, №15, №16, №19 и №21 (58,3-65,0%). Процент смертности *T. urticae* при воздействии культуральной жидкости остальных изолятов актиномицетов колебался в диапазоне от 81,7% до 86,7%. Акарицидная активность составила 78,6% и 84,5%, соответственно.

Следует отметить, что при визуальном и микроскопическом исследовании испытуемых объектов выявлены значительные отличия обработанных культуральной жидкостью бактерий насекомых от данных представителей в контроле (рис. 2). Насекомые, подвергшиеся действию культуральной жидкости исследуемых изолятов, в отличие от контрольных, проявляли низкую активность – были

малоподвижны или абсолютно не передвигались, а лишь шевелили конечностями, располагаясь, в основном, на дне чашки.

Характер токсического действия культуральной жидкости актиномицетов на бобовую (свекловичную) тлю оказался сходен с его проявлением на бахчевой.

Афицидный эффект культуральной жидкости актиномицетов был достаточно специфичен – изоляты, которые проявляли высокую афицидную активность на *A. fabae* оказывались менее активными для *A. gossypii*, что свидетельствует о большей устойчивости последней.

В процессе исследования выявлено, что культивирование актиномицетов в течение 3 суток оказывает значительное влияние на инсектицидную активность, по сравнению с двухсуточными культурами, что, на наш взгляд, связано с более высокой

концентрацией клеток в культуральной жидкости трехсуточных культур. В культурах, инкубируемых в течение 2 суток, число клеток варьировало от  $1,3 \cdot 10^6$  до  $3,5 \cdot 10^7$ , в течение трех суток – от  $1,9 \cdot 10^8$  до  $4,6 \cdot 10^{10}$  (кл/мл).

Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что культуральная жидкость исследуемых изолятов актиномицетов обладает высокой инсектицидной активностью.

В литературе встречается большое количество сообщений о способности препаратов на основе актиномицетов, в частности, стрептомицетов, подавлять численность различных сосущих и грызущих вредителей: тлей, трипсов, клещей, белокрылок, личинок жуков и совок, а также эндо- и эктопаразитов животных. Многие авторы, изучая инсектоакарицидную и антагонистическую активности культуральной жидкости штаммов стрептомицетов, призывают более детально подходить к исследованию различных компонентов метаболитных комплексов. Например, в статье Бойковой И.В. с соавторами, представлены данные, свидетельствующие о том, что уже через 2 часа после обработки 0,1% раствором метаболитного комплекса зафиксирована гибель 90% имаго некоторых видов тлей [25].

Среди биологически активных веществ, выделенных из стрептомицетов, особое место занимают метаболиты с репеллентными и антифидантными свойствами. В Институте сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург, Россия) создан антифидантный препарат высокоэффективный в отношении колорадского жука и паутиного клеща, вызывающий 95-98% гибель вредителя на 3 суток после обработки растений [17]. Изучено, что активный компонент метаболитного комплекса содержится в липидной фракции мицелия продуцента и характеризуется высокой кишечной токсичностью. Существуют данные, свидетельствующие о том, что при низких концентрациях метаболитные компоненты актиномицетов способны ингибировать питание насекомых-вредителей.

Средства защиты растений на основе актиномицетов характеризуются достаточно высокими акарицидными свойствами. Данные препараты способны проявлять биологическую эффективность в отношении ряда насекомых (минеры, тли, трипсы, чешуекрылые), но в значительно более высоких концентрациях и нормах расхода. Отметим, что одним из известных инсектоакарицидов кишечного-контактного действия является биопрепарат «Фитоверм» (ООО НБЦ «Фармбиомед»), полученный на основе штамма *Streptomyces avermitilis*. Данный биопестицид эффективен против различных видов клещей и других вредителей (всех видов тлей, трипсов) [26; 27]. По данным ряда исследователей выявлено, что «Фитоверм» в концентрации 0,5-1% проявляет 75-100%-ю эффективность в отношении вредителей капусты: капустной моли, лугового мотылька, капустной тли, капустной совки. Препараты марки «Фитоверм» эффективны против паутиного клеща в концентрации 0,1-1,0%.

Научно доказано, что механизм действия препаратов на основе актиномицетов связан с его

контактно-кишечным действием. Попадая в организм вредителя, метаболиты, продуцируемые данной группой микроорганизмов, вызывают активный синтез нейромедатора торможения в нервных клетках беспозвоночных. В результате чего запускаются процессы, согласно опытам ряда ученых, при которых испытуемый тест-объект перестает воспринимать возбуждение и наступает паралич.

Таким образом, вторичные метаболиты актиномицетов, в том числе и стрептомицетов, представлены уникальным и разнообразным химическим составом, поэтому одной из главных задач наших дальнейших исследований является изучение компонентного состава данных изолятов актиномицетов.

В ходе работы был проведен скрининг исследуемых актиномицетов, характеризующихся отсутствием фитотоксичности и высокими показателями акарицидной и акарицидной активностей. Для дальнейших исследований отобрано 5 изолятов: №2, №3, №10, №11, №18. Исследуемые изоляты высевались на следующие питательные среды: глицерин-нитратный агар, крахмало-казеиновая среда, овсяный агар, Гаузе 1, Гаузе 2. Сравнительное изучение диагностических признаков при росте изолятов актиномицетов на данных средах проводили на 7, 14 и 21 сутки.

Принадлежность изолятов к р. *Streptomyces* предварительно определяли по наличию вегетативных гиф и наличию цепочек из нескольких неподвижных спор на воздушном мицелии. Установлено, что к семейству *Streptomycetaceae* принадлежат 2 изолята: №3 и №11. По морфологическим и физиолого-биохимическим признакам изоляты №2, №10 и №18 относятся к семейству *Nocardiaceae*.

В настоящее время из 5 отобранных изолятов актиномицетов с помощью метода секвенирования 16S ДНК в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения (ФГБНУ ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург, Пушкин) идентифицированы 2 штамма: №2 и №18, представленные видом *Nocardiaopsis umidischolae*. Амплифицированную ДНК визуализировали с помощью электрофореза в 1% агарозном геле с использованием маркера Lambda DNA/HindIII (Fermentas) для оценки размера фрагментов и количества ДНК. Определение нуклеотидной последовательности ПЦР-продуктов проводили на генетическом анализаторе ABI 3500xl (Applied Biosystems). Поиск гомологичных последовательностей и идентификацию проводили с помощью базы данных GenBank (программа BLAST).

Штамм №2 – *Nocardiaopsis umidischolae* депонирован под регистрационным номером RCAM04882, штамм №18 – *Nocardiaopsis umidischolae* депонирован под регистрационным номером RCAM04883 в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения и размещены в жидкой среде с 15% глицерином на Станции низкотемпературного автоматизированного хранения биологических образцов (Liconic Instruments, Лихтенштейн) при -80°C.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в результате проведенных исследований отселектированы пять изолятов актиномицетов, обладающих наиболее высокими показателями всхожести, афидицидной и акарицидной активностей, характеризующихся отсутствием фитотоксичности, на основе которых планируется разработка лабораторных образцов биопрепаратов для контроля широкого спектра насекомых-вредителей, повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур в различных почвенных биотопах аридной зоны.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Chung W.C., Huang J.W., Huang H.C. Formulation of a soil biofungicide for control of damping-off of Chinese cabbage (*Brassica chinensis*) caused by *Rhizoctonia solani* // Biological Control. 2005. V. 32. Iss. 2. P. 287-294. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2004.10.011
2. Ulloa-Ogaz A.L., Muñoz-Castellanos L.N., Nevárez-Moorillón G.V. Biocontrol of phytopathogens: Antibiotic production as mechanism of control. In: The battle against microbial pathogens: basic science, technological advances and educational programs. A. Méndez-Vilas (eds.). Formatex. 2015. P. 123-131.
3. Терехова В.А., Воронина Л.П., Гершкович Д.М., Ипатова В.И., Исакова Е.Ф., Котелевцев С.В., Попутникова Т.О., Рахлеева А.А., Самойлова Т.А., Филенко О.Ф. Биотест-системы для задач экологического контроля // Методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур. Москва, 2014. 48 с.
4. Costa F.G., Zucchi T.D., de Melo I.S. Biological control of phytopathogenic fungi by endophytic actinomycetes isolated from maize (*Zea mays* L.) // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2013. V. 56. N 6. P. 948-955. DOI: 10.1590/S1516-89132013000600009
5. Климова Е.В. Актиномицеты – основа новых биопрепаратов для защиты растений от вредных членистоногих (Перспективы использования актиномицетов р. *Streptomyces* для борьбы с сосущими вредителями) // Экологическая безопасность в АПК. 2004. N 3. 659 с.
6. Леманова Н.Б., Бурцева С.А., Бырса М.Н. Применение стрептомицетов, выделенных из почв Молдовы, при выращивании овощей // Селекция и семеноводство овощных культур. 2015. N 46. С. 310-316.
7. Миндубаев А.З., Сапармырадов К.А., Алимова Ф.К. Сравнение антагонистических свойств стрептомицетов из различных биотопов // Российский журнал прикладной экологии. 2016. N 3 (7). С. 28-32.
8. Abdelmohsen U.R., Grkovic T., Balasubramanian S., Kamel M.S., Quinn R.J., Hentschel U. Elicitation of secondary metabolism in actinomycetes // Biotechnology Advances. 2015. V. 33. Iss. 6. Pt. 1. P. 798-811. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.06.003
9. Лукашевич Е.О., Яковлева Е.П., Бойкова И.В. Фунгицидное действие биологически активных веществ, продуцируемых стрептомицетами // Материалы V международной научной конференции «Инновации в здоровье нации», 2017. С. 238-240
10. Taechowisan T., Lu C., Shen Y., Lumyong S. Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and their antifungal activity // Secondary Metabolites in Soil Ecology. 2005. V. 151. Pt. 6. P. 29-34. DOI: 10.1099/mic.0.27758-0
11. Khamna S., Yokota A., Peberdy J.F., Lumyong S. Antifungal activity of *Streptomyces* sp. isolated from rhizosphere of Thai medicinal plants // International Journal of Integrative Biology. 2009. V. 6. N 3. P. 143-147. DOI: 10.1186/s13568-017-0351-z
12. Khanna M., Solanki R., Lal R. Selective isolation of rare actinomycetes producing novel antimicrobial compounds // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2011. V. 2. Iss. 3. P. 357-375.
13. Pathalam G., Rajendran H.A., Appadura D.R., Munusamy R.G., Michael G.P., Savarimuthu I., Naif A.A. Isolation and molecular characterization of actinomycetes with antimicrobial and mosquito larvicidal properties // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 2017. V. 6. Iss. 2. P. 209-217. DOI: 10.1016/j.bjbas.2017.04.002
14. Joo G.-J. Production of an anti-fungal substance for biological control of *Phytophthora capsici* causing phytophthora blight in red-peppers by *Streptomyces halstedii* // Biotechnology Letters. 2005. V. 27. P. 201-205. DOI: 10.1007/s10529-004-7879-0
15. Prapagdee B., Kuekulvong C., Mongkolsuk S. Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi // International Journal of Biological Sciences. 2008. V. 4. Iss. 5. P. 330-337. DOI:10.7150/ijbs.4.330
16. Jiang J., He X., Cane D.E. Biosynthesis of the earthy odorant geosmin by a bifunctional *Streptomyces coelicolor* enzyme // Nature Chemical Biology. 2007. V. 3. Iss. 11. P. 711-715. DOI: 10.1038/nchembio.2007.29
17. Бурцева С.А., Маслоброд С.Н., Акири И.Г., Братухина А.А., Бырса М.Н. Регуляция роста растений метаболитами стрептомицетов почв Молдовы и перспективы их применения // Вестник защиты растений. 2016. N 3 (89). С. 35-37.
18. Koch E., Löffler I. Partial characterization of the antimicrobial activity of *Streptomyces antimycoticus* FZB53 // Journal of Phytopathology. 2009. V. 157. Iss. 4. P. 235-242. DOI: org/10.1111/j.1439-0434.2008.01484.x
19. Taechowisan T., Lu C., Shen Y., Lumyong S. Streptomyces: Molecular Biology and Biotechnology // Science. 2011. P. 179-194.
20. Tarkka M., Hampp R. Secondary metabolites of soil *Streptomyces* in biotic interaction. In: Secondary metabolites in soil ecology. Springer-Verlag, Berlin, 2008, P. 107-126. DOI: 10.1007/978-3-540-74543-3\_6
21. Tiwari K.L., Gupta R.K. Chapter 14 - Bioactive Metabolites from Rare Actinomycetes // Studies in natural products chemistry. 2014. V. 41. P. 419-512. DOI: 10.1016/B978-0-444-63294-4.00014-0
22. Рогожина Е.В., Самарина Л.С. Особенности культивирования штаммов стрептомицетов и получения их метаболитов // Субтропическое и декоративное садоводство. 2016. N 58. С. 100-106.
23. Сергеева О.В. Изучение действия штаммов актиномицетов рода *Streptomyces* на морковную листоблошку // Известия Санкт-Петербургского

государственного аграрного университета. 2009. N 15. С. 60-63.

24. Prabavathy V.R., Mathivanan N., Murugesan K. Control of blast and sheath blight diseases of rice using antifungal metabolites produced by *Streptomyces* sp. PM5 // *Biological Control*. 2006. V. 39. Iss. 3. P. 313-319. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2006.07.011

25. Бойкова И.В., Павлюшин В.А. Актиномицеты – основа новых биопрепаратов для защиты растений от вредных членистоногих // *Вестник защиты растений*. 2002. N 2. С. 102-105.

26. Мешков Ю.И., Яковлева И.Н., Кругляк Е.Б. Препараты марки «Фитоверм» в системе защиты культур закрытого грунта // *Теплицы России*. 2006. N 2. С. 12-15.

27. Гафурова Л.А., Каримов А., Махкамова Д.Ю., Аблакулов М. Актиномицеты в засоленных орошаемых сероземно-луговых почвах Сырдарьинского вилоята (ф/х Галаба баяутского тумана) // XI Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука - сельскому хозяйству», Барнаул, 04-05 февраля 2016 г. С. 6-68.

## REFERENCES

1. Chung W.C., Huang J.W., Huang H.C. Formulation of a soil biofungicide for control of damping-off of Chinese cabbage (*Brassica chinensis*) caused by *Rhizoctonia solani*. *Biological Control*, 2005, vol. 32, iss. 2, pp. 287-294. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2004.10.011
2. Ulloa-Ogaz A.L., Muñoz-Castellanos L.N., Nevárez-Moorillón G.V. Biocontrol of phytopathogens: Antibiotic production as mechanism of control. In: The battle against microbial pathogens: basic science, technological advances and educational programs. A. Méndez-Vilas (eds.). *Formatex*, 2015, pp. 123-131.
3. Terekhova V.A., Voronina L.P., Gershkovich D.M., Ipatova V.I., Isakova E.F., Kotelevtsev S.V., Poputnikova T.O., Rakhleeva A.A., Samoilova T.A., Filenko O.F. Biotest systems for environmental control tasks. In: *Metodicheskie rekomendacii po prakticheskomu ispolzovaniyu standartizovannykh test kultur* [Methodological recommendations for the practical use of standardized test cultures]. Moscow, 2014, 48 p. (In Russian)
4. Costa F.G., Zucchi T.D., de Melo I.S. Biological control of phytopathogenic fungi by endophytic actinomycetes isolated from maize (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2013, vol. 56, no. 6, pp. 948-955. DOI: 10.1590/S1516-89132013000600009
5. Klimova E.V. Actinomycetes – the basis of new biologics to protect plants from harmful arthropods (Prospects for the use of p. *Streptomyces* actinomycetes for controlling sucking pests). *Ehkolgicheskaya bezopasnost v APK* [Ecological safety in the agricultural sector]. 2004, no. 3, 659 p. (In Russian)
6. Lemanova N.B., Burtseva S.A., Byrsa M.N. Application of *Streptomyces* spp. extracted from soils of Moldova for vegetable growing. *Selekciya i semenovodstvo ovoshchnykh kultur* [Selection and seed production of vegetable crops]. 2015, no. 46, pp. 310-316. (In Russian)
7. Mindubaev A.Z., Saparmyradov K.A., Alimova F.K. Comparison of antagonistic properties of *Streptomyces* from biotopes. *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii* [Russian Journal of Applied Ecology]. 2016, no. 3 (7), pp.

28-32. (In Russian)

8. Abdelmohsen U.R., Grkovic T., Balasubramanian S., Kamel M.S., Quinn R.J., Hentschel U. Elicitation of secondary metabolism in actinomycetes. *Biotechnology Advances*, 2015, vol. 33, iss. 6, part 1, pp. 798-811. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.06.003
9. Lukashevich E.O., Yakovleva E.P., Boykova I.V. Fungitsidnoe deistvie biologicheskii aktivnykh veshchestv, productsiruemykh streptomitsetami [The fungicidal effect of biologically active substances produced by streptomycetes]. *Materialy V mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Innovatsii v zdorov'e natsii», 2017* [Materials of the V international scientific conference «Innovations in the health of the nation», 2017]. 2017, pp. 238-240. (In Russian)
10. Taechowisan T., Lu C., Shen Y., Lumyong S. Secondary metabolites from endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and their antifungal activity. *Secondary Metabolites in Soil Ecology*, 2005, vol. 151, part 6, pp. 29-34. DOI: 10.1099/mic.0.27758-0
11. Khamna S., Yokota A., Peberdy J.F., Lumyong S. Antifungal activity of *Streptomyces* sp. isolated from rhizosphere of Thai medicinal plants. *International Journal of Integrative Biology*, 2009, vol. 6, no. 3, pp. 143-147. DOI: 10.1186/s13568-017-0351-z
12. Khanna M., Solanki R., Lal R. Selective isolation of rare actinomycetes producing novel antimicrobial compounds. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2011, vol. 2, iss. 3, pp. 357-375.
13. Pathalam G., Rajendran H.A., Appadurai D.R., Munusamy R.G., Michael G.P., Savarimuthu I., Naif A.A. Isolation and molecular characterization of actinomycetes with antimicrobial and mosquito larvicidal properties. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 2017, vol. 6, iss. 2, pp. 209-217. DOI: 10.1016/j.bjbas.2017.04.002
14. Joo G.-J. Production of an anti-fungal substance for biological control of *Phytophthora capsici* causing phytophthora blight in red-peppers by *Streptomyces halstedii*. *Biotechnology Letters*, 2005, vol. 27, pp. 201-205. DOI: 10.1007/s10529-004-7879-0
15. Prapagdee B., Kuekulvong C., Mongkolsuk S. Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi. *International Journal of Biological Sciences*, 2008, vol. 4, iss. 5, pp. 330-337. DOI:10.7150/ijbs.4.330
16. Jiang J., He X., Cane D.E. Biosynthesis of the earthy odorant geosmin by a bifunctional *Streptomyces coelicolor* enzyme. *Nature Chemical Biology*, 2007, vol. 3, iss. 11, pp. 711-715. DOI: 10.1038/nchembio.2007.29
17. Burtseva S.A., Maslobrod S.N., Akiri I.G., Bratuhina A.A., Byrsa M.N. Regulation of plant growth by metabolites of streptomycetes of soil of Moldova and its application prospects. *Vestnik zashchity rastenii* [Bulletin of Plant Protection]. 2016, no. 3 (89), pp. 35-37. (In Russian)
18. Koch E., Löffler I. Partial characterization of the antimicrobial activity of *Streptomyces antimycoticus* FZB53. *Journal of Phytopathology*, 2009, vol. 157, iss. 4, pp. 235-242. DOI: org/10.1111/j.1439-0434.2008.01484.x
19. Taechowisan T., Lu C., Shen Y., Lumyong S. *Streptomyces*: Molecular Biology and Biotechnology. Science, 2011, pp. 179-194.
20. Tarkka M., Hampp R. Secondary metabolites of soil



- Streptomyces in biotic interaction. In: *Secondary metabolites in soil ecology*. Springer-Verlag, Berlin, 2008, pp. 107-126. DOI: 10.1007/978-3-540-74543-3\_6
21. Tiwari K.L., Gupta R.K. Chapter 14 - Bioactive Metabolites from Rare Actinomycetes. *Studies in natural products chemistry*, 2014, vol. 41, pp. 419-512. DOI: 10.1016/B978-0-444-63294-4.00014-0
22. Rogozhina Ye.V., Samarina L.S. Characteristics of cultivating streptomyces strains and producing their metabolites. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* [Subtropical and ornamental gardening]. 2016, no. 58, pp. 100-106. (In Russian)
23. Sergeeva O.V. The study of the action of strains of actinomycetes of the genus *Streptomyces* on the carrot leaf cover. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University]. 2009, no. 15, pp. 60-63. (In Russian)
24. Prabavathy V.R., Mathivanan N., Murugesan K. Control of blast and sheath blight diseases of rice using antifungal metabolites produced by *Streptomyces* sp. PM5. *Biological Control*, 2006, vol. 39, iss. 3, pp. 313-319. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2006.07.011
25. Boykova I.V., Pavlyushin V.A. Actinomycetes - the basis of new biological products to protect plants from harmful arthropods. *Vestnik zashchity rastenii* [Plant Protection News]. 2002, no. 2, pp. 102-105. (In Russian)
26. Meshkov Yu.I., Yakovleva I.N., Kruglyak E.B. Preparations of the Fitoverm brand in the system of protecting crops in closed ground. *Tepliy Rossii* [Greenhouses of Russia]. 2006, no. 2, pp. 12-15. (In Russian)
27. Gafurova L.A., Karimov A., Makhkamova D.Yu., Ablakulov M. [Actinomycetes in saline irrigated gray-earth meadow soils of the Syrdarya viloyat (farm Galaba Bayautesky fog)]. *XI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Agrarnaya nauka - sel'skomu khozyaystvu»*, Barnaul, 04-05 fevralya 2016 [XI International Scientific and Practical Conference "Agricultural Science - Agriculture", Barnaul, 04-05 February, 2016]. Barnaul, 2016, pp. 6-68. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Лилит Н. Григорян и Юлия В. Батаева исследовали инсектоакарицидную активность актиномицетов, выделенных из засоленных почв аридной территории, а также проанализировали данные; Виктор А. Шляхов, Дамеля К. Магзанова и Аделя С. Баймухамбетова изучили фитотоксичность исследуемых актиномицетов, сравнивая всхожесть семян томата, высоту растения, длину корня в контрольном и опытных вариантах. 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

Lilit N. Grigoryan and Julia V. Bataeva investigated the insect-acaricidal activity of actinomycetes isolated from saline soils in arid territory, also analyzed the data and wrote the manuscript. Viktor A. Shlyahov, Damelya K. Magzanova and Adele S. Baimukhambetova investigated the phytotoxicity of the actinomycetes studied by comparing the germination of tomato seeds, plant height and root length in control and experimental variants. 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

Лилит Н. Григорян / Lilit N. Grigoryan <https://orcid.org/0000-0002-1132-2043>  
Юлия В. Батаева / Julia V. Bataeva <https://orcid.org/0000-0003-1064-3731>  
Виктор А. Шляхов / Viktor A. Shlyahov <https://orcid.org/0000-0002-0254-8366>  
Дамеля К. Магзанова / Damelya K. Magzanova <https://orcid.org/0000-0002-4654-296X>  
Аделя С. Баймухамбетова / Adele S. Baimukhambetova <https://orcid.org/0000-0001-5788-6242>



Оригинальная статья / Original article  
УДК 332:142.4: 470.62/.67  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-113-124

## Природные ландшафты как фактор эффективного развития сельского хозяйства на Северном Кавказе

Сергей Н. Волков<sup>1</sup>, Светлана В. Савинова<sup>1</sup>, Елена В. Черкашина<sup>1</sup>, Дмитрий А. Шаповалов<sup>1</sup>,  
Виталий В. Братков<sup>2</sup>, Павел В. Ключин<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

### Контактное лицо

Павел В. Ключин, доктор  
сельскохозяйственных наук,  
профессор кафедры экономики  
недвижимости, ФГБОУ ВО  
«Государственный университет по  
землеустройству»; 105064 Россия,  
Москва, ул. Казакова, 15.  
Тел. +79647989844  
Email [klyushinpv@gmail.com](mailto:klyushinpv@gmail.com)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

### Формат цитирования

Волков С.Н., Савинова С.В., Черкашина  
Е.В., Шаповалов Д.А., Братков В.В.,  
Ключин П.В. Природные ландшафты  
как фактор эффективного развития  
сельского хозяйства на Северном  
Кавказе // Юг России: экология,  
развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 113-124.  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-113-  
124

Получена 14 января 2020 г.

Прошла рецензирование 19 марта 2020 г.

Принята 15 апреля 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Оценка природных ландшафтов Северного Кавказа с целью повышения эффективности их использования для сельского хозяйства региона на основании современных уточненных данных.

**Материал и методы.** Исследования по оценке состояния природных ландшафтов проводились современными методами, включающие в себя дистанционное зондирование с использованием системного, аналитического и сравнительно-географического методов анализа.

**Результаты.** В сельскохозяйственном отношении использование полупустынных ландшафтов лимитируется недостатком влаги. В этой связи они наиболее пригодны в качестве пастбищ (особенно зимних) и сенокосов, а также посадок бахчевых культур. В сельскохозяйственном отношении равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семиаридные ландшафты наиболее благоприятны для ведения растениеводства и основная форма использования этих ландшафтов – пашня. Равнинные теплоумеренные семигумидные ландшафты, получившие распространение в предгорьях, также довольно благоприятными для сельскохозяйственного производства.

**Заключение.** Нами установлено, чтобы повысить эффективность использования ландшафтов Северного Кавказа, необходимо их качественное зонирование с последующей разработкой агроландшафтных мероприятий.

### Ключевые слова

Россия, Северный Кавказ, природные ландшафты, мониторинг, сельское хозяйство, рекомендации.

# Natural landscapes as a factor in the effective development of agriculture in the North Caucasus, Russia

Sergey N. Volkov<sup>1</sup>, Svetlana V. Savinova<sup>1</sup>, Elena V. Cherkashina<sup>1</sup>, Dmitry A. Shapovalov<sup>1</sup>,

Vitaly V. Bratkov<sup>2</sup> and Pavel V. Klyushin<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>State University of Land Management, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

## Principal contact

Pavel V. Klyushin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Real Estate Economics, State University of Land Use Planning; 15 Kazakova St, Moscow, Russia 105064.

Tel. +79647989844

Email [klyushinpv@gmail.com](mailto:klyushinpv@gmail.com)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

## How to cite this article

Volkov S.N., Savinova S.V., Cherkashina E.V., Shapovalov D.A., Bratkov V.V., Klyushin P.V. Natural landscapes as a factor in the effective development of agriculture in the North Caucasus, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 113-124. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-113-124

Received 14 January 2020

Revised 19 March 2020

Accepted 15 April 2020

## Abstract

**Aim.** Assessment of natural landscapes of the North Caucasus in order to increase the efficiency of their use for agriculture on the basis of modern updated data.

**Material and Methods.** Research on the assessment of the state of natural landscapes was carried out by modern methods, including remote sensing using systemic, analytical and comparative geographical analysis methodologies.

**Results.** In agricultural terms, the use of semi-desert landscapes is limited because a lack of moisture. Accordingly, they are most suitable as pastures (especially in winter), haymaking, and also for the cultivation of melons. Agriculturally flat and hilly warm-temperate and moderate semi-arid landscapes are the most favorable landscapes for crop production: the main form of use of these landscapes is as arable land. Lowland temperate semi-humid landscapes, which are widespread in the North Caucasus foothills, are also quite favorable for agricultural production.

**Conclusion.** We have established that in order to increase the efficiency of use of landscapes of the North Caucasus, high-quality zoning is necessary with the subsequent development of agro-reclamation measures.

## Key Words

Russia, North Caucasus, natural landscapes, monitoring, agriculture, recommendations.

## ВВЕДЕНИЕ

Термин «Северный Кавказ» употребляется в географической литературе достаточно давно. Его естественными границами на западе и востоке являются Черное с Азовским и Каспийское моря соответственно. Северная граница в восточном секторе также является природной и проходит по Кума-Манычской впадине, тогда как в западном секторе – по линии устье Дона – р. Маныч. Южной является Главный Кавказский (Водораздельный) хребет. В этих границах площадь Северного Кавказа составляет около 270 000 км<sup>2</sup>.

Северный Кавказа относится к двум физико-географическим областям: полностью к Предкавказью и частично – к Северному Большому Кавказу, тогда как южный склон в последнее время стал по аналогии называть Южным Кавказом вместо термина «Закавказье», который употреблялся в советское время. С точки зрения физико-географического районирования Северный Кавказ не является единой таксономической единицей районирования, тем не менее, территория связана направленностью энергетического и вещественного потоков, перемещающихся от водораздела с высотами около 4000 м к Кума-Манычской впадине и Черному, Азовскому и Каспийскому морям. Это обстоятельство позволяет считать ее единым природным комплексом. Обширность территории, особенности географического положения на стыке Европы и Азии с одной стороны, и рельеф с другой, обусловили исключительное разнообразие природных условий и ландшафтов [1; 2].

На территории Северного Кавказа располагаются такие субъекты Российской Федерации, как Ростовская область, Краснодарский и Ставропольский края, а также Республика Адыгея, Карачаево-Черкесская Республика, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Республика Ингушетия, Чеченская Республика и Республика Дагестан. За исключением Ростовской области все они полностью располагаются в пределах Предкавказья или Большого Кавказа. В пределах Северного Кавказа сравнительно небольшая часть Ростовской области, расположенная южнее Кума-Манычской впадины, тогда как основная часть области относится к Нижнему Дону. С точки зрения природных ландшафтов эта часть сходна с северной частью Краснодарского края. Что касается последнего, то здесь, в отличие от остальных перечисленных субъектов, представлен не только северный, но и южный склон Большого Кавказа, где получили распространение субсредиземноморские и субтропические ландшафты, для которых характерен другой тип использования земель [3; 4].

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по оценке состояния природных ландшафтов проводились современными методами, включающие в себя дистанционное зондирование с использованием системного, аналитического и сравнительно-географического методов анализа.

## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с тем, что землепользование осуществляется в пределах административных границ, рассмотрим приуроченность природных ландшафтов к административно-территориальным образованиям. Пространственную структуру природных ландшафтов субъектов РФ, относящихся к Предкавказью и северному склону Большого Кавказа, иллюстрируют рис. 1, табл. 1. На изучаемой территории представлено 2 класса ландшафтов [5; 6]. В классе равнинных и предгорно-холмистых ландшафтов, приуроченных к Предкавказью, выделяется 4 типа и 5 подтипов ландшафтов, из них гидроморфные и субгидроморфные не являются зональными. Последние представлены как в западной, так и в восточной частях Северного Кавказа и связаны с дельтами Терека и Кубани, а также с долиной Кумы; также по долинам наиболее крупных рек они встречаются и в горах. В классе горных ландшафтов, которые располагаются на северном склоне Большого Кавказа, выделяется 6 типов и 12 подтипов ландшафтов.

*Равнинные аридные ландшафты* относятся к зональным и получили распространение на севере (Кума-Манычская низменность) и северо-востоке, в Чечне и Дагестане (Прикаспийская низменность и побережье Каспийского моря), где их площадь составляет 30881 км<sup>2</sup> (12,6%). Преобладают практически плоские поверхности с высотами до 100-200 м с господством аккумулятивных и эоловых форм рельефа. Средняя годовая температура воздуха около или выше +10-12°C. Температура самого холодного месяца, января положительная на Каспийском побережье и постепенно снижается к северу и северо-западу в Кума-Манычской впадине до Каспия до -3,5-5,0°C. Летние температуры выравниваются и поднимаются в среднем до +25,0°C. Годовое количество осадков минимально на каспийском побережье (до 250 мм) и возрастает до 350-400 мм в Кума-Манычской впадине и на равнинах Ставрополя. Максимум осадков отмечается в теплое время года, когда они носят характер ливневых дождей. Гидротермический коэффициент (ГТК) составляет в этих ландшафтах 0,4-0,6.

Почвенно-растительный покров, ввиду особенностей положения, характеризуются мозаичностью и комплексностью: имеются участки типичных пустынных и степных растительных группировок. Зачастую отличительным признаком этих ландшафтов являются каштановые почвы и их разновидности. Данный тип ландшафтов представлен одним подтипом: низменные и равнинные полупустынные и пустынные. Морфологическая структура этих ландшафтов не отличается значительным разнообразием.

В сельскохозяйственном отношении использование полупустынных ландшафтов лимитируется недостатком влаги. В этой связи они наиболее пригодны в качестве пастбищ (особенно зимних) и сенокосов, а также посадок бахчевых культур.

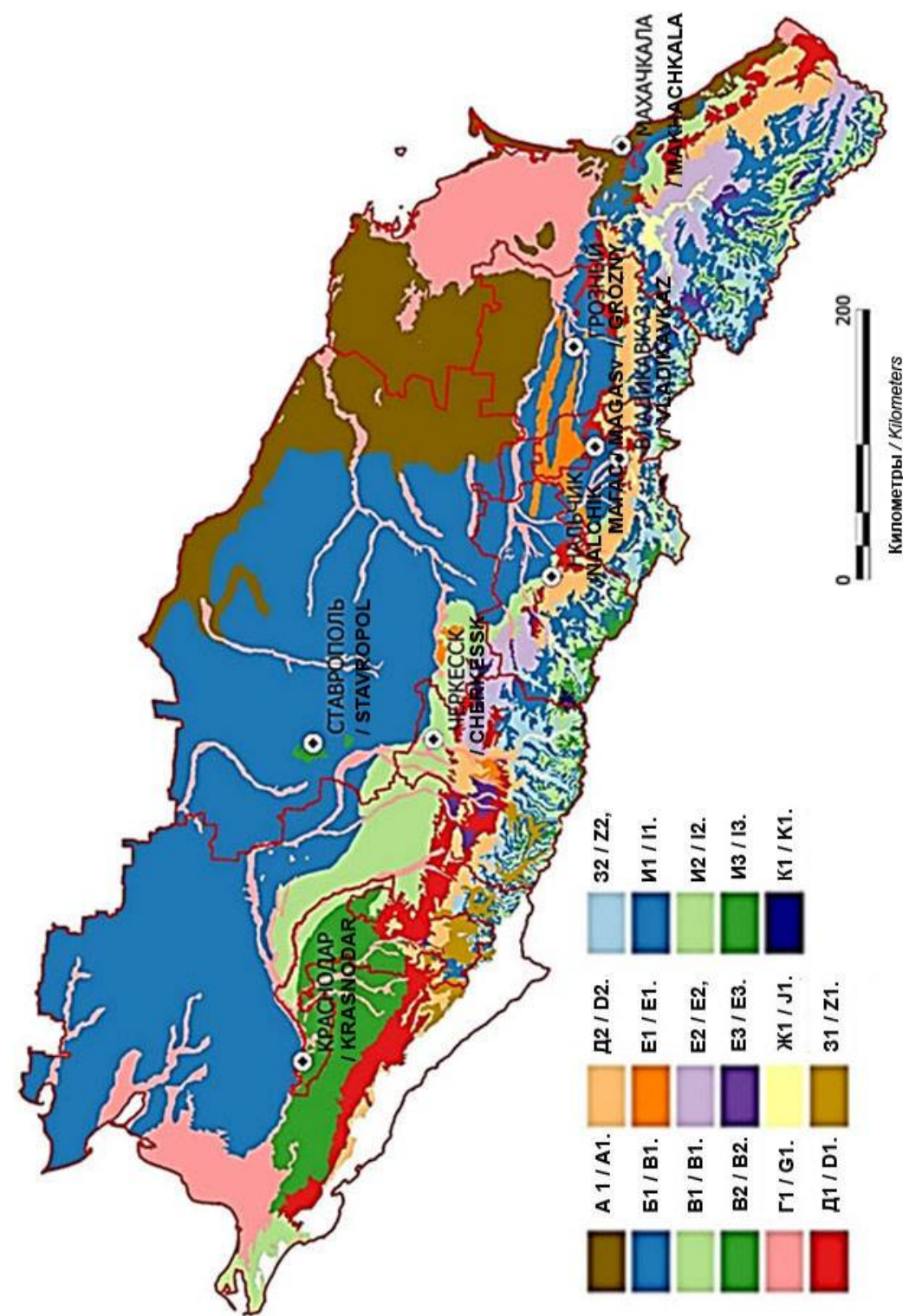


Рисунок 1. Природные ландшафты субъектов РФ (легенду смотрите в таблице 1)  
Figure 1. Natural landscapes of subjects (territorial entities) of the Russian Federation (see the legend in table 1)

**Таблица 1.** Уточненная площадь ландшафтов, получивших распространение на территории субъектов Северного Кавказа Российской Федерации (на 01.01.2020 г.)**Table 1.** Updated area of landscapes across the territory of the North Caucasus subjects (entities) of the Russian Federation (on 01.01.2020)

Типы ландшафтов Type of landscape	Подтипы ландшафтов Subtypes of landscapes	Краснодарский край Krasnodar region	Республика Адыгея Adygeya republic	Ставропольский край Stavropol region	Карачаево-Черкесская Республика Karachay-Cherkess Republic	Кабардино-Балкарская Республика Kabardino-Balkar Republic	Республика Северная Осетия-Алания Republic of North Ossetia-Alania	Республика Ингушетия Republic of Ingushetia	Чеченская Республика Chechen Republic	Республика Дагестан Republic of Dagestan	Суммарная площадь подтипа ландшафта Total area of the landscape subtype
<b>А. Равнинные умеренные аридные</b> A. Lowland temperate arid	<b>А1. Низменные и равнинные полупустынные и пустынные</b> A1. Lowland and lowland semi-desert and desert	0	0	13992	0	0	56	0	4322	12510	<b>30880</b>
<b>Б. Равнинные холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные</b> B. Hilly and lowland warm temperate and semi-arid moderate Semiramide	<b>Б1. Равнинные и холмистые степные</b> B1. Plain and hilly steppe	34940	0	44744	296	3477	2113	652	3666	1451	<b>91339</b>
<b>В. Равнинные теплоумеренные семигумидные</b> B. The lowland warm temperate semihumid	<b>В1. Предгорные лугостепные, луговые, кустарниковые и лесостепные семигумидные</b> B. Logolepsy foothill, meadow, shrub and forest-steppe Semiramide	7650	842	2312	1363	629	238	0	0	1216	<b>14250</b>
	<b>В2. Переходные к умеренным, лесные</b> B2. Transitional to moderate, forest	6710	3468	217	0	0	0	0	0	0	<b>10395</b>
<b>Г. Гидроморфные и субгидроморфные</b> G. Hydromorphic and subitramine	<b>Г1. Низменные дельтовые и пойменные</b> G1. The low-lying deltaic and floodplain	10227	818	3997	691	811	651	48	1538	10901	<b>29682</b>
<b>Равнинные ландшафты</b> Plain landscape		<b>59527</b>	<b>5128</b>	<b>65262</b>	<b>2350</b>	<b>4917</b>	<b>3058</b>	<b>700</b>	<b>9526</b>	<b>26078</b>	<b>176546</b>
<b>Д. Горные умеренные гумидные</b> D. Mountain moderate humid	<b>Д1. Нижнегорно-лесные</b> D1. Lower mountain-forest	4613	686	98	1183	559	337	368	588	2168	<b>10600</b>
	<b>Д2. Среднегорно-лесные</b> D2. Mid-mountain forest	1479	576	0	1595	1236	1315	783	2339	3817	<b>13140</b>
<b>Е. Горные умеренные семигумидные</b> E. Mountain moderate Semiramide	<b>Е1. Горно-котловинные лесокустаниково-луго-степные</b> E1. mountain-hollows lacustrineglacial	0	0	260	203	181	428	865	878	0	<b>2815</b>
	<b>Е2. Низкогорные лесные,</b>	0	0	441	1069	1085	0	0	0	4180	<b>6775</b>



	лесокустарниковые, луговые и степные										
	E2. Low-mountain forest, forest-shrub, meadow and steppe										
	E3. Среднегорные луговые, степные, лугостепные, шибляковые и фригановые	127	32	101	606	122	0	54	199	745	1986
	E3. Mid-mountain meadow, steppe, meadow-steppe, shiblyakovie and friganovie										
<b>Ж. Горные умеренные семиаридные</b>	<b>Ж1. Горно-котловинные степные и шибляковые</b>	0	0	0	125	300	290	31	149	656	1551
J. Moderate semi-arid mountain	J1. Mountain-plain steppe and shiblakovie										
<b>З. Горные холодноумеренные</b>	<b>З1. Среднегорные лесные темнохвойные</b>	978	861	0	602	0	0	0	0	0	2441
Z. Mountain cold-tempered	Z1. Middle-mountain forest dark-coniferous										
	<b>З2. Верхнегорные лесные сосновые и березовые</b>	367	119	0	2258	415	546	184	508	1789	6186
	Z2. Upper mountain forest pine and birch										
<b>И. Высокогорные луговые</b>	<b>И1. Высокогорные субальпийские лесокустарниково-луговые</b>	451	339	0	2298	1821	998	432	1074	7008	14421
I. Alpine Lugovoi	I1. Alpine subalpine woodlands										
	<b>И2. Высокогорные альпийские кустарниково-луговые</b>	194	53	0	1442	923	741	103	282	3265	7003
	I2. Alpine high-altitude shrub-meadow										
	<b>И3. Высокогорные субнивальные</b>	1	0	0	461	791	192	108	103	550	2206
	I3. Alpine subnival zones										
<b>К. Гляциально-ниральные</b>	<b>К1. Ледники</b>	0	0	0	84	120	82	0	0	13	299
K. Glacial-Nival	K1. Glaciers										
<b>Горные ландшафты</b>		<b>8210</b>	<b>2666</b>	<b>900</b>	<b>11926</b>	<b>7553</b>	<b>4929</b>	<b>2928</b>	<b>6120</b>	<b>24191</b>	<b>69423</b>
Mountain landscape											
<b>ИТОГО:</b>											
<b>Площадь ландшафтов Северного Кавказа</b>		<b>67737</b>	<b>7794</b>	<b>66162</b>	<b>14276</b>	<b>12470</b>	<b>7987</b>	<b>3628</b>	<b>15646</b>	<b>50269</b>	<b>245969</b>
<b>TOTAL:</b>											
Area of landscapes of the North Caucasus											

Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семиаридные ландшафты наиболее широко распространены на территории Северного Кавказа, их площадь составляет 91339 км<sup>2</sup> (37,1%). Типичны они в Западном и Центральном Предкавказье, тогда как в восточной его части они занимают узкую полосу между полупустынными ландшафтами каспийского побережья и низкогорными хребтами Большого Кавказа. Для них характерен слабовсхолмленный равнинный рельеф, осложненный аккумулятивными, эрозионными и денудационными формами.

Годовые температуры в пределах этих ландшафтов в настоящее время достигают практически повсеместно выше +10°C, а в наиболее низменных участках доходят до +12°C. Температура наиболее

холодного месяца в последние годы редко опускается ниже 0°C, хотя могут быть ее до отрицательных значений в связи с заточками холодного воздуха. Летом температура повышается до +23-26°C. Среднее годовое количество осадков изменяется от 450 до 650 мм. Минимальное количество осадков получают наиболее восточные части Предкавказья, максимальное – западные и северные. ГТК составляет 0,8-1,1.

Коренная растительность представлена группировками от богато-разнотравных дерновинно-злаковых степей в Западном и Центральном, до дерновинно-, и корневищно-злаковых в Восточном Предкавказье. Увеличение осадков и близость грунтовых вод способствуют формированию разнотравно-злаковых и злаково-разнотравных луговых степей и остепненных лугов. Под такой

растительностью зональными являются черноземы, которые дифференцируются в зависимости от подстилающих пород и условий увлажнения. Этот тип ландшафтов включает в себя один подтип: равнинные и холмистые степные.

В сельскохозяйственном отношении это наиболее благоприятные ландшафты для ведения растениеводства. По этой причине коренные ПТК остались исключительно на наиболее неудобных местоположениях. Остальные территории давно заняты посевами сельскохозяйственных культур зернового типа, поэтому основная форма использования этих ландшафтов – пашня.

*Предгорно-холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные ландшафты* располагаются на площади 24644 км<sup>2</sup> (10,0%) и типичны в Западном Предкавказье. Они представляют собой переходную полосу между Предкавказскими равнинами и горным сооружением Большого Кавказа. В Центральном Предкавказье они типичны в районе Кавказских Минеральных Вод, и, фрагментарно – в Дагестане. Отличительной особенностью рельефа этих ландшафтов является сочетание полого-наклонных равнин и останцевых массивов (Сычевы горы), а отметки высот достигают 80-850 м.

Предгорное положение обуславливает климатические особенности. Температуры воздуха здесь ниже, чем на прилегающих равнинах, а количество осадков, наоборот, больше. Средняя годовая температура воздуха находится в пределах +10°C, при этом зимой она опускается несколько ниже 0°C, тогда как летом она редко превышает +20-22°C. Количество осадков достигает 600-650 мм, а ГТК – 1,2-1,4.

Растительность представлена фрагментами сведенных дубовых и грабовых лесов и разнотравно-злаковыми и злаково-разнотравными мезофитными и ксеромезофитными разнотравными луговыми степями и остепненными лугами. Почвенный покров характеризуется распространением типичных и выщелоченных черноземов. Под былой лесной растительностью остались фрагменты серых лесных почв.

Этот тип ландшафта представлен двумя подтипами: 1 – предгорными лугостепными, луговыми, кустарниковыми и лесостепными; 2 – предгорными лесостепными и лесными. По набору элементарных ПТК эти ландшафты отличаются максимальным разнообразием среди зональных ландшафтов Предкавказья.

Равнинные теплоумеренные семигумидные ландшафты, получившие распространение в предгорьях, также довольно благоприятны для сельскохозяйственного производства. Здесь значительное разнообразие природно-территориальных комплексов: степных, лугово-степных, лугово-кустарниковых, кустарниковых и лесных, что позволяет использовать их не только под посевы сельскохозяйственных культур, но также в качестве сенокосов и пастбищ, а в последнее время – и под посадки фруктовых деревьев.

*Гидроморфные и субгидроморфные ландшафты* являются азональными, поскольку они

приурочены к нижним течениям наиболее крупных рек Кавказа: Кубани на западе и Терека на востоке и слагаются их наносами. Этот тип ландшафта занимает 29681 км<sup>2</sup> (12,1%). В силу того, что они занимают наиболее пониженные местоположения и слагаются аллювиальными отложениями, здесь близко к поверхности подходит уровень грунтовых вод, который оказывает более существенное влияние на формирование ландшафтов, чем такой зональный фактор, как климат. Поэтому здесь широко представлены ряды трансформации, связанные с положением по отношению к уровню грунтовых вод. В отличие от степных и полупустынных ландшафтов, здесь, в зависимости от положения, формируются ряды трансформации луговой растительности, а в наиболее пониженных местах – болота и солончаки. В крупных поймах осталась лесная растительность. Климатические условия сходны со смежными степными (на западе) и полупустынными (на востоке) ландшафтами. В пределах этого типа выделяется один подтип: низменные дельтовые и пойменные.

Гидроморфные и субгидроморфные ландшафты, получившие наиболее широкое распространение в приморских частях (Азовское, Черное и Каспийское), характеризуются относительно благоприятным климатом, особенно в Западном Предкавказье. Однако для них характерны азональные почвы, а также высокий уровень грунтовых вод и связанный с ними уровень засоления почвы. Все это делает их наиболее неблагоприятными по сравнению с зональными равнинными ландшафтами для целей сельскохозяйственного производства.

*Горные ландшафты* приурочены к меганитклинирию Большого Кавказа и занимают площадь 69423 км<sup>2</sup> (28,2%). Наиболее ценными из них с точки зрения ведения сельского хозяйства являются ландшафты с травяной и кустарниковой природной растительностью. Горные умеренные семигумидные и горные умеренные семиаридные ландшафты можно использовать как в качестве пашни (в случае благоприятного рельефа), так и в качестве пастбищ и горных садов. Высокогорные луговые ландшафты, на долю которых приходится 8,7% территории Северного Кавказа, традиционно используются в качестве горных пастбищ и сенокосов.

Указанные ландшафты по-разному представлены в пределах субъектов Российской Федерации. В пределах горных ландшафтов, приуроченных к северному склону Большого Кавказа, сельскохозяйственная деятельность лимитируется, прежде всего, рельефом и обусловленным им климатическими (агроклиматическими) условиями. Земледелие здесь представлено узко и локально и сосредоточено исключительно в горных котловинах и широких долинах рек, где имеются относительно выположенные участки. Наибольшее распространение здесь имеет животноводство, базой которого являются субальпийские и альпийские луга в теплое время года. Помимо пастбищ, они используются как сенокосы. Доля горных ландшафтов максимальна в Карачаево-Черкесской Республике (83,5%) и Республике Ингушетия (80,7%). В Республике Северной Осетии-Алании и Кабардино-Балкарской Республике они

сопоставимы и составляют 61,7% и 60,6% соответственно. Менее 50% территории горные ландшафты занимают в Республике Дагестан (48,1%), Чеченской Республике (39,1%) и Республике Адыгея (34,2%). Наконец, в Краснодарском крае и Ставропольском краях на них приходится лишь 12,1 и 1,4% соответственно. Преобладание горных ландшафтов обусловлено в пределах Центрального, наиболее высокогорного, сектора Большого Кавказа, тогда как на западе и востоке их площади менее половины.

Равнинные и предгорно-холмистые ландшафты являются типичными в Предкавказье. Их площадь максимальна в абсолютном и относительном выражениях в Ставропольском и Краснодарском краях: 65260 км<sup>2</sup> (98,6%) и 59527 км<sup>2</sup> (87,9%). Довольно значительную территорию равнинные ландшафты занимают в Республике Дагестан – 26077 км<sup>2</sup>, что немногим более половины ее площади. Несмотря на меньшую абсолютную площадь, в Адыгее и Чечне на равнинные и предгорно-холмистые ландшафты приходится соответственно 65,8 и 60,9% территории, при этом абсолютные их значения достигают 5128 и 9526 км<sup>2</sup>. В остальных республиках Северного Кавказа, как вытекает из вышеприведенных данных, абсолютная площадь равнинных ландшафтов гораздо меньше, а их доля в разной степени ниже половины.

Наиболее благоприятными для ведения сельского хозяйства являются, как уже отмечалось, равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные (степные) ландшафты. Их площадь максимальна в пределах Ставропольского

(44744 км<sup>2</sup>) и Краснодарского (34940 км<sup>2</sup>) краев, что составляет 67,6 и 51,6% территории. В остальных субъектах РФ площадь этих ландшафтов существенно ниже: от 3666 км<sup>2</sup> (23%) в Чеченской Республике до 295 км<sup>2</sup> (2,1%) в Карачаево-Черкессии.

Равнинные и холмистые теплоумеренные и умеренные семигумидные и семиаридные, получившие распространение в предгорьях, занимают наибольшие площади в Краснодарском крае, где их доля достигает 20%. Существенно меньшую абсолютную площадь они занимают в Республике Адыгея, но здесь они являются наиболее широко распространенными, так как их доля достигает 55%. От 5 до 10% территории эти ландшафты занимают в пределах КЧР и КБР. В Ставропольском крае, РСО-Алании и Дагестане на их долю приходится около 3%, а в остальных республиках они не представлены.

Равнинные умеренные аридные (полупустынные) ландшафты получили распространение в Ставропольском крае и Республике Дагестан, где их площадь сопоставима – 13992 и 12510 км<sup>2</sup>, а также Чеченской Республике – 4322 км<sup>2</sup>. При этом их доля также близка: от 21 до 28%.

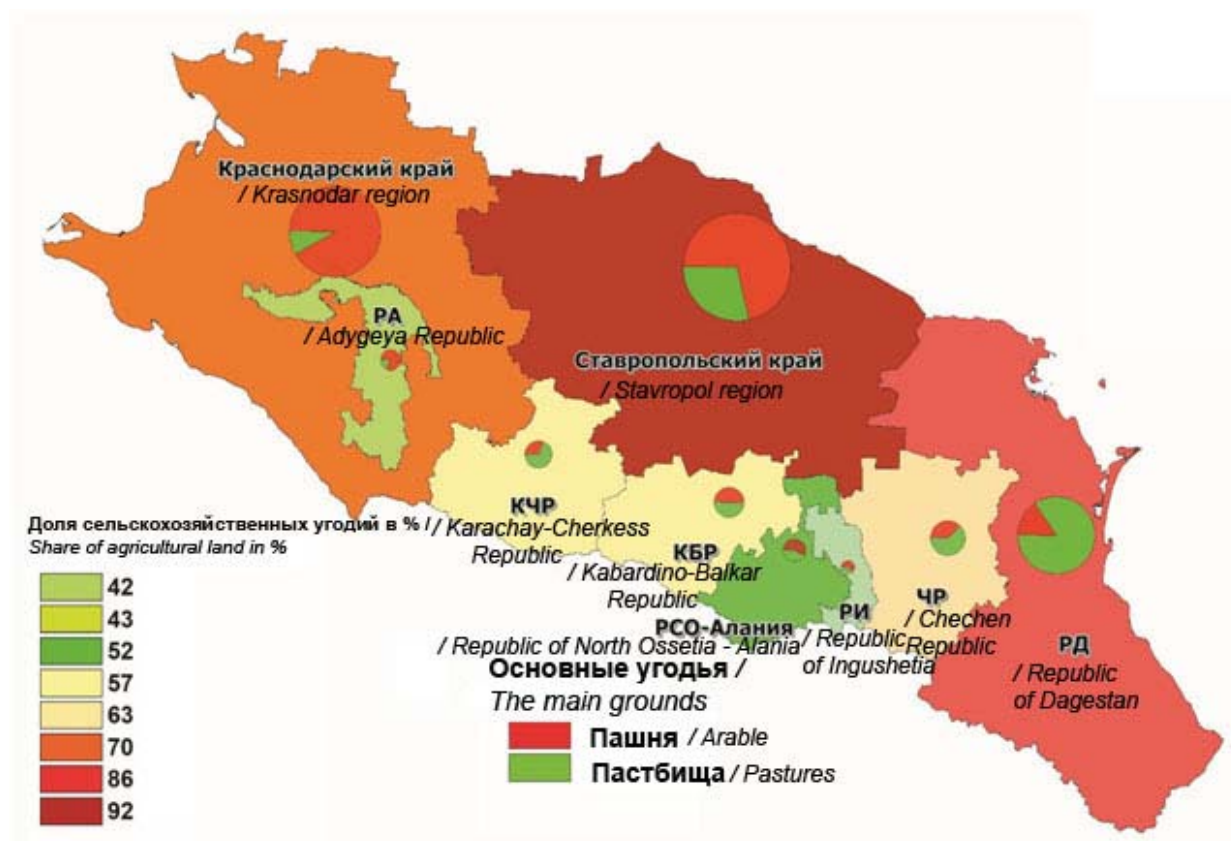
Наконец, гидроморфные и субгидроморфные ландшафты (дельтовые и пойменные), наиболее типичны в Краснодарском крае и Дагестане, где их площади сопоставимы – 10227 и 10900 км<sup>2</sup>. Довольно хорошо они выражены и на территории Ставропольского края (3997 км<sup>2</sup>), тогда как в остальных субъектах РФ представлены не столь широко как в абсолютном, так и в относительном выражении (табл. 2, рис. 2).

**Таблица 2.** Уточненное распределение земель сельскохозяйственного назначения по категориям в разрезе субъектов Северного Кавказа, тыс. га

**Table 2.** Updated distribution of agricultural land allocations by category across the subjects (territorial entities) of the North Caucasus, thousand ha

Сельско- хозяйственные угодья Agricultural land		Субъекты Федерации Territorial entities of the Russian Federation									
		Краснодарский край Krasnodar region	Республика Адыгея Adygeya republic	Ставропольский край Stavropol region	Карачаево-Черкесская Республика Karachay-Cherkess Republic	Кабардино-Балкарская Республика Kabardino-Balkar Republic	Республика Северная Осетия-Алания Republic of North Ossetia-Alania	Республика Ингушетия Republic of Ingushetia	Чеченская Республика Chechen Republic	Республика Дагестан Republic of Dagestan	Суммарная площадь Total area
Общая площадь земель сельхоз назначения	тыс. га thousand ha	4720,8	333,8	6107,1	816,9	711,5	418,7	150,9	993,3	4344,6	18597,6
Total area of agricultural land	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% от общей площади региона	% of total area of region	62,5	42,8	92,3	57,2	57,1	52,4	41,6	63,5	86,4	68,3
Пашня	тыс. га thousand ha	3733,3	237,7	3931,9	145,2	281,7	187,6	81,7	285,7	465,9	9350,7
Arable	%	79,1	71,1	64,5	17,8	39,6	44,8	54,2	28,8	10,7	50,3

	тыс. га	0,0	0,2	14,0	3,8	0,0	0,4	0,0	0,0	4,8	23,2
Залежь	thousand										
Deposit	ha										
	%	0,0	0,1	0,2	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
Многолетние насаждения	тыс. га	93,0	6,3	26,9	2,5	15,6	1,5	3,4	3,6	49,6	202,4
Perennial plantings	thousand										
	ha										
	%	2,0	1,9	0,4	0,3	2,2	0,4	2,3	0,4	1,1	1,1
Сенокосы	тыс. га	51,4	4,2	102,1	136,9	59,2	20,5	5,5	40,6	156,1	576,5
Hayfields	thousand										
	ha										
	%	1,1	1,3	1,5	16,8	8,3	4,9	3,6	4,1	3,6	3,1
Пастбища	тыс. га	340,8	54,1	1582,1	314,4	271,0	135,2	49,7	459,8	2543,2	5750,3
Pastures	thousand										
	ha										
	%	7,2	16,2	26,0	38,4	38,1	32,3	32,9	46,2	58,5	30,9
Другие угодья	тыс. га	502,3	31,3	450,1	214,1	84,0	73,5	10,6	203,6	1125,0	2694,5
Other lands	thousand										
	ha										
	%	10,6	9,4	7,4	26,2	11,8	17,5	7,0	20,5	26,0	14,5



**Рисунок 2.** Доля сельскохозяйственных угодий, %  
**Figure 2.** Share of agricultural land, %

Как видно из представленных данных, максимально в сельскохозяйственный оборот вовлечены земли на территории Ставропольского края (92,3%), а также Республики Дагестан (86,4%). Одинаковая доля сельскохозяйственной земель характерна для Краснодарского края и Чеченской Республики (около 63%). В республиках центрального сектора Северного

Кавказа доля этих земель составляет 52-57%, а в Адыгее и Ингушетии 42-43%. Однако структура земель сельскохозяйственного назначения существенно отличается по субъектам.

Пашня занимает около половины (50,3%) от общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Наибольшая площадь пашни отмечается в

пределах Ставропольского и Краснодарского краев – 3931,9 и 3733,3 км<sup>2</sup> соответственно, что составляет 58,6 и 79,1% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Пашня в Республике Дагестан занимает площадь 465,9 км<sup>2</sup>, что в несколько раз меньше, чем в Ставропольском и Краснодарском краях. В остальных субъектах федерации абсолютные площади пашни сравнительно невелики: от 81,7 км<sup>2</sup> в Ингушетии до 285,7 км<sup>2</sup> в Чечне. При этом наибольшая доля пашни характерна для Адыгеи.

*Пастбища* являются второй по значимости категорией земель, на их долю приходится 30,9% земель сельскохозяйственного назначения. В абсолютном исчислении максимальные их площади приурочены к территории Республики Дагестан (2543,2 км<sup>2</sup>) и Ставропольского края (1582,1 км<sup>2</sup>), при этом в Дагестане их доля составляет 58,5%, а на Ставрополье – 23,6%. Если на Ставрополье это преимущественно равнинные аридные (полупустынные) ландшафты, то в Дагестане это еще и горные ландшафты с травянистым характером растительности. В республиках центрального и восточного секторов Северного Кавказа доля этой категории земель изменяется от 32,3% в Северной Осетии-Алании до 46,3% в Чечне. Что касается Западного Кавказа, то здесь доля пастбищ минимальна и составляет 7,2% в Краснодарском крае и 16,2% в Адыгее, что объясняется отсутствием здесь равнинных аридных ландшафтов и небольшой площадью высокогорных луговых.

На остальные категории земель сельскохозяйственного назначения приходится менее 3%. Так, *сенокосы* занимают максимальные площади в Дагестане (156,1 км<sup>2</sup>) и Карачаево-Черкессии (136,9 км<sup>2</sup>). Несмотря на то, что на территории Ставропольского края их площадь составляет 102,1 км<sup>2</sup>, на их долю здесь приходится лишь 1,5%. Эта категория земель довольно тесно связана с пастбищами и играет существенную роль в земельных угодьях республик Северного Кавказа. Доля *многолетних насаждений* в целом по региону составляет 1,1%, при этом их площади максимальны в Краснодарском крае (93,0 км<sup>2</sup>), Дагестане (49,6 км<sup>2</sup>) и Ставропольском крае (26,9 км<sup>2</sup>), тогда как в остальных субъектах Северного Кавказа эта категория земель представлена минимально. Наконец, доля *залежи* сопоставима с ошибкой измерений – 0,1%, при этом во многих субъектах эта категория земель отсутствует [7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с точки зрения разнообразия природных ландшафтов и соответствующих им категорий земель сельскохозяйственного назначения, в целом соответствующие типам сельскохозяйственных антропогенных ландшафтов, можно констатировать, что природные предпосылки привели к тому, что данная территория максимально освоена в сельскохозяйственном отношении, и здесь получили распространение все типы ландшафтов и агроландшафтов Северного Кавказа, в связи с чем она представляет наибольший интерес для их изучения и оценки современного состояния. Для его реализации необходимо сконцентрировать усилия в четко определенных направлениях – это, прежде всего,

развитие садоводства и виноградарства, развитие мясного скотоводства, в том числе овцеводства, а также создание логистических мощностей. Анализ сезонной динамики ландшафтов и сезонного ландшафтопользования, нынешние тенденции изменений направлены в сторону углубления различий между сезонами с интенсивным использованием и «мертвым» сезоном. Так, современные изменения в использовании земель на Северном Кавказе сопровождаются усилением контрастности между ландшафтами с разным уровнем использования, главным образом, за счет большей нагрузки на близкорасположенные ландшафты в ключевые и высокочувствительные сезоны, в то время как удаленные ландшафты могут не использоваться вообще. При снижении общей нагрузки на ландшафты в пространственном масштабе резко усиливается нагрузка на отдельные ландшафтные комплексы за счет повышения длительности их эксплуатации (например, круглогодичное использование горных степей) [8-10].

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена при поддержке гранта Минобрнауки (Соглашение от «10» декабря 2019 г. № 075-15-2019-1939. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI60719X0302).

## ACKNOWLEDGEMENT

The article was prepared with the support of a grant from the Ministry of education and science (Agreement of "10" December 2019 N 075-15-2019-1939. Unique project ID RFMEFI60719X0302).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дзиев Э.О. Особенности развития и формы культурного ландшафта на территории Северного Кавказа // Молодой ученый. 2016. N 29. С. 221-223.
2. Иванов П.М., Гуня А.Н., Машкова Р.А. Состояние и динамика аридных экосистем межгорных котловин Северного Кавказа. В кн.: Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России. Гл. ред. Г.Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. С. 230-238.
3. Ключин П.В., Мусаев М.Р., Савинова С.В., Аваев Р.Т. Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Северо-Кавказского федерального округа и Республики Дагестан // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. N 10 (129). С. 23-31.
4. Гуня А.Н., Машкова Р.А., Гежаев А.М., Майборода В.И. Анализ изменений высокогорных ландшафтов Северного Кавказа в пределах горно-рекреационных центров и задачи мониторинга // Известия КБНЦ РАН. 2011. N 6(44). С. 75-83.
5. Мусаев М.Р., Шаповалов Д.А., Широкова В.А., Ключин П.В., Хуторова А.О., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования в Северо-Кавказском федеральном округе // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. N 3. С. 181-192. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-181-192
6. 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. N 1. С. 4-7.

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2013 г. N 1297. г. Москва «О федеральной целевой программе «Юг России (2014-2020 годы)»». М., 2013.

8. Волков С.Н. Современное состояние земельных отношений, землепользования и землеустройства в Российской Федерации и научное обоснование основных направлений их регулирования в АПК // Материалы к докладу на заседании Президиума Российской академии наук, 28 марта 2017 г. М.: ГУЗ, 2017. 72 с.

9. Волков С.Н., Шаповалов Д.А., Ключин П.В. Эффективное управление земельными ресурсами – основа продовольственной безопасности России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. N 4. С. 12-15.

10. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. 746 с.

#### REFERENCES

1. Dziov E.O. Features of development and forms of cultural landscape on the territory of the Northern Caucasus. *Molodoi uchenyi* [Young scientist]. 2016, no. 29, pp. 221-223. (In Russian)
2. Ivanov P.M., Gunya A.N., Mashkova R.A. State and dynamics of arid ecosystems of inter-mountain basins of the North Caucasus. In: *Sovremennoe sostoyanie i tekhnologii monitoringa aridnykh i semiaridnykh ekosistem yuga Rossii* [Current state and technologies of monitoring of arid and semiarid ecosystems in the South of Russia]. Rostov-on-Don, SSC RAS Publ., 2010, pp. 230-238. (In Russian)
3. Klyushin P.V., Musaev M.R., Savinova S.V., Avaev R.T. Rational use of agricultural lands in North Caucasian Federal District and the Republic of Dagestan. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'* [Land management, cadastre and land monitoring]. 2015, no. 10 (129), pp. 23-31. (In Russian)
4. Gunya A.N., Mashkova R.A., Gezhaev A.M., Mayboroda V.I. The analysis of changes of high-mountainous landscapes of the North Caucasus within the mountain-

recreational centers and monitoring problems. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Journal Kabardino-Balkar Scientific Centre, RAS]. 2011, no. 6(44), pp. 75-84. (In Russian)

5. Musayev M.R., Shapovalov D.A., Shirokova V.A., Klyushin P.V., Khutorova A.O., Savinova S.V. Environmental problems of agricultural land management in the North Caucasian federal district. *South of Russia: ecology, development*, 2016, vol. 11, no. 3, pp. 181-192. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-181-192

6. Klyushin P.V., Murasheva A.A., Shirokova V.A., Khutorova A.O., Savinova S.V. Ways to improve the effective use of agricultural land on the territory of the North Caucasus Federal district. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal]. 2018, no. 1, pp. 4-7. (In Russian)

7. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 26 dekabrya 2013 g. N 1297. g. Moskva «O federal'noi tselevoy programme «Yug Rossii (2014-2020 gody)»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of December 26, 2013 N 1297. Moscow "About the Federal target program" in the South of Russia (2014-2020)"]. Moscow, 2013. (In Russian)

8. Volkov S.N. *Sovremennoe sostoyanie zemel'nykh otnoshenii, zemlepol'zovaniya i zemleustroistva v Rossiiskoi Federatsii i nauchnoe obosnovanie osnovnykh napravlenii ikh regulirovaniya v APK* [Modern state of land relations, land use and land management in the Russian Federation and scientific justification of the main directions of their regulation in the agro-industrial complex]. *Materialy k dokladu na zasedanii Prezidiuma Rossiiskoi akademii nauk, 28 marta 2017* [Materials for the report at the meeting of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, 28 March, 2017]. Moscow, GUZ Publ., 2017, 72 p. (In Russian)

9. Volkov S.N., Shapovalov D.A., Klyushin P.V. Effective management of land resources-the basis of food security in Russia. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal]. 2017, no. 4, pp. 12-15. (In Russian)

10. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu»* [State report On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2016]. Moscow, Ministry of natural resources of Russia; NIA-Nature Publ., 2017, 746 p. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Сергей Н. Волков принимал участие в обработке данных и написании статьи. Светлана В. Савинова выполнила все полевые и лабораторные исследования. Елена В. Черкашина осуществляла статистическую обработку материала. Дмитрий А. Шаповалов участвовал в обработке и изготовлении графического материала статьи. Виталий В. Братков осуществил поиск исторических данных и литературный обзор. Павел В. Ключин анализировал и интерпретировал результаты исследований, подготовил рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Sergey N. Volkov took part in data processing and writing the article. Svetlana V. Savinova performed all field and laboratory studies. Elena V. Cherkashina performed statistical processing of the material. Dmitry A. Shapovalov participated in the processing and production of the graphic material of the article. Vitaly V. Bratkov carried out a search for historical data and a literary review. Pavel V. Klyushin analyzed and interpreted the research results and prepared the 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 state that there is no conflict of interest.

**ORCID**

Сергей Н. Волков / Sergey N. Volkov <https://orcid.org/0000-0002-0931-065X>

Светлана В. Савинова / Svetlana V. Savinova <https://orcid.org/0000-0003-4433-2528>

Елена В. Черкашина / Elena V. Cherkashina <https://orcid.org/0000-0002-1371-7778>

Дмитрий А. Шаповалов / Dmitry A. Shapovalov <https://orcid.org/0000-0001-8268-911X>

Виталий В. Братков / Vitaly V. Bratkov <https://orcid.org/0000-0001-5072-1859>

Павел В. Ключин / Pavel V. Klyushin <https://orcid.org/0000-0002-4221-036X>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 582.26/.27:574.9(262.5)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-125-139

## Пространственно-временные изменения макрофитобентоса бухты Круглая (Черное море)

Наталья В. Миронова , Татьяна В. Панкеева

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

### Контактное лицо

Наталья В. Миронова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, отдел биотехнологий и фиторесурсов, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН; 299011 Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2.  
Тел. +79788044819  
Email [dr.nataliya.mironova@yandex.ru](mailto:dr.nataliya.mironova@yandex.ru)  
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

### Формат цитирования

Миронова Н.В., Панкеева Т.В. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса бухты Круглая (Черное море) // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 125-139. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-125-139

Получена 13 сентября 2019 г.  
Прошла рецензирование 14 ноября 2019 г.  
Принята 15 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Провести сравнительный анализ пространственно-временных изменений макрофитобентоса на основе ландшафтного подхода в бухте Круглая за 40-летний период.

**Материал и методы.** Подводные исследования бухты Круглая проводили методом детального изучения ключевых участков дна с применением ландшафтного профилирования в летний сезон 1977 и 2018 гг. Ландшафтное картографирование акватории проведено на основе составленных профилей и интерпретационных таблиц.

**Результаты.** Впервые на основе ландшафтных карт бухты Круглая проведен сравнительный анализ качественных и количественных изменений растительной компоненты ДПК (донный природный комплекс) за более чем 40-летний период.

**Заключение.** Сравнительный анализ показал, что в составе, структуре и распространении донной растительности отмечены значительные изменения. Для ДПК подводного абразионного склона, сложенного псефитовыми отложениями характерно доминирование видов цистозир, доля которых снизилась с 76-99 (1977 г.) до 55-92% (2018 г.) общей биомассы макрофитов. Наиболее существенные изменения произошли в ДПК слабонаклонной аккумулятивной равнины, сложенной псаммитово-алевритовыми отложениями, где преобладали морские травы, при этом их вклад составлял 96-99% общей биомассы макрофитов. Здесь произошла замена zostерового фитоценоза, доминантом которого являлась *Zostera marina*, а содоминантом – *Z. noltei*, на zostеро-рдестовый фитоценоз, где преобладают *Z. noltei* и *Stuckenia pectinata*. Произшедшие перестройки в структуре и составе макрофитобентоса бухты Круглая, вероятно, связаны с влиянием как природных, так и антропогенных факторов.

### Ключевые слова

Макрофитобентос, цистозира, филлофора, zostера, донный природный комплекс, бухта Круглая, Черное море.

# Spatio-temporal changes in the macrophytobenthos of Kruglaya Bay (Black Sea)

Nataliya V. Mironova  and Tatyana V. Pankeeva

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

## Principal contact

Nataliya V. Mironova, Cand. Sci. (Biol.),  
Senior Researcher, A.O. Kovalevsky  
Institute of Biology of the Southern Seas,  
Russian Academy of Sciences, 2  
Nakhimov Ave, Sevastopol, Russia  
299011.  
Tel. +79788044819  
Email [dr.nataliya.mironova@yandex.ru](mailto:dr.nataliya.mironova@yandex.ru)  
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

## How to cite this article

Mironova N.V., Pankeeva T.V.  
Spatiotemporal changes in the  
macrophytobenthos of Kruglaya Bay  
(Black Sea). *South of Russia: ecology,  
development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp.  
125-139. (In Russian) DOI:  
10.18470/1992-1098-2020-2-125-139

Received 13 September 2019

Revised 14 November 2019

Accepted 15 January 2020

## Abstract

**Aim.** The aim of the present study is a comparative analysis of spatio-temporal changes in the macrophytobenthos of Kruglaya Bay over a 40-year period (1977-2018) using a landscape approach.

**Material and Methods.** Submarine landscape research of Kruglaya Bay was carried out in the summer of 1977 and 2018 by the method of detailed study of the bottom using landscape profiling. The landscape mapping of Kruglaya Bay waters was done based on the constructed profiles and interpretation tables

**Results.** This research presents for the first time through landscape mapping the results of a comparative analysis of qualitative and quantitative changes in the plant components of BNC (bottom natural complexes) carried out in Kruglaya Bay over a period of more than 40 years.

**Conclusions.** Comparative analysis showed that the composition, structure and distribution of bottom vegetation have marked significant changes. For the BNC upper shoreface abrasion slope composed of psephitic sediment, the dominance of *Cystoseira* species (the share of which decreased from 76-99 [1977] to 55-92% [2018] of the total biomass of macrophytes) is characteristic. The most noticeable changes in the BNC occurred in the gently dipping accumulation plain composed of silt-psammitic sediments, where the dominant community was seagrass throughout the study period with its contribution accounting for 96-99% of total macrophyte biomass. It was revealed that a change in the *Zostera*-based phytocoenoses occurred *Zostera marina* dominating with *Z. noltei* co-dominant to *Zostera-Stuckenia*-based phytocoenoses where *Z. noltei* and *Stuckenia pectinata* predominate. The changes in the structure and composition of the macrophytobenthos of Kruglaya Bay are probably associated with the influence of both natural and anthropogenic factors.

## Key Words

Macrophytes, cystoseira, phyllophora, zostera, bottom natural complexes, Kruglaya Bay, Black Sea.

## ВВЕДЕНИЕ

Бухта Круглая отличается биологическим и ландшафтным разнообразием, обилием уникальных местообитаний донной растительности, где представлены фитоценозы как морских трав, так и водорослей. Для бухты характерно наличие краснокнижных видов макрофитобентоса. Известно, что для Черного моря цистозира (*Cystoseira barbata* C. Ag. и *C. crinita* (Desf.) Bory), филлофора (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon = *Ph. nervosa* (DC) Grev.) считаются ключевыми видами водорослей, входят в состав списков Красной книги (КК) Республики Крым (РК) [1] и КК Черного моря [2]. Кроме этого, филлофора внесена в КК РФ [3] и КК Севастополя [4]. Взморники Нольта и морской (*Zostera noltei* Hornem и *Z. marina* L.), виды руппии (*Ruppia* spp.) входят в состав КК РК, при этом сообщества морских трав отнесены ЮНЕП к критическим местообитаниям Мирового океана. Сохранение морских биотопов задекларировано многими природоохранными программами, соглашениями и Конвенциями [5].

Ввиду того, что бухта Круглая имеет высокую экологическую, эстетическую и природоохранную ценность, ее изучению всегда уделялось особое внимание. Впервые бухта описана более 100 лет назад С.А. Зерновым [6], при этом картографические сведения об особенностях распределения основных видов макрофитов приведены в «Карте распределения биоценозов в Черном море у Севастополя» в 1910-1911 гг.

Известна альгологическая работа А.А. Калугиной-Гутник с коллегами [7], выполненная на открытом побережье западного мыса бухты Круглая (Омега), где выявлены тенденции в изменениях видового состава и количественном распределении фитобентоса за период с 1964 по 1990 гг. Достаточно полно изучена донная растительность мелководной части бухты Круглая (Омега), где прослежены изменения структуры фитоценозов, видового состава и биомассы макрофитов, входящих в их состав, вдоль береговой линии бухты на глубине 0-0,5 м за период с 1987 по 1997 гг. [8]. В работе С.А. Ковардакова и А.В. Празукина [9] на основе гидроботанических съемок 1989 и 2008 гг. сопоставлены структурные и почвенные характеристики фитоценозов внутренней части бухты Круглая, рассчитан самоочистительный потенциал макрофитов, оценены их запасы и потенциальная способность изъятия из воды биогенных элементов и насыщение ее кислородом. В статьях всех авторов показано, что в бухте широко представлены ключевые фитоценозы цистозир, филлофоры и зостеры.

Приморская и прибрежная зоны бухты отличаются рекреационной привлекательностью. Еще в конце XIX-начале XX вв. на ее берегах строились дачные и курортные поселки. Современное рекреационное природопользование представлено сложным комплексом стационарных объектов (санаторий, детский лагерь, гостиницы и т.д.) и различными видами купально-пляжного отдыха. Однако, активное хозяйственное освоение бухты вызывает ухудшение качества морской среды и приводит к негативным перестройкам в составе и структуре сообществ массовых видов макрофитобентоса.

В современных условиях приобретает актуальность использование ландшафтного подхода

при гидроботанических исследованиях. Впервые необходимость применения ландшафтного картографирования для изучения долговременной динамики морских донных сообществ показана в работах Е.Ф. Гурьяновой [10] и Г.У. Линдберг [11]. Согласно мнению К.М. Петрова [12], макрофиты являются индикатором своеобразия морфологических комплексов горизонтального расчленения подводных ландшафтов. Общеизвестно, что донная растительность реагирует на изменения морской среды, что позволяет использовать количественные и качественные показатели макрофитобентоса при изучении ДПК (донный природный комплекс). За последние годы в рамках этого направления выполнено картографирование и проведены исследования пространственно-временных изменений ДПК в регионе Севастополя [13-15].

Цель представленной работы: провести сравнительный анализ пространственно-временных изменений макрофитобентоса на основе ландшафтного подхода в бухте Круглая за 40-летний период (1977-2018 гг.).

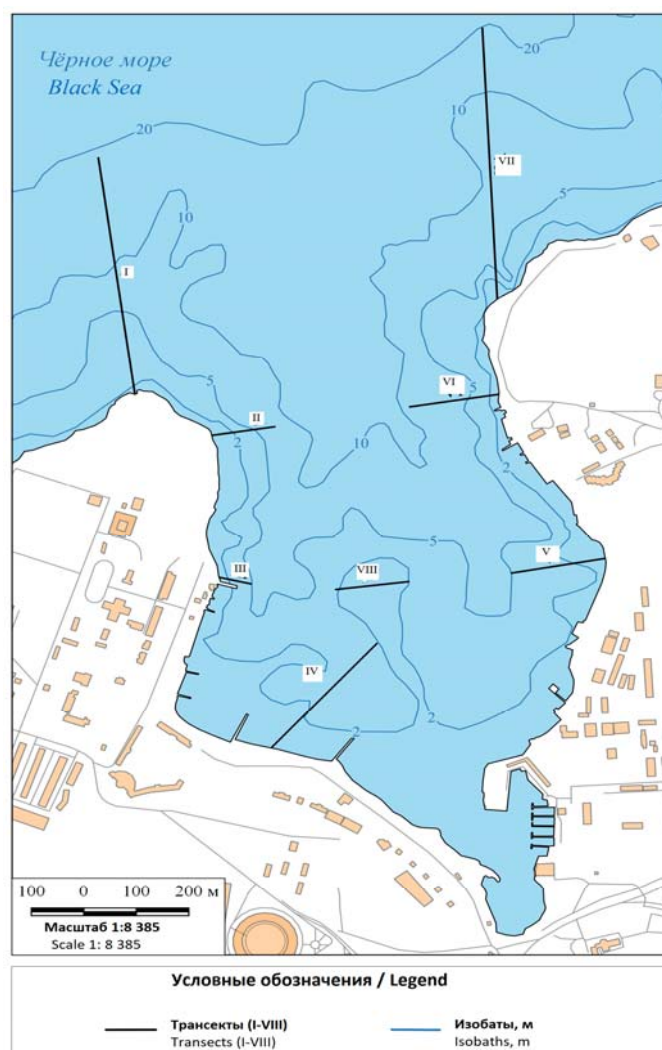
## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Бухта Круглая (Омега) расположена на северном побережье Гераклеяского полуострова между Двойной и Стрелецкой бухтами. Бухта относится к полузакрытому типу, мелководная со средней глубиной 4,5 м [9]. Длина ее береговой линии составляет около 4 км. В северной части бухты подводный склон приглубый, сложен слоистыми сарматскими известняками верхнего миоцена. На глубинах 5-9 м наблюдаются выходы известняков и песчаников в виде плит с гребнями, чередующихся с западинами, частично заполненными мелкообломочным материалом с малоомощными гравийными наносами. Южная часть бухты занята слабонаклонной аккумулятивной равниной, сложенной преимущественно песчано-илистыми отложениями, выделяется скалистая отмель с глубинами до 0,5-0,6 м. Кутовая часть бухты ранее являлась лиманом (соленым озером) и была отделена от моря песчаной пересыпью [16]. Сейчас на месте пересыпи существует песчаная отмель с глубиной 1-2 м. Донные осадки представлены илами со значительным количеством обрывков морских трав, водорослей и бытовым мусором [17].

Для изучения пространственно-временных изменений макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры дна использовали материалы двух экспедиций, проведенных в бухте Круглая летом в 1977 и 2018 гг., при этом отбор проб осуществляли по одной и той же методике и на тех же выбранных участках бухты, за исключением разреза IV (рис. 1).

При изучении ландшафтов бухты Круглая использовали общие методологические положения ландшафтоведения и известные методы исследования подводных ландшафтов [14; 15]. Работы проводили с борта маломерного судна с применением легководолазной техники. В бухте заложены восемь ландшафтных профилей (разрезов), которые расположены перпендикулярно к берегу и охватывали все типы ландшафтов (рис. 1; табл. 1). Их длина варьировала в зависимости от особенностей геолого-геоморфологического строения подводного рельефа и нижней границы обитания донной растительности.





**Рисунок 1.** Картограмма района исследований (I-VIII – номера разрезов)

**Figure 1.** Schematic map of region investigated (I-VIII – section numbers)

**Таблица 1.** Координаты, диапазон глубин и ширина фитали на гидрботанических разрезах в бухте Круглая

**Table 1.** Coordinates, depth range and width range of phytal on hydrobotanical transects in Kruglaya Bay

№ разреза Section	Координаты Coordinates		Диапазон глубин, м Depth range, m	
	Северная широта North latitude	Восточная долгота East longitude	2017-2018	1977
I	44°36'08"	33°26'13'	0,5-15	0,5-20
II	44°36'16"	33°26'26"	0,5-7(10)	0,5-5
III	44°36'06"	33°26'27"	0,5-5	0,5-5
IV	44°36'54"	33°26'31"	0,5-2,5(3)	-
V	44°36'01"	33°26'57"	0,5-5	0,5-5
VI	44°36'22"	33°26'51"	0,5-7(10)	0,5-10
VII	44°36'25"	33°27'02"	0,5-10	0,5-20
VIII	44°36'06"	33°26'41"	0,5-1	0,5-1

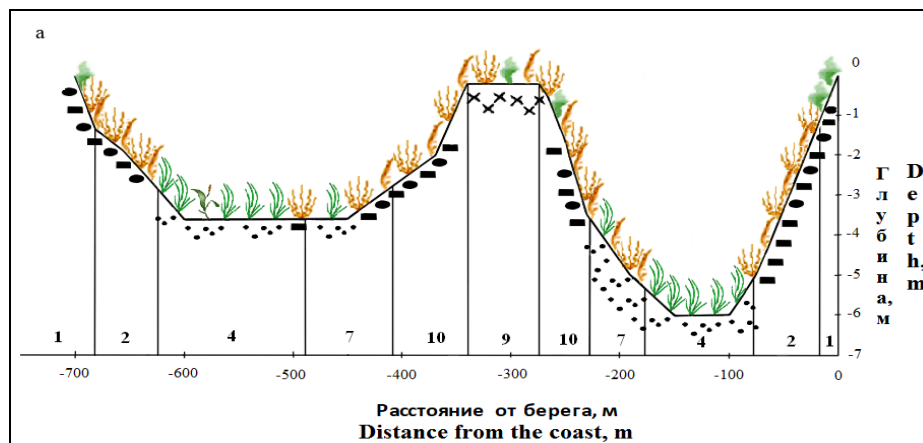
Дайвер-исследователь, снабженный дайв-компьютером, проходил вдоль мерной линии (трансекты), отмечая глубину смены ландшафта, нижнюю границу фитали, при этом выполняя фото- и видеосъемку. В зависимости от прозрачности воды радиус исследуемой площади дна вдоль трансекты составлял примерно 10-15 м. На ключевых точках, которые располагали на стандартных глубинах (0,5; 1;

3; 5; 10; 15 и 20 м), используемых при гидрботанических исследованиях, дайвер визуально описывал донные отложения, пользуясь общепринятой классификацией морских обломочных осадков по гранулометрическому составу. Для изучения состава и структуры донных фитоценозов на этих стандартных глубинах закладывали по четыре учетные площадки размером 25x25 см, при этом учитывали проективное

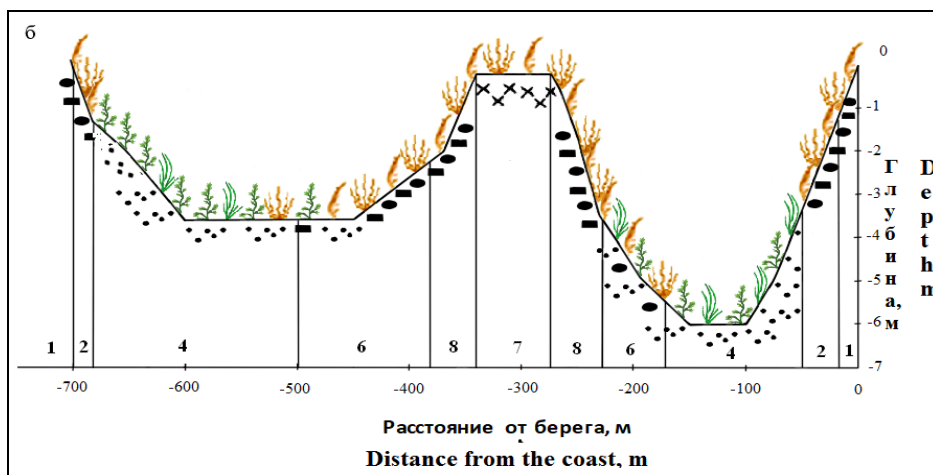
покрытие дна макрофитами. Всего заложено 34 станции, собрано и обработано 136 количественных проб по стандартной методике, применяемой в морской фитоценологии [18]. Выделение фитоценозов проводили согласно доминантной классификации по А.А. Калугиной-Гутник [18].

Информацию о донных компонентах, полученную в ходе водолазного описания, оформляли графически в виде ландшафтного профиля. В основе ландшафтного профиля лежит батиметрическая кривая, составленная в результате предварительного анализа навигационной карты и водолазного промера. На батиметрической кривой различными условными

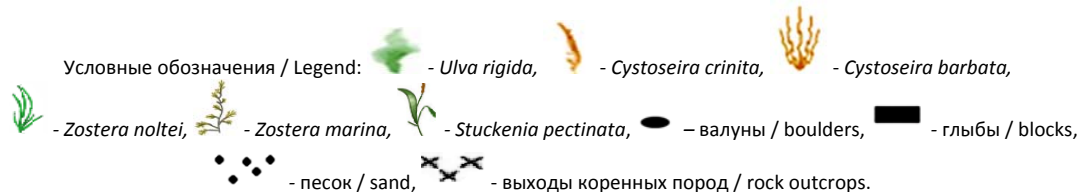
обозначениями отражали литофациальные разности донных осадков и массовые виды макрофитов. В дальнейшем выделяли однотипные участки морского дна, приуроченные к одной мезоформе рельефа, имеющие одинаковые по происхождению и составу слагающие горные породы и характерные фитоценозы. Вертикальными линиями, разделяющими профиль на серию отрезков, показывали границы ДПК. Таким образом, для бухты Круглая составлены ландшафтные профили для пятнадцати разрезов. Примеры ландшафтных профилей и схемы распределения доминирующих видов макрофитов приведены на рисунке 2.



Примечание: нумерация и описание ДПК соответствует сведениям, представленным на рисунке 3  
Note: the numbering and description of the BNC correspond to the information presented in Figure 3



Примечание: нумерация и описание ДПК соответствует сведениям, представленным на рисунке 4  
Note: the numbering and description of the BNC correspond to the information presented in Figure 4



**Рисунок 2.** Ландшафтные профили (разрезы III, V, VIII) и схема распределения доминирующих видов макрофитов в бухте Круглая: а – 2018 г., б – 1977 г.

Примечание: I-VIII – нумерация разрезов соответствует условным обозначениям, представленным на рисунке 1  
**Figure 2.** Landscape profiles (sections III, V, VIII) and the distribution pattern of the dominant macrophyte species in Kruglaya Bay: а – 2018, б – 1977

Note: I-VIII – numbering of sections corresponds to the legend presented in Figure 1

Для создания ландшафтной карты использовали программный пакет QGIS 2.18.17 и электронную основу навигационной карты. Географическую привязку границ ДПК осуществляли с помощью программы QGIS. Сопряженный анализ батиграфии, карт литологического состава и данных водолазной съемки позволили провести экстраполяцию участков дна со сходными параметрами для выделения границ ДПК. Результаты обобщения исследований ДПК бухты Круглая отражены на ландшафтных картах.

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2018 г. в ландшафтной структуре бухты Круглой выделено десять ДПК с участием доминирующих видов макрофитов: цистозир (*Cystoseira barbata* C. Ag. и *C. crinita* (Desf.) Bory), филлофоры (*Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon = *Ph. nervosa* (DC) Grev.), взморника Нольта (*Zostera noltei* Hornem) и рдеста гребенчатого (*Stuckenia pectinata* (L.) Börner = *Potamogeton pectinatus* L.). В 1977 г. в ландшафтной структуре бухты выделено восемь ДПК.

1. Глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием видов цистозир. ДПК расположен вдоль восточного и западного побережья, за исключением вершины (южной) части бухты, на глубине 0,5-1 м (рис. 3). Подводная приурезовая зона представлена слабоокатанными глыбами, валунами с незначительной примесью гальки, которые подстилаются сарматскими слоистыми известняками. Размеры обломочного материала составляют 1-1,5 м, а отдельные глыбы достигают в диаметре 2-3 м. Общая площадь этого ДПК небольшая (2,2% общей площади акватории бухты) (табл. 2). Здесь представлен фитоценоз *Cystoseira crinita* + *C. barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata* [= *Corallina mediterranea*]. Его биомасса колеблется в широком интервале, при этом наибольшая количественная величина отмечена на внешнем западном мысе (глубина 0,5 м), а наименьшая – в средней части восточного побережья (глубина 1 м) (табл. 2). На изучаемых глубинах вдоль обоих побережий доля видов цистозир довольно высокая (табл. 2). На внешнем восточном мысе изредка встречается *Phyllophora crispa*. На этом ДПК, начиная с внутреннего западного мыса, вдоль всего побережья до внутреннего восточного мыса бухты обнаружена *Ulva rigida* C. Ag., вклад которой изменяется от 0,1 до 6,9% общей биомассы макрофитов, при этом ее максимум зарегистрирован в средней части восточного побережья. Доля участия эпифитной синузии в общей биомассе макрофитов значительно варьирует, при этом наибольшая величина биомассы эпифитов отмечена на том же участке и глубине, где зарегистрированы минимальные показатели биомассы макрофитов, видов цистозир и обильно произрастает ульва (табл. 2). Среди эпифитирующих видов водорослей преобладают *Vertebrata subulifera* (C. Ag.) Kuntz. = *Polysiphonia subulifera* (0,4-16,0% общей биомассы макрофитов) и *Sphacelaria rhizoides* (Roth) C. Ag. (0,9-30,9% общей биомассы макрофитов). Характерно, что наиболее существенная доля сфацелирии, составляющая примерно половину биомассы

цистозир, на которой этот вид эпифитирует, обнаружена в средней части западного побережья бухты.

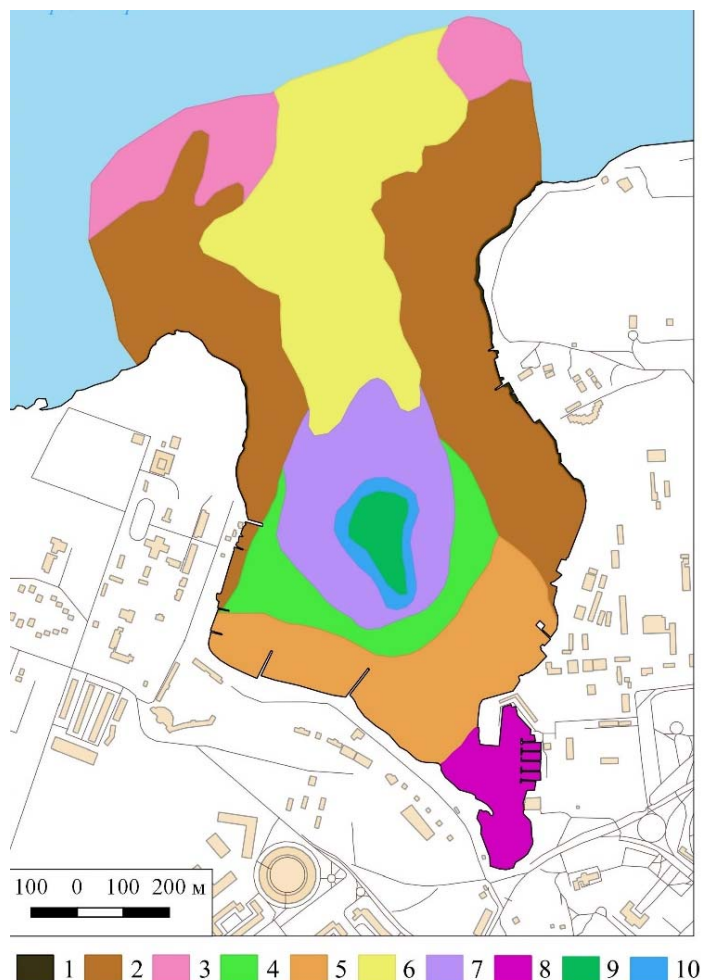
Этот ДПК с этим же фитоценозом выделяли сорок лет назад (1977-2018 гг.). В 1977 г. его площадь была в 1,6 раза меньше в связи с тем, что гидроботаническая съемка не проводилась в южной части бухты в (рис. 4; табл. 2). Биомасса макрофитов также колебалась в широком интервале, при этом ее наибольшая количественная величина отмечена на внешнем восточном мысе (глубина 1 м), а наименьшая – в средней части западного побережья (глубина 0,5 м), где из-за высокой доли гравийно-песчаных отложений, скопления макрофитов незначительные (табл. 2). Вклад видов цистозир тоже варьировал в широком диапазоне, причем максимальный показатель зарегистрирован на внешнем западном мысе на глубине 0,5 м, а минимальный – на внутреннем восточном мысе на глубине 1 м. *Phyllophora crispa* единично встречалась на внешнем западном мысе. В 1977 г. на этом ДПК *Ulva rigida* не обнаружена. В этот период вклад эпифитов в общую биомассу макрофитов был существенно ниже, чем 40 лет спустя (табл. 2). Среди них доминировала *Vertebrata subulifera* (0,4-10,6% общей биомассы макрофитов).

2. Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с преобладанием видов цистозир. ДПК описан вдоль западного и восточного побережья, за исключением вершины (южной) части бухты, на глубине 1-7(10) м (рис. 3). Подводный склон приглубый. В геологическом строении подводного берегового склона принимают участие породы верхнего миоцена, представленные сарматскими слоистыми известняками перекрытые чехлом четвертичных и современных накоплений делювиально-пролювиального и техногенного генезиса. Общая площадь этого ДПК наибольшая и составляет свыше 30% общей площади акватории бухты (табл. 2). Здесь также зарегистрирован фитоценоз *Cystoseira crinita* + *C. barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*. Его биомасса широко колеблется по глубинам и участкам. Максимальный показатель отмечен на внутреннем западном мысе на глубине 3 м, а минимальный – в этом же районе на глубине 10 м. Вклад видов цистозир на ДПК достигает высоких значений (табл. 2). Доля филлофоры в общей биомассе макрофитов на внешних и внутренних мысах обоих побережий существенно возрастает с увеличением глубины. Вклад эпифитной синузии в общую биомассу макрофитов довольно значительный, причем наибольшая величина этого показателя зарегистрирована на внешнем западном мысе на глубине 5 м (табл. 2). Среди эпифитов обильно представлены *Vertebrata subulifera* (1,5-23,2% общей биомассы макрофитов) и *Sphacelaria rhizoides* (0,4-31,5% общей биомассы макрофитов).

Этот ДПК также выделяли сорок лет назад. В 1977 г. его площадь была максимальной за весь период изучения, что связано с расширением ареала цистозирового фитоценоза до глубины 15 м (рис. 4; табл. 2). В этот период биомасса водорослей также существенно изменялась по глубинам, при этом ее

максимальная количественная величина отмечена в средней сублиторальной зоне (глубина 5 м) внешнего западного мыса, а минимальная – в нижней сублиторали (глубина 15 м) этого же мыса (табл. 2). Вклад видов цистозеры в общую биомассу макрофитов был высоким вдоль обоих побережий, незначительно варьировал. Доля участия *Phyllophora crispa* не

превышала 8% общей биомассы макрофитов. Вклад эпифитов вдоль внешних и внутренних мысов обоих побережий бухты был в 3-50 раз ниже, чем в 2018 г., среди эпифитов преобладали *Vertebrata subulifera* (1,1-11,8% общей биомассы макрофитов) и виды *Laurencia* (0,1-1,9% общей биомассы макрофитов) (табл. 2).



Условные обозначения: 1 – глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием видов цистозеры; 2 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород и с преобладанием видов цистозеры; 3 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозеры и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филофора курчавая; 4 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-псаммитовыми донными осадками, где доминирует взморник Нольта; 5 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-алевритовыми отложениями с господством сообщества морских трав (взморника Нольта и рдеста гребенчатого); 6 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-гравийными отложениями, лишенная донной растительности; 7 – слабонаклонная аккумулятивная равнина с выходами коренных пород, где разреженно встречаются виды цистозеры, а на псаммитово-алевритовом субстрате единично произрастает взморник Нольта; 8 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-пелитово-псаммитовыми донными осадками с деградированным сообществом макрофитов; 9 – вершина подводной гряды с преобладанием видов цистозеры; 10 – подводные склоны гряды, сложенные псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозеры

Legend: 1 – block-boulder blind area and outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species; 2 – upper shoreface abrasion slope consisting of psephitic sediments with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species; 3 – upper shoreface abrasion slope consisting of psephitic sediments with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species and with gravel-psammitic sediments with dominance of *Phyllophora crispa*; 4 – gently dipping accumulation plain consisting of silt-psammitic sediments with dominance of *Zostera marina*; 5 – gently dipping accumulation plain consisting of psammitic-silt sediments with dominance community of seagrass (*Zostera noltei* and *Stuckenia pectinata*); 6 – gently dipping accumulation plain consisting of psammitic-gravel sediments devoid of bottom vegetation; 7 – gently dipping accumulation plain with outcrops of bedrock where sparsely *Cystoseira* species, on of silt-psammitic sediments a single grow *Zostera noltei*; 8 – gently dipping accumulation plain consisting silt-psammitic sediments with degraded community of macrophytes; 9 – peak underwater ridge with dominance of *Cystoseira* species; 10 – upper shoreface underwater ridge with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species

**Рисунок 3.** Картограмма ландшафтной структуры дна бухты Круглая (2018 г.)

**Figure 3.** Schematic map of Kruglaya Bay seascape structure in 2018



**Таблица 2.** Изменение площади, биомассы макрофитов, доли доминирующих видов водорослей и их эпифитов в ДПК с доминированием цистозеры и филлофоры в бухте Круглая при увеличении глубины по годам  
**Table 2.** Change in area, biomass of macrophytes and proportion of dominant epiphytic species in BNC with the dominance of cystoseira and phyllophora of Kruglaya Bay with increasing depth by year

ДПК BNC	Год Year	Площадь, га Area	Глубина, м Depth, m	Биомасса макрофитов, г·м <sup>-2</sup> Biomass of macrophytes, gm·m <sup>-2</sup>	Доля, % Proportion, %		
					Цистозеры Cystoseira	Филлофоры Phyllophora	Эпифитов Epiphytic
1	2018	2,2	0,5-1	7734,8±1210,3-2906,4±370,8	91,9-55,1	0-0,3	4,6-39,7
	1977	1,4	0,5-1	981,8±292,2-6642,5±1156,7	98,5-24,1	0,1-0,3	1,0-10,8
2	2018	30,8	1-7(10)	7036,0± 876,2-1108,0±148,3	87,6-61,4	0,1-9,7	10,3-38,4
	1977	40,6	1-15	4857,0±690,0-471,4±112,5	98,9-75,7	0,2-7,4	14,4-0,2
3	2018	10,0	10-15	651,5±138,9-900,4±125,7	25,1-0	52,6-88,1	21,9-11,8
	1977	5,8	15-20	63,2±15,4-314,3±104,8	0	98,1-100	0
9-10	2018	1,5	0,5-1	4964,4±534,8-4991,6±624,7	86,4-85,0	0,2-0	11,6-12,7
	1977	1,5	0,5-1	5060,3±723,7-3722,4±547,4	85,2-89,5	0	14,8-10,5

Примечание: нумерация и описание ДПК соответствует сведениям, представленным на рисунке 3, 4

Note: the numbering and description of the BNC correspond to the information presented in Figure 3, 4

3. Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозеры и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филлофора курчавая. ДПК зарегистрирован в районе внешних мысов западного и восточного побережья на глубине от 10 до 15 м (рис. 3). Для рельефа дна характерны выходы сарматских известняков в виде плит с гребнями, здесь представлен фитоценоз *Cystoseira crinita* + *C. barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*. Межгрядовые понижения заполнены мелкообломочным материалом с включением детритуса ракуши, где зафиксирован фитоценоз *Phyllophora crispa*. Общая площадь ДПК составляет почти 10% общей площади акватории бухты (табл. 2). Биомасса макрофитобентоса колеблется в узком диапазоне, при этом ее наибольшая величина отмечена на западном мысе на глубине 15 м, а наименьшая – на восточном мысе на глубине 10 м (табл. 2). Доля видов цистозеры значительно ниже по сравнению с этим же показателем у филлофоры. Характерно, что в эпифитную синузю основной вклад вносит сезонно-зимний вид *Ectocarpus* sp. (11,8-19,3% общей биомассы макрофитов).

В 1977 г. этот ДПК был отмечен в этом же районе, но на большей глубине (рис. 4; табл. 2). Его площадь в 1,7 раза ниже, чем в 2018 г. Биомасса макрофитов невысокая, при этом господствовала *Phyllophora crispa*, тогда как *Cystoseira* spp. встречались единично. Эпифиты на этих глубинах отсутствовали.

4. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-алевритовыми отложениями, где доминирует взморник Нольта. ДПК занимает южную часть бухты на глубине 3-5 м. Для него характерна равнина, имеющая уклон к скалистой отмели, расположенной в центральной части бухты. Наклонная поверхность, в основном, сложена фракциями мелко- и среднезернистого песка. Его площадь не превышает 5% общей площади бухты (рис. 3; табл. 3). Здесь зарегистрирован фитоценоз морской

травы – *Zostera noltei*. Биомасса макрофитов при увеличении глубины возрастает вчетверо, при этом доминирует эдификатор фитоценоза (табл. 3). Доля участия *Stuckenia pectinata* в южной части бухты на глубине 3 м не превышает 6%, тогда как глубже – встречается единично. Эпифитная синузия развита слабо (табл. 3).

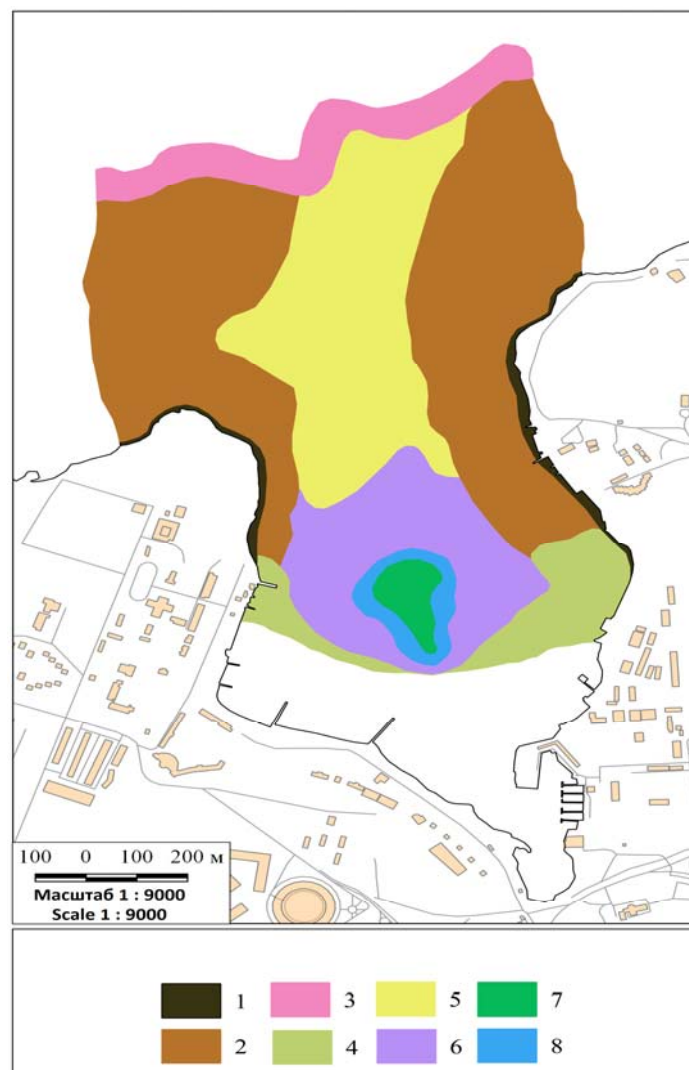
Сорок лет назад на этом участке был описан ДПК с доминированием видов взморника (морского и Нольта). В 1977 г. его площадь была вчетверо ниже в связи с тем, что гидрботаническая съемка не проводилась в южной части бухты (рис. 4; табл. 3). Здесь был представлен фитоценоз *Zostera marina* + *Z. noltei*. Биомасса высшей водной растительности была вдвое выше, чем в настоящее время. Вклад *Zostera marina* L. существенно преобладал над этим же показателем *Z. noltei*. В тот период *Stuckenia pectinata* не зафиксирована. Доля эпифитов также незначительна (табл. 3).

5. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-алевритовыми отложениями с господством сообщества морских трав (взморника Нольта и рдеста гребенчатого). ДПК отмечен в южной части бухты на глубине 0,5-3 м. Рельеф представляет выровненную поверхность с песчано-илистыми донными осадками. В приурезовой зоне наблюдается дефицит песка, преобладают валуны и крупная галька. Площадь ДПК составляет около 13% общей площади бухты (рис. 3; табл. 3). Здесь зарегистрирован фитоценоз *Zostera noltei* + *Stuckenia pectinata*. В структуре фитоценоза, помимо доминанта и содоминанта, отмечены виды *Ruppia*, единично встречается *Zostera marina*. Биомасса морских трав варьирует в узком интервале. Доля взморника Нольта вдвое выше, чем рдеста гребенчатого (табл. 3). Среди эпифитов преобладает *Laurencia obtusa* (1,4-3,5% общей биомассы макрофитов). В 1977 г. гидрботаническую съемку в этой части бухты не проводили.



6. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-гравийными отложениями, лишенная донной растительности. ДПК занимает северную центральную часть бухты на глубине 7(10)-15 м (рис. 3). Рельеф представляет выровненную

поверхность, сложенную песчано-гравийными донными осадками. Его площадь достигает около 20% общей площади бухты. Этот ДПК также регистрировали сорок лет назад (рис. 4).



Условные обозначения: 1 – глыбово-валунная отмостка и выходы коренных пород с доминированием видов цистозиры; 2 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород и с преобладанием видов цистозиры; 3 – подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозиры и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филлофора курчавая; 4 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-псаммитовыми донными осадками, с доминированием видов взморника (морского и Нольта); 5 – слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитово-гравийными отложениями, лишенная донной растительности; 6 – слабонаклонная аккумулятивная равнина с выходами коренных пород, где разреженно встречаются виды цистозиры, а на псаммитово-алевритовом субстрате единично произрастают виды взморника; 7 – вершина подводной гряды с преобладанием видов цистозиры; 8 – подводные склоны гряды, сложенные псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозиры

Legend: 1 – block-boulder blind area and outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species; 2 – upper shoreface abrasion slope consisting of psephitic sediments with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species; 3 – upper shoreface abrasion slope consisting of psephitic sediments with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species and with gravel-psammitic sediments with dominance of *Phyllophora crassa*; 4 – gently dipping accumulation plain consisting of silt-psammitic sediments with dominance of *Zostera* species; 5 – gently dipping accumulation plain consisting of psammitic-gravel sediments devoid of bottom vegetation; 6 – gently dipping accumulation plain with outcrops of bedrock where sparsely *Cystoseira* species, on of silt-psammitic sediments a single grow *Zostera* species; 7 – peak underwater ridge with dominance of *Cystoseira* species; 8 – upper shoreface underwater ridge with outcrops of bedrock with dominance of *Cystoseira* species

**Рисунок 4.** Картограмма ландшафтной структуры дна бухты Круглая (1977 г.)

**Figure 4.** Schematic map of Kruglaya Bay seascap structure in 1977

**Таблица 3.** Изменение площади, биомассы макрофитов, доли доминирующих видов и их эпифитов в ДПК с доминированием морских трав в бухте Круглая при увеличении глубины по годам

**Table 3.** Change in area, biomass of macrophytes, proportion of dominant and epiphytic species in BNC with the dominance of marine grasses of Kruglaya Bay with increasing depth over the years

ДПК BNC	Год Year	Площадь, га Area, ha	Биомасса макрофитов, г·м <sup>-2</sup> Biomass of macrophytes, gm·m <sup>-2</sup>	Доля, % proportion %			
				Взморника Нольта <i>Zostera noltei</i>	Рдеста гребенчатого <i>Stuckenia pectinata</i>	Взморника морского <i>Zostera marina</i>	Эпифитов Epiphytic
4	2018	4,7	287,3±63,4-1111,0±150,3	91,5-99,9	5,3-0	0	2,3-0,1
	1977	1,3	490,8±184,9-2569,5±809,8	2,9-38,4	0	97,1-58,6	0-2,5
5	2018	12,8	1253,4±167,3-1097,0±381,5	64,4-56,8	30,8-37,2	0	1,4-3,6

Примечание: нумерация и описание ДПК соответствует сведениям, представленным на рисунке 3, 4

Note: the numbering and description of the BNC correspond to the information presented in Figure 3, 4

7. Слабонаклонная аккумулятивная равнина с выходами коренных пород, где разреженно встречаются виды цистозир, а на псаммитово-алевритовом субстрате единично произрастает взморник Нольта. ДПК расположен в центральной части бухты на глубине 3-6 м (рис. 3). Для рельефа характерны слабоокатанные глыбы известняков (размер 0,5-1,0 м) в виде плитообразных обломков. Его площадь превышает 13% общей площади бухты. Донная растительность представлена мозаично. Этот ДПК отмечали и в 1977 г. (рис. 4).

8. Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-пелитово-псаммитовыми отложениями с деградированным сообществом макрофитов. ДПК занимает устьевую, кутовую часть бухты, представляет выровненную поверхность, сложенную илито-песчаными донными осадками. Его глубина не превышает 1-2 м. Площадь ДПК составляет около 6% общей площади бухты (рис. 3). Здесь разреженно единично встречаются угнетенные или обрывки зеленых видов водорослей и морских трав. В 1977 г. гидробиотическую съемку в этой части бухты не проводили.

9. Вершина подводной гряды с преобладанием видов цистозир. ДПК занимает центральную часть бухты и представляет скалистую отмель с глубиной 0,5-0,6 м. Площадь ДПК незначительная (0,8% общей площади бухты) (рис. 3; табл. 2). Здесь зарегистрирован фитоценоз *Cystoseira crinita* + *C. barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*. Биомасса макрофитов и вклад видов цистозир высокие. В составе фитоценоза отмечена *Ulva rigida*, доля ее участия составляет 1,5% общей биомассы макрофитов. Среди эпифитов преобладает *Sphacelaria rhizoides* (9,9% общей биомассы макрофитов).

Этот ДПК выделяли в 1977 г. (рис. 4). Величина биомассы макрофитов, вклад видов цистозир оказались соизмеримыми и практически не изменились за прошедшие сорок лет (табл. 2). В тот период в структуре фитоценоза *Ulva rigida* не зафиксирована. В эпифитной синузиде доминировала *Vertebrata subulifera* (13,4% общей биомассы макрофитов).

10. Подводные склоны гряды, сложенные псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозир. ДПК расположен вокруг подводной гряды в центральной части бухты на глубине 1 м. Рельеф характеризуется очень крутыми склонами, достигающими глубины 5 м. Площадь ДПК минимальная (0,7% общей площади бухты) (рис. 3; табл. 2). Зафиксирован фитоценоз *Cystoseira crinita* + *C. barbata* – *Cladostephus spongiosus* – *Ellisolandia elongata*. Биомасса макрофитов, вклад в ее структуру видов цистозир достаточно высокие, сравнимые с показателями на предыдущем ДПК. В составе фитоценоза также отмечена *Ulva rigida*, доля ее участия не превышает 0,7% общей биомассы макрофитов. Среди эпифитов преобладает *Sphacelaria rhizoides* (10,0% общей биомассы макрофитов).

Этот ДПК регистрировали сорок лет назад (рис. 4). Величина биомассы макрофитов была в 1,3 раза ниже, чем этот показатель в 2018 г., тогда как вклад видов цистозир был несколько выше (табл. 2). В тот период *Ulva rigida* в структуре фитоценоза не зафиксирована. В 1977 г. в составе эпифитной синузиды доминировала *Vertebrata subulifera* (7,7% общей биомассы макрофитов).

В монографической сводке А.А. Калугиной-Гутник [18] показано, что открытые берега крымского шельфа характеризуются доминированием поясного типа донной растительности. На глыбово-валунном субстрате и выходах коренных пород на глубине от 0,5 до 10 м распространены цистозировые фитоценозы, являющиеся ключевыми звеньями большинства прибрежных экосистем. Затем следует переходная полоса, где между валунами и глыбами встречаются участки с песчаными отложениями, на глубине 10-18 м встречается цистозирово-филлофоровый фитоценоз. Следующий пояс представлен филлофоровым фитоценозом, который описан на гравийно-песчаных с битой ракушей донных осадках на глубине 18-25 м. Основу растительного покрова заливов и бухт крымского побережья, для которых характерны песчано-илистые и илито-песчаные отложения, образуют фитоценозы высших цветковых растений, при этом на твердых включениях произрастают водоросли [18]. Однако, геолого-геоморфологическое строение дна нарушает поясное распределение макрофитобентоса. Кроме этого, многолетнее изучение

донной растительности у берегов Крыма, в том числе и в бухте Круглая, за последние полвека выявили существенные структурные перестройки фитоценозов, их трансформацию, а также вертикальное изменение глубин обитания отдельных видов [7; 8; 19].

Так, в работе А.А. Калугиной-Гутник с соавторами [7] отмечены значительные изменения в видовом разнообразии и количественных показателях макрофитов за более чем четверть века. В результате сравнительного анализа показано, что донная растительность в 1964 г. имела сходство с макрофитобентосом, встречающимся у открытых и чистых берегов Черного моря, тогда как в 1990 г. зарегистрирован более разнообразный видовой состав водорослей, что характерно для прибрежных районов со средней степенью загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками. И.К. Евстигнеева и Н.В. Николенко [8] на основании изучения видового состава, структуры и биомассы фитоценозов также косвенно подтвердили относительную чистоту прибрежных вод бухты Круглая в конце 70-х гг. прошлого века. В работе показано, что за период с 1987 по 1997 гг. эвтрофирование воды в бухте заметно возросло в связи с увеличением антропогенной нагрузки [7]. Авторы отмечали, что в 1987 г. средняя биомасса цистозирового фитоценоза на западном побережье бухты примерно в 1,3 раза ниже, чем на противоположном, что связано с отличиями в экологических условиях среды обитания и степени антропогенного воздействия. Спустя 10 лет эта тенденция сохранилась, хотя в количественном отношении уже менее выраженная. Согласно гидробиотической съемки, проведенной в 2018 г., биомасса цистозирового фитоценоза на внутренних мысах западного и восточного побережья бухты колебалась в пределах 7036,0-2368,3 и 6483,8-2504,4 г·м<sup>-2</sup> соответственно. Таким образом, в настоящее время варьирование биомассы фитоценозов у обоих берегов, в целом, оказалось сходным, что связано с увеличением хозяйственной нагрузки на восточный берег.

Первые картографические сведения об особенностях распределения основных видов макрофитов в бухте Круглая приведены на «Карте распределения биоценозов в Черном море у Севастополя», составленной коллективом ученых и рыбаков во главе с С.А. Зерновым [6] в 1910-1911 гг. На карте показано, что в бухте основными биотопами являются биоценоз скал, плит и биоценоз песчано-илистых с битой ракушкой донных отложений. В районе входных мысов, вдоль обоих побережий, в центре на отмели, а также фрагментарно в южной части бухты обильно встречаются виды цистозир. В южной и средней части бухты на рыхлом субстрате зарегистрированы заросли морских трав. В центральной северной части бухты на гальке и песке донная растительность отсутствовала. Кутовая часть бухты в то время была представлена соленым озером. Сравнительный анализ картографической информации и современных материалов гидробиотической съемки выявил, что в бухте сохранились те же доминирующие виды макрофитов и, в целом, за более чем 100 лет распределение донной растительности оказалось

сходным, лишь изменились площади ареалов господствующих видов макрофитов.

Проанализировав пространственное распределение количественных показателей макрофитобентоса на основе ландшафтного подхода в бухте Круглая за период с 1977 по 2018 г., выявлено, что в составе донной растительности произошли отрицательные изменения. Анализ направленности многолетних изменений фитоценоза показал подъем нижней границы произрастания многих глубоководных видов, сужение границ фитали, отрицательная трансформация состава и структуры фитоценозов, снижение биомассы ключевых видов макрофитов.

Сравнение биомассы макрофитов ДПК глыбово-валунной отмости с выходами коренных пород и доминированием видов цистозир показал, что в 2018 г. их наибольшая и наименьшая величина примерно в 1,2 раза выше, чем эти показатели в 1977 г. (табл. 2). Тем не менее, за этот период максимальный вклад цистозир уменьшился, при этом значительно возросла доля эпифитирующих видов водорослей. Минимальная биомасса цистозирового фитоценоза, зарегистрированная в 1977 г., отмечена в средней части западного побережья на глубине 0,5 м. В тот период на этом участке, начиная с глубины 1 м, обильно встречалась *Zostera marina*, приуроченная к песчано-илистым донным отложениям, а на глубине 0,5 м отмечена высокая доля песчано-гравийных прогалов (рис. 26). В 2018 г. в этом районе морские травы стали произрастать только с глубины 3 м, что свидетельствует о смещении рыхлых наносов и обнажении коренных пород (рис. 2а). Аналогичный процесс произошел и в средней части восточного побережья. В 1977 г. *Zostera marina* зарегистрирована на глубине 3 м, тогда как в 2018 г. – высшая водная растительность отмечена начиная с глубины 5 м (рис. 2).

Известно, что с повышением загрязнения прибрежных вод структура донных фитоценозов усложняется, биомасса видов цистозир снижается, а эпифитирующих на них водорослей – увеличивается [18]. В пользу этого утверждения свидетельствует массовое появление *Ulva rigida* в составе фитоценозов этого ДПК, при этом ее максимум зарегистрирован в средней части восточного побережья на глубине 1 м, где отмечена наибольшая величина биомассы эпифитов и наименьшая – видов цистозир, что, вероятно, связано с активным освоением береговой зоны (табл. 2).

Сходные изменения выявлены в составе донной растительности ДПК вершины подводной гряды, где преобладают виды цистозир и ДПК подводного склона гряды, сложенного псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозир. Здесь в структуре цистозировых фитоценозов также появилась ульва, которая не зарегистрирована в 1977 г.

За период исследования (1977-2018 гг.) отмечены изменения не только в границах контура ДПК подводного берегового абразионного склона, сложенного псефитовыми отложениями с выходами коренных пород и с преобладанием видов цистозир, но и в качественных и количественных показателях макрофитобентоса. Так, максимальная биомасса

цистозирового фитоценоза в 2018 г. примерно в полтора раза превышает эту величину, зарегистрированную в 1977 г. (табл. 2). Увеличение плотности зарослей цистозир в верхней сублиторальной зоне на глубине от 0,5 до 3 м свидетельствует о смещении ее эколого-фитоценотического оптимума, который ранее был приурочен к глубине 3-5 м [18]. В конце прошлого столетия подобные изменения описаны для цистозировых фитоценозов прибрежий Крыма и Кавказа [19; 20].

В 1977 г. площадь этого ДПК в 1,3 раза больше, чем сорок лет спустя, что связано с расширением ареала цистозирового фитоценоза до глубины 15 м (табл. 2). На этой глубине биомасса фитоценоза была низкой, хотя вклад видов цистозир достигал 90,1% общей биомассы макрофитов. В тоже время за сравниваемый период биомасса цистозировых фитоценозов на глубине 10 м оказалась соизмеримой и составляла  $1086,6 \pm 127,3$  (1977 г.) и  $1108,0 \pm 148,3$  (2018 г.) соответственно.

В настоящее время цистозировые фитоценозы характеризуются декумбацией ярусов, снижением роли видов 1 и 2-го ярусов и обильным развитием эпифитных синузий [19; 20]. Так, если в 1977 г. вклад эдификатора 2-го яруса *Cladostephus spongiosus* варьировал от 0,3 до 71,8%, то к 2018 г. доля этого вида не превышала 3% общей биомассы. Существенное возрастание роли эпифитов, вероятно, является откликом цистозирового фитоценоза на повышение уровня трофности вод из-за возросшей антропогенной нагрузки, поскольку эти водоросли имеют более высокую скорость роста и большую удельную поверхность слоевищ, которая способна поглощать биогены, по сравнению с видами цистозир и филлофоры [21].

За исследуемый период ДПК подводного берегового абразионного склона, сложенного псефитовыми отложениями с выходами коренных пород с доминированием видов цистозир и с чередованием гравийно-псаммитовых отложений, где преобладает филлофора курчавая, также изменил границы контура. В 1977 г. этот ДПК регистрировали на глубине 15-20 м, то через 40 лет – на глубине 10-15 м, а глубже в настоящее время донная растительность отсутствует. Увеличение биомассы макрофитобентоса на мелководье и его деградация в глубоководной зоне в условиях возрастающего эвтрофирования водных масс характерна для многих участков крымского побережья [19]. В современных условиях отмечено смещение нижней границы произрастания филлофоры ближе к берегу, тогда как еще в 1977 г. она образовывала массовые скопления на глубине 15-20 м (табл. 2). Этот вид стал играть заметную роль в структуре цистозировых фитоценозов, в которых ранее встречался лишь единично [19].

Наиболее существенные изменения произошли на ДПК слабонаклонной аккумулятивной равнине, сложенной псаммитово-алевритовыми отложениями, где доминирует взморник Нольта. В структуре макрофитобентоса исследуемой части бухты произошла замена zostеронового фитоценоза, доминантом которого являлась *Zostera marina*, а

содоминантом – *Z. noltei*, на zostероно-рдестовый фитоценоз, где преобладают *Z. noltei* и *Stuckenia pectinata*. Исчезновение *Z. marina* и появление *S. pectinata* свидетельствует об увеличении степени заиления донных осадков [22]. Следует отметить, что в настоящее время, степень заиления дна снижается по мере удаления от берега. Так, в центральной части бухты на глубине 1-5 м сосредоточены практически «чистые» заросли взморника Нольта, тогда как рдест гребенчатый встречается лишь изредка, при этом ближе к берегу его доля существенно возрастает (табл. 3). Согласно А.А. Калугиной-Гутник [18], *Z. noltei* не произрастает в кутовой части бухт, где имеется подток пресных вод. Увеличение степени заиления южной мелководной части бухты Круглая согласуется со сведениями С.В. Алемова с соавторами [17], которые отмечают, что в вершинную (кутовую) часть акватории выведены стоки (аварийной канализации и ливневых вод), вызывающие распреснение и повышение количества взвешенных частиц, растворенной органики, содержания нефтепродуктов.

Аналогичное повышение численности и биомассы *Z. noltei* и *Ruppia* spp. и снижение этих показателей у *Z. marina* ранее отмечено в бухте Казачья, входящей в систему Севастопольских бухт, что косвенно свидетельствовало о повышении уровня нарушенности экотопа, поскольку произошла замена вида с конкурентной стратегией на виды-рудералы [22].

Таким образом, сравнительный анализ состава и биомассы фитоценозов бухты Круглая позволил установить особенности трансформации сообществ макрофитобентоса в условиях возрастающего эвтрофирования. Изучение донной растительности и ключевых видов макрофитов с учетом ландшафтной структуры дна показали отрицательные изменения в составе и структуре макрофитобентоса за период с 1977 по 2018 г., при этом особенно выраженная негативная трансформация его зафиксирована в нижней сублиторальной зоне на глубине 15-20 м.

К отрицательным антропогенным факторам, вызывающим перестройку растительной компоненты ДПК, большинство исследователей относят эвтрофикацию и снижение прозрачности воды [19; 20]. Ряд авторов добавляют природные факторы, такие как изменение климата, приводящее к изменениям температуры воды и режима ее циркуляции, усилению волновой активности и колебаний уровня моря [23].

В тоже время, по данным С.В. Алемова с соавторами [17] бухта Круглая является наименее загрязненной нефтяными углеводородами из бухт Севастопольского взморья. Авторы утверждают, что к концу века и в настоящее время, несмотря на возросшую рекреационную нагрузку, донные биоценозы бухты, в основном, не изменились, в них преобладают виды, характерные для «чистых» прибрежных биотопов. В работе показано, что по видовому разнообразию и показателям обилия донной фауны бухта Круглая превосходит все портовые акватории Севастополя и соответствует незагрязненным участкам побережья.

В целом, мы согласны с мнением этих авторов. В пользу этого утверждения свидетельствуют сохранность цистозировых фитоценозов и



относительно высокие показатели биомассы макрофитов, доли видов цистозеры (табл. 2). Это также согласуется с высказанным ранее предположением о восстановлении структуры и увеличении количественных характеристик цистозеры в прибрежной мелководной зоне в условиях слабого загрязнения и умеренной рекреационной нагрузки [19].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период исследований (1977-2018 гг.) в ландшафтной структуре бухты Круглая выделены ДПК с участием доминирующих видов макрофитов (*Cystoseira crinita*, *C. barbata*, *Phyllophora crispa*, *Zostera noltei*). Показано, что для глыбово-валунной отмости, подводного абразионного склона, гряды, сложенных псефитовыми отложениями с выходами коренных пород, характерно доминирование видов цистозеры, доля которых снизилась с 76-99 (1977 г.) до 55-92% (2018 г.) общей биомассы макрофитов. За прошедшее время структура цистозерового фитоценоза значительно усложнилась. В его составе зарегистрированы зеленые виды водорослей (*Ulva rigida*), возросла роль эпифитных синузид, что свидетельствует о повышении степени эвтрофирования изучаемой акватории. Площадь этих ДПК снизилась в 1,3 раза общей площади бухты. Это связано с тем, что в 1977 г. цистозероый фитоценоз простирался до глубины 15 м, тогда как в 2018 г. их граница проходит на глубине 10 м.

В течение всего периода изучения в центральной и южной части бухты преобладали морские травы, их вклад составлял 96-99% общей биомассы макрофитов. На этих участках акватории на слабонаклонной аккумулятивной равнине, сложенной псаммитово-алевритовыми отложениями выявлены наиболее существенные изменения ДПК. В структуре макрофитобентоса исследуемой части бухты произошла замена zostероого фитоценоза, доминантом которого являлась *Zostera marina*, а содоминантом – *Z. noltei*, на zostероо-рдестовый фитоценоз, где преобладают *Z. noltei* и *Stuckenia pectinata*. Исчезновение *Z. marina* и появление *S. pectinata* свидетельствует об увеличении степени заиления донных осадков. Площадь этих ДПК не превышает четверти общей площади акватории.

Проанализировав пространственное распределение макрофитобентоса в бухте на основе ландшафтного подхода за более чем 40 лет, выявлено, что перестройка в структуре фитоценозов и изменение биомассы ключевых видов макрофитов, вероятно, связаны как с увеличением антропогенной нагрузки на акваторию, так и влиянием природных факторов. Комплексное воздействие этих факторов, приводит к деградации донной растительности, которая наиболее выражена в нижней сублитеральной зоне.

Применение ландшафтного подхода к изучению растительной компоненты ДПК позволило выявить закономерности пространственно-временного распространения макрофитобентоса в бухте Круглая.

Использование ландшафтных карт побережья может служить информационной основой для выработки принципов и принятия решений по рациональному природопользованию, а также применяться при создании различных прикладных,

оценочных, инвентаризационных, конструктивных и прогнозных карт, которые являются важным звеном для разработки проектов хозяйственного освоения береговой зоны Черного моря.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ № АААА-А18-118021350003-6. Морская экспедиция и сбор материала макрофитобентоса проведены в 2018 г по теме ФИЦ ИнБЮМ: АААА-А18-118020890074-2.

Выражаем благодарность сотрудникам лаборатории фиторесурсов за совместную обработку первичного материала; Шапкину Д. за проведение глубоководной фото и видеосъемки донных природных комплексов.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was carried out within the framework of government procurement through Kovalevskii Institute for Marine Biological Research project no АААА-А-18118021350003-6. Marine expedition and collection of macrophytobenthos material carried out in 2018 through Kovalevskii Institute for Marine Biological Research project no АААА-А18-118020890074-2.

The authors are grateful to the staff of the Laboratory of Phytoresources for the joint processing of the primary material and to D. Shapkin for conducting deep-sea photo and video shooting of bottom natural complexes.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. 480 с.
2. Dumont H. J. (Ed.). Black Sea Red Data Book. NY: United Nations Office for Project Services, 1999. 413 p.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 885 с.
4. Красная книга Севастополя. Калининград: «Издательский Дом «РОСТ-ДООАФК», 2018. 432 с.
5. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:EN:html> (дата обращения: 19.04.2019)
6. Зернов С.А. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Записки Императорской Академии Наук. СПб., Тип. Имп. АН., 1913. Т. 32. N 1. 304 с.
7. Калугина-Гутник А.А., Евстигнеева И.К., Миронова Н.В. Изменения донной растительности на открытом побережье Севастопольской бухты за период с 1964 по 1990 гг. // Альгология. 1993. Т. 3. N 2. С. 42-48.
8. Евстигнеева И.К., Николенко Н.В. Растительность прибрежного мелководья Черного моря в условиях антропогенного воздействия // Альгология. 2003. Т. 13. N 4. С. 371-380.
9. Ковардаков С.А., Празукин А.В. Структурно-функциональные характеристики донного фитоценоза бухты Круглой (Севастополь) // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. N 7. С. 138-148.
10. Гурьянова Е.Ф. Теоретические основы составления карт подводных ландшафтов // Вопросы биостратиграфии континентальных толщ. М., 1959. С. 35-48.



11. Линдберг Г.У. Картирование подводных ландшафтов с целью изучения закономерностей распределения животных // Труды III сессии Всесоюзного Палеонтологического общества «Вопросы биостратиграфии континентальных толщ». М.: Госгеолтехиздат, 1959. С. 49-52.
12. Петров К.М. Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Наука, 1989. 126 с.
13. Миронова Н.В., Панкеева Т.В. Пространственное распределение макрофитобентоса с учетом ландшафтной структуры юго-западной части региона Севастополя // Экосистемы. 2018. N 14 (44). С. 20-30.
14. Миронова Н.В., Панкеева Т.В. Долговременные изменения пространственного распределения запасов макрофитов в бухте Ласпи (Черное море) // Экосистемы. 2018. N 16 (46). С. 33-46.
15. Pankeeva T.V., Mironova N.V. Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea) // Oceanology. 2019. V. 59. Iss. 1. P. 86-98. DOI: 10.1134/S0001437019010168
16. Удовик В.Ф., Харитонов Л.В., Горячкин Ю.Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. Вып. 4. С. 86-94.
17. Алемов С.В., Витер Т.В., Гусева Е.В. Многолетние изменения состояния сообществ макрозообентоса бухты Круглая (регион Севастополя) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып. 2. С. 59-66. DOI: 10.22449/2413-5577-2019-2-59-66
18. Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. К.: Наукова думка, 1975. 248 с.
19. Мильчакова Н.А., Миронова Н.В., Рябогина В.Г. Морские растительные ресурсы // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей. Севастополь, 2011. Гл. 4. С. 117-139.
20. Максимова О.В., Лучина Н.П. Современное состояние макрофитобентоса у побережья северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию черноморского бассейна // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 297-308.
21. Миничева Г.Г., Большаков В.Н., Калашник Е.С., Зотов А.Б., Маринец А.В. Оценка реакции альгосообществ черноморских экосистем на воздействие климатических факторов // Альгология. 2018. Т. 28. N 2. С. 121-135. DOI: 10.15407/alg28.02.121
22. Миронова Н.В., Мильчакова Н.А., Александров В.В. Тенденции долговременного изменения запасов макрофитов в бухте Казачья (Крым, Черное море) // Морской экологический журнал. 2012. Т. XI. N 3. С. 68-78.
23. Доценко С.Ф., Иванов В.А. Катастрофические природные явления Азово-Черноморского региона. Севастополь: Морской гидрофизический институт, 2013. 193 с.
24. Dumont H. J. (Ed.). Black Sea Red Data Book. NY, United Nations Office for Project Services, 1999, 413 p.
25. *Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii (rasteniya i griby)* [Red Book of the Russian Federation (Plants and Mushrooms)]. Moscow, KMK Publ., 2008, 885 p. (In Russian)
26. *Krasnaya kniga Sevastopolya* [Red Book of Sevastopol]. Kaliningrad, «ROST-DOAFK» Publ., 2018, 432 p. (In Russian)
27. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:EN:html> (accessed 19.04.2019)
28. Zernov S.A. To the question of studying the life of the Black Sea. *Zapiski Imperatorskoi Akademii Nauk* [Notes of the Imperial Academy of Sciences]. 1913, vol. 32, no. 1, 304 p. (In Russian)
29. Kalugina-Gutnik A.A., Evstigneeva I.K., Mironova N.V. Changes in bottom vegetation on the open coast of Sevastopol Bay for the period from 1964 to 1990. *Algologia*, 1993, vol. 3, no. 2, pp. 42-48. (In Russian)
30. Evstigneeva I.K., Nikolenko N.V. Vegetation of the coastal shallow waters of the Black Sea under anthropogenic impact. *Al'gologiya* [Algology]. 2003, vol. 13, no. 4, pp. 371-380. (In Russian)
31. Kovardakov S.A., Prazukin A.V. Structural and functional characteristics of the bottom seaweeds community in Kruglaya Bay (Sevastopol). *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana* [Optimization and Protection of Ecosystems]. 2012, no. 7, pp. 138-148. (In Russian)
32. Guryanova E.F. [The theoretical basis for the mapping of underwater landscapes]. In: *Voprosy' biostatigrafii kontinental'ny'x tolshh* [Questions of biostratigraphy of continental strata]. Moscow, 1959, pp. 35-48. (In Russian)
33. Lindberg G.U. Kartirovanie podvodnykh landshaftov s tsel'yu izucheniya zakonomernostei raspredeleniya zhivotnykh [The mapping of underwater landscapes to study patterns of animal distribution]. *Trudy III sessii Vsesoyuznogo Paleontologicheskogo obshchestva «Voprosy biostatigrafii kontinental'nykh tolshch»*, Moskva, 1959 [Proceedings of the III session of the All-Union Paleontological Society "Problems of biostratigraphy of continental strata", Moscow, 1959]. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1959, pp. 49-52. (In Russian)
34. Petrov K.M. *Podvodnyye landshafty: teoriya, metody issledovaniya* [Underwater Landscapes: Theory, Research Methods]. Leningrad, Nauka Publ., 1989, 126 p. (In Russian)
35. Mironova N.V., Pankeeva T.V. The spatial distribution of macrophytobenthos taking into account the landscape structure of the south-western part of the region of Sevastopol. *Ekosistemy* [Ecosystems]. 2018, no. 14 (44), pp. 20-30. (In Russian)
36. Mironova N.V., Pankeeva T.V. Long time changes of spatial distribution of phytomasses stock of seaweeds in the Laspi Bay (The Black Sea). *Ekosistemy* [Ecosystems]. 2018, no. 16 (46), pp. 33-46. (In Russian)
37. Pankeeva T.V., Mironova N.V. Spatiotemporal changes in the macrophytobenthos of laspi bay (Crimea, Black Sea). *Oceanology*, 2019, vol. 59, iss. 1, pp. 86-98. DOI: 10.1134/S0001437019010168
38. Udivik V.F., Kharitonova L.V., Goryachkin Yu.N. Monitoring of the urban beaches of Sevastopol.

## REFERENCES

1. *Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby* [Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and mushrooms]. Simferopol, OOO IT ARIAL Publ., 2015, 480 p. (In Russian)

Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya [Ecological safety of the coastal and shelf zones of the sea]. 2017, iss. 4, pp. 86-94. (In Russian)

17. Alyomov S.V., Viter T.V., Guseva E.V. Long-term changes of the state of macrozoobenthos communities in Kruglaya Bay (Sevastopol). *Ecological safety of the coastal and shelf zones of the sea*, 2019, iss. 2, pp. 59-66. (In Russian) DOI: 10.22449/2413-5577-2019-2-59-66

18. Kalugina-Gutnik A.A. *Fitobentos Chernogo morya* [Phytobenthos Black Sea]. Kyiv, Naukova Dumka, 1975, 248 p. (In Russian)

19. Milchakova N.A., Mironova N.V., Ryabogina V.G. [Marine plant resources]. In: *Promyslovye bioresursy Chernogo i Azovskogo morei* [Commercial bioresources of the Black and Azov Seas]. Sevastopol, Ekosi-Gidrofizika Publ., 2011, no. 4, pp. 117-139. (In Russian)

20. Maximova O.V., Luchina N.P. [Modern state of macrophytobenthos off the Northern Caucasian coast: a response to eutrophication of the Black Sea basin]. In:

*Kompleksnyye issledovaniya severo-vostochnoy chasti Chernogo morya* [Studies of complexes of the north-eastern part of the Black Sea]. Moscow, Nauka Publ., 2002, pp. 297-308. (In Russian)

21. Minicheva G.G., Bolshakov V.N., Kalashnik E.S., Zotov A.B., Marinets A.V. Assessment of the reactions of the Black Sea ecosystem's algaecommunities to influence of climatic factors. *Algologia*, 2018, vol. 28, no. 2, pp. 121-135. (In Russian) DOI: 10.15407/alg28.02.121

22. Mironova N.V., Milchakova N.A., Alexandrov V.V. Trends in long-term changes of macrophyte resources in the Kazachya Bay (Sevastopol, Crimea, Black Sea). *Morskoy ekologicheskiy zhurnal* [Marine Ecological Journal]. 2012, vol. XI, no. 3, pp. 68-78. (In Russian)

23. Dotsenko S.F., Ivanov V.A. *Katastroficheskiye prirodnyye yavleniya Azovo-Chernomorskogo regiona* [Catastrophic Natural Phenomena of the Azov-Black Sea Region]. Sevastopol, Marine Hydrophysical Institute Publ., 2013, 193 p. (In Russian)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Миронова Н.В. принимала участие в сборе и обработке материалов в 1977 и 2018 гг. Автором проанализированы пространственно-временные изменения макрофитобентоса.

Панкеева Т.В. принимала участие в морской экспедиции по сбору первичного материала и его обработке в 2018 гг. Автором составлены ландшафтные карты, дан анализ пространственно-временных изменений ландшафтной структуры дна. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Nataliya V. Mironova participated in the collection and processing of materials in 1977 and 2017-2018 and analysed the spatio-temporal changes of the macrophytobenthos. Tatyana V. Pankeeva participated in the collection and processing of materials in 2017-2018, drew up landscape maps and analysed the spatio-temporal changes in the seascape structure. 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

Наталия В. Миронова / Nataliya V. Mironova <http://orcid.org/0000-0001-7110-7081>

Татьяна В. Панкеева / Tatyana V. Pankeeva <http://orcid.org/0000-0002-8933-6103>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 502.132  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-140-149

## Оценка комфортности проживания населения (на примере г. Балаково Саратовской области)

Нина В. Фомина<sup>1</sup>, Александр М. Луговской<sup>2</sup>, Борис И. Кочуров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный областной университет, Москва, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт географии РАН, Москва, Россия

### Контактное лицо

Нина В. Фомина, ассистент кафедры  
общей и региональной геоэкологии,  
Московский государственный  
областной университет; 141014  
Россия, г. Мытищи, ул. В. Волошиной,  
д. 24.  
Тел. +79261651786  
Email [fominanina12@mail.ru](mailto:fominanina12@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6717-8960>

### Формат цитирования

Фомина Н.В., Луговской А.М., Кочуров  
Б.И. Оценка комфортности  
проживания населения (на примере г.  
Балаково Саратовской области) // Юг  
России: экология, развитие. 2020. Т.15,  
N 2. С. 140-149. DOI: 10.18470/1992-  
1098-2020-2-140-149

Получена 01 август 2019 г.  
Прошла рецензирование 18 ноября 2019 г.  
Принята 15 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Апробация методического подхода к геоэкологической оценке комфортности проживания населения на территории муниципального образования.

**Материал и методы.** Исследование проведено на территории муниципального образования г. Балаково Саратовской области. Отбор показателей комфортности проживания основан на обзоре литературы. Степень вклада отобранных показателей обусловлена весовыми коэффициентами важности, выявленными в ходе индивидуального экспертного опроса. Ранжирование результатов основано на преобразованных значениях.


**Результаты.** Выделено 5 рангов комфортности проживания населения в г. Балаково. Наиболее комфортные микрорайоны характерны для староосвоенных частей города, наименее – для новых микрорайонов, прилегающих к производственным зонам.

**Заключение.** Определены группы показателей, оказывающие наибольшее влияние на уровень комфорта проживания в муниципальных образованиях: экологические, градостроительные, ландшафтные, социальные. Каждый показатель был просчитан количественно, с учетом полученных весовых коэффициентов по результатам экспертного опроса.

### Ключевые слова

Комфортность проживания, геоэкологическая оценка, г. Балаково, муниципальное образование.

# Assessment of comfort of living of the population of a municipality: methodological approaches

Nina V. Fomina<sup>1</sup> , Alexander M. Lugovskoy<sup>1</sup> and Boris I. Kochurov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Moscow State Regional University, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## Principal contact

Nina V. Fomina, Assistant, Department of General and Regional Geoecology  
Moscow State Regional University; 24  
Voloshina St, Mytishchi, Russia 141014.  
Tel. +79261651786  
Email [fominanina12@mail.ru](mailto:fominanina12@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6717-8960>

## How to cite this article

Fomina N.V., Lugovskoy A.M., Kochurov B.I. Assessment of comfort of living of the population of a municipality: methodological approaches. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 1, pp. 140-149. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-140-149

Received 01 August 2019

Revised 18 November 2019

Accepted 15 January 2020

## Abstract

**Aim.** Testing of a methodological approach to the geo-ecological assessment of the comfort of living in the territory of a municipality.

**Material and Methods.** The study was conducted on the municipal administrative territory of the city of Balakovo in the Saratov region of the Russian Federation. The selection of accommodation comfort indicators has been based on a literature review. The degree of contribution of the selected indicators is determined by weighting factors of importance identified in the course of individual expert surveys. The ranking of results is based on converted values.

**Results.** Five grades of comfort of living were determined for the population of Balakovo. The most comfortable neighborhoods are typically those of the older developed parts of the city, while the least comfortable are those of new neighborhoods adjacent to industrial zones.

**Conclusion.** The following groups of indicators have been identified as having the greatest impact on levels of comfort of living in the municipality: environmental, urban planning, landscape and social. Each indicator was calculated quantitatively, taking into account the weight coefficients obtained based on the results of expert surveys.

## Key Words

Comfort of living, geo-ecological assessment, Balakovo, municipality.

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих десятилетий наблюдается усиление антропогенной нагрузки, выражающейся в загрязненности среды твердыми коммунальными отходами, высоком загрязнении окружающей среды выбросами производства и автотранспорта, увеличении плотности населения и, следовательно, распространении точечной застройки и т.д. С одной стороны, чтобы поддерживать существующий уровень жизни, ни население, ни органы управления не готовы отказаться от всех видов деятельности, вызывающих негативное воздействие на окружающую среду. С другой стороны наметилась явная тенденция в желании улучшить качество среды проживания и увеличить уровень комфортности.

Одна из актуальных на сегодня проблем заключается в сохранении и улучшении качества городской среды, создании благоприятных и комфортных городов для жизнедеятельности человека. Комфортность проживания является составляющей привлекательности территории. Она отражает степень удобства проживания на территории и служит показателем удовлетворенности материальных, культурных и духовных потребностей населения.

Человек, его потребности и образ жизни являются мощным градостроительным фактором. Качество городской жизни – развитие самого человека, его удовлетворенность жизнью и ответственность за жизнь природы и общества (удовлетворенность, чувство причастности, ответственность, ценностные ориентации, образ жизни) [1].

Одним из естественных процессов развития городских территорий является формирование комфортной среды проживания, создающее условия для формирования и улучшения основных социально-экономических показателей развития исследуемой территории и её населения. Создание комфортной среды охватывает такие сферы человеческой жизнедеятельности как экономическую и социальную, экологическую, инженерно-транспортную и сферу благоустройства, сферу здравоохранения, образования и др.

Исследование комфортности проживания требует работы с большими массивами данных, характеризующих различные сферы жизнедеятельности человека. Выбор показателей, по которым производится оценка комфортности, основывается на их максимально возможном стандартном характере, как по структуре, так и по способам исчисления. Большую роль играет и само наличие информации при их подсчете для любых территориальных образований и социально-демографических групп.

Комфортность и качество жизни оценивались многими исследователями. Существуют различные методики определения качества жизни, основанные на индексах и индикаторах [2-7]:

В целом эти подходы отражают либо социально-экономические условия и степень удовлетворенности ими, либо степень экологической безопасности территории. В современных муниципальных образованиях, в частности городах, на первый план выходит исследование комфортности

проживания. Обладая рядом преимуществ, проживание в городских условиях несет в определенной степени и ряд угроз, связанных с загрязненностью окружающей среды, шумом, психологическим расстройством и др. Для этого необходимо брать во внимание и такие факторы как благоустройство и градостроительные особенности, экологическое состояние и степень защищенности территории, видовые характеристики и ландшафтные особенности территории.

Цель настоящей работы – разработать методический подход к геоэкологической оценке комфортности проживания населения и его апробация на муниципальном уровне.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология построения и интерпретация показателей должны быть специфицированы под конкретные типы задач их прикладного использования, в данном случае под изучение комфортности проживания [8].

Анализ работ [9-12] позволил выявить основные группы показателей, в той или иной степени влияющих на комфортность проживания. Было решено ввести весовые коэффициенты важности для каждого показателя, с целью выявления значимости их вклада в общую ситуацию. Весовые коэффициенты были получены путем проведения индивидуального экспертного опроса. Достоинствами этого вида опроса являются независимость суждений, принятие решений в спокойной обстановке и др. [13-17].

Коэффициент корреляции позволил определить тесноту связи между выборками, использовался классический коэффициент корреляции [17], рассчитываемый по формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}, \dots (1.1)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – результаты опроса двух сравниваемых экспертов, выраженные в количественной форме;  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  – средние значения выборки;  $n$  – число членов ряда, равное количеству оцениваемых показателей,  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – средние квадратические отклонения, равные

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \dots (1.2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \dots (1.3)$$

Для оценки полученных средних коэффициентов корреляции была использована шкала Харрингтона (табл.1).

Шкалы исходных переменных  $x^{(j)}$ , монотонно связанные с количественной оценкой анализируемых показателей, были переведены к преобразованным показателям  $\tilde{x}^{(j)}$ , связанным с исходными переменными  $x^{(j)}$  преобразованием [18,19]:

$$\tilde{x} = \frac{x^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}{x_{\max}^{(j)} - x_{\min}^{(j)}}, \dots (1.4)$$



где  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$  – наименьшее и наибольшее возможные значения  $j$ -й исходной качественной характеристики. Преобразованные значения показателей ( $j$ -я характеристика)  $x_{ij}$  может принимать значения от  $x_{ij} = 0$  (что соответствует наилучшему качеству) до

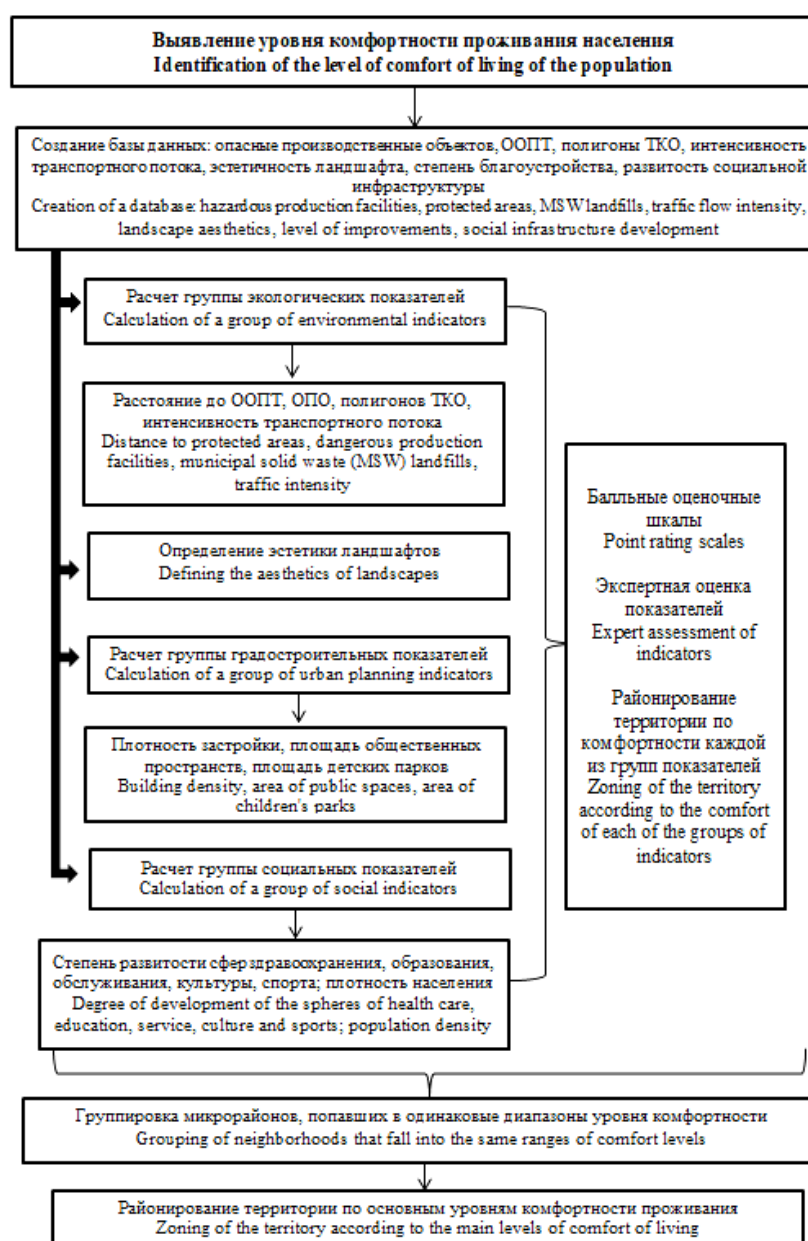
$x_{ij} = 1$  (что соответствует наихудшему качеству). При условии, чем выше показатель  $x_{ij}$ , тем хуже качество.

Исследование проводилось по алгоритму, представленному на рисунке 1.

**Таблица 1.** Вербально-числовая шкала Харрингтона

**Table 1.** Harrington verbal-numerical scale

Средний коэффициент корреляции Average correlation coefficient	Степень согласованности экспертных суждений Degree of consistency of expert judgments
0,0-0,20	Незначительная / Minor
0,21-0,37	Низкая / Low
0,38-0,64	Средняя / Average
0,65-0,80	Высокая / High
0,81-1,00	Очень высокая / Very high



**Рисунок 1.** Алгоритм оценки комфортности проживания населения

**Figure 1.** Algorithm for assessing the comfort of living of a population

Объектом исследования был выбран г. Балаково Саратовской области. Для его территории в последние несколько десятилетий характерна значительная антропогенная нагрузка (увеличение количества автотранспортных средств при неизменной дорожно-транспортной сети, высокая концентрация промышленных предприятий, значительная загрязненность промышленными и бытовыми отходами и неблагоприятная экологическая обстановка в целом, наличие радиационно-опасного объекта (Балаковская АЭС), слабая инфраструктура) [20]. Выход из обостренной экологической ситуации возможен

путем проведения комплексной геоэкологической оценки среды проживания и степени ее комфортности для населения с целью улучшения условий городской среды.

Для оценки комфортности проживания было решено принять существующее городское деление на микрорайоны: островная: Жилгород, Старый город, посёлок Дзержинского, СНТ Зеленая роща, СНТ Дары природы; заканальная: 1-4 м-он, Южный Сазанлей, Восточный Сазанлей; Центральная: 5-11 м-он, пос. Радужный, 21 м-он, Солнечный (рис. 2).

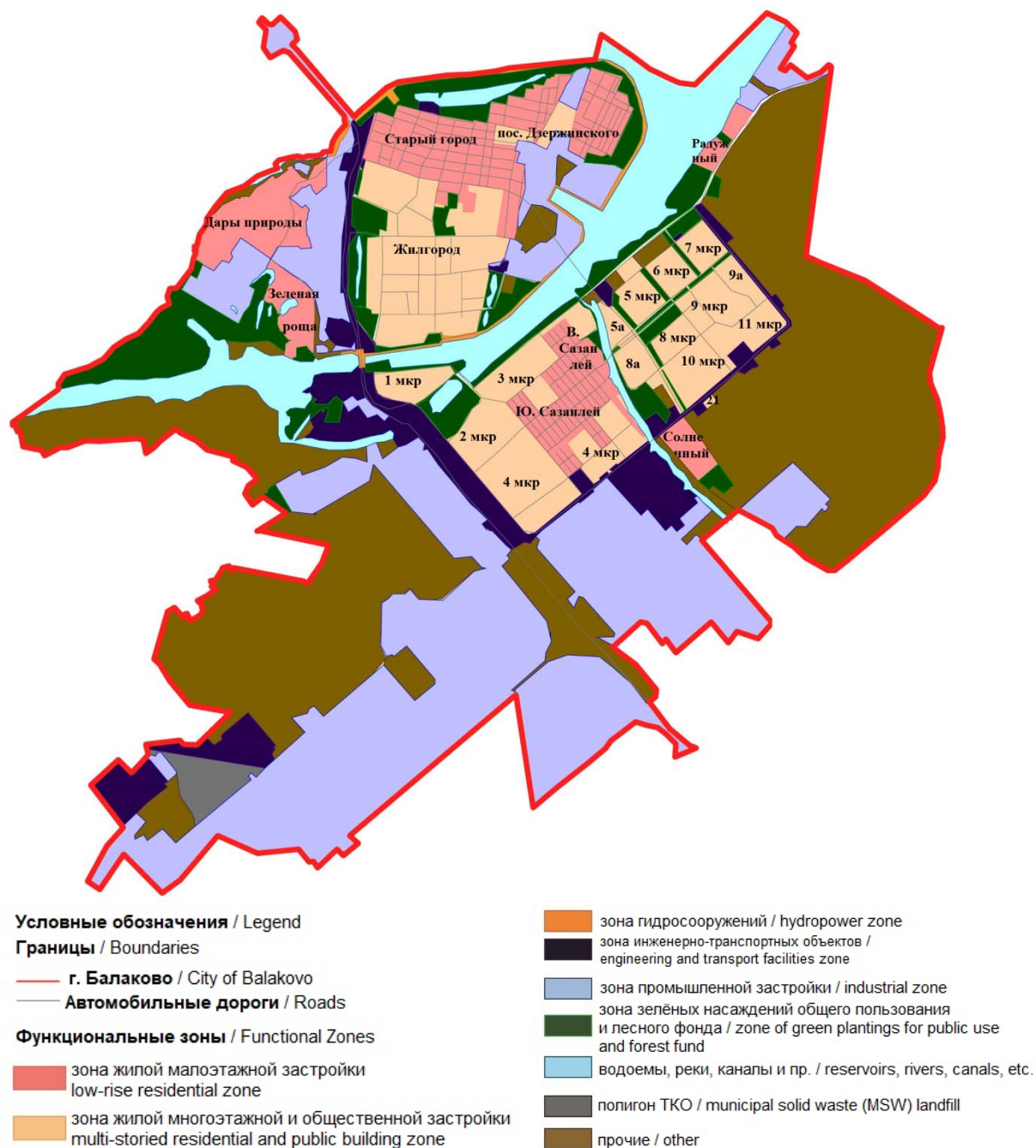


Рисунок 2. Функциональное зонирование г. Балаково по [21]

Figure 2. Functional zoning of city of Balakovo, based on [21]

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате обработки экспертных суждений была составлена таблица (количество строк таблицы равно количеству показателей, а количество столбцов – числу экспертов). Нахождение весовых коэффициентов осуществлялось усреднением всех оценок (среднее арифметическое) [13-17]. Степень согласованности экспертов была проверена с помощью корреляционного анализа. Проведенный экспертный опрос позволил выявить степень вклада каждого показателя в общий уровень геоэкологической комфортности проживания населения.

Комфортность проживания населения определялась совокупностью различных благоприятных условий: природно-экологических, социальных, градостроительных.

Выбранные показатели призваны быть максимально доступными для вычисления. Так, например, экологические условия представляют собой набор показателей, отражающих физические параметры. Что, с одной стороны не дает точных данных о загрязненности геосфер, но с другой – является максимально доступным индикатором комфортности проживания. Наличие и близость опасных производственных объектов и полигонов ТКО всегда будет накладывать отпечаток на восприятие населением условий проживания.

Важную роль при выборе показателей сыграла доступность информации для расчетов (табл. 2). Не имея конкретных данных в отчетах по состоянию окружающей среды, при отсутствии возможности самому выполнить замеры и провести лабораторные исследования существенным становится наличие общедоступной информации и, здесь, на первое место выходит возможность эту информацию обработать и применить на практике.

Интегрированный индекс уровня комфортности включает показатели, представленные в таблице 2. Выражение для расчета суммарных оценок общей комфортности проживания населения в микрорайонах г. Балаково, принимая во внимание межгрупповые весовые коэффициенты важности, имеет следующий вид:

$$I = \sum_{i=1}^n k_i I_i, \dots (1.5)$$

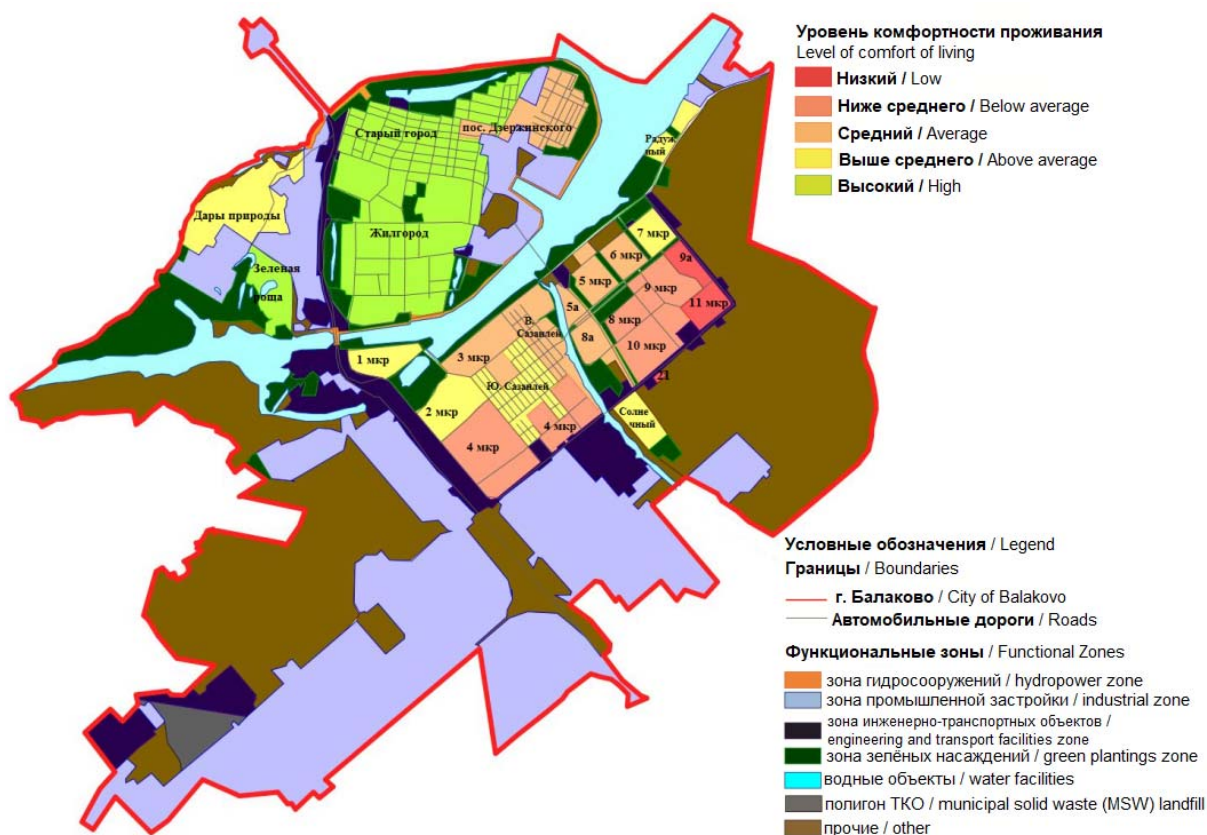
где,  $k_i$  – вес группы показателей,  $i=1...n$  – количество показателей,  $I_i$  – значение группы показателей.

Полученные суммарные оценки ранжировались по принципу: чем выше балл, тем более комфортная среда для проживания. Выделено 5 уровней общей геоэкологической комфортности проживания на территории г. Балаково и его пригородов (рис. 3).

**Таблица 2.** Методика расчета показателей  
**Table 2.** Methodology for calculating indicators

Группы Groups	Показатель Indicator	Методика расчета / Единицы измерения Calculation method / Units of measurement
<b>Экологическая</b> Ecological	Опасные производственные объекты Hazardous production facility	Среднее расстояние до объекта с учетом ранга предприятия (км) Average distance to the object, taking into account the ranking of the enterprise (km)
	Интенсивность транспортного потока Traffic capacity	Интенсивность движения (авт/ч) Traffic intensity (vehicles/h)
	Полигоны ТКО MSW Landfills	Среднее расстояние до объекта (км) The average distance to the object (km)
	Особо охраняемые природные территории Special Protected Natural Areas	Среднее расстояние до объекта с учетом ранга охраняемой территории (км) Average distance to the object taking into account the ranking of the protected area (km)
	Плотность населения Density of population	ч/км <sup>2</sup> h/km <sup>2</sup>
<b>Социальная</b> Social	Здравоохранение Public health service	В соответствии со Сводом правил СП 42.13330.2011 [22] In accordance with the set of rules SP 42.13330.2011
	Образование Education	В соответствии со Сводом правил СП 42.13330.2011 In accordance with the set of rules SP 42.13330.2011
	Сфера обслуживания Service industry	Обеспеченность населения микрорайона бытовыми услугами (количество) Provision of the population of the residential district with household services (number of)
	Спортивные организации Sports organization	Наличие (количество) спортивных учреждений Availability (number) of sports facilities
	Учреждения культуры Cultural institution	Наличие (количество) учреждений культурно-досугового типа Availability (number) of cultural and leisure institutions
<b>Градостроительная</b> Urban development	Плотность застройки Housing density	Соотношение между площадью зданий и площадью земельного участка (тыс. м <sup>2</sup> /га) Ratio between the area of buildings and the area of land (thousand m <sup>2</sup> /ha)

	Общественные пространства Public space	Соотношение площади общественных пространств на общую площадь микрорайона Ratio of the area of public spaces to the total area of the neighborhood
	Детские парки Playground	Соотношение площади детских парков на общую площадь микрорайона Ratio of the area of playgrounds to the total area of the neighborhood
<b>Ландшафтная</b> Landscape	Эстетичность ландшафта Aesthetics of the landscape	Наличие живописных урочищ, достопримечательностей, ощущения успокоения от созерцания пейзажа и т.д., выраженное в баллах [23] Presence of picturesque tracts, areas of unique interest, a sense of calm from contemplation of the landscape, etc., expressed in points [23]



**Рисунок 3.** Уровни геоэкологической комфортности проживания на территории г. Балаково  
**Figure 3.** Levels of geo-ecologically comfortable living in the territory of Balakovo

Высокий уровень комфортности: Старый город, Жилгород, Зеленая роща (рис. 5). Максимальное значение наблюдается в микрорайоне Старый город. Эти микрорайоны находились в лидерах по комфортности в нескольких группах показателей, что позволило им занять статус максимально комфортных в сравнении с остальными.

Выше среднего уровень комфортности: Дары природы, 1-й, 2-й, 7-й м-он, Южный Сазанлей, Солнечный м-он, Радужный. Комфортность данных микрорайонов непропорциональна, недостаточно развиты 1 или 2 группы показателей.

Средний уровень комфортности: пос. Дзержинского, 3, 5, 5а, 6, 8а, Восточный Сазанлей.

Комфортность данных микрорайонов в большей степени непропорциональна, недостаточно развиты 2 или 3 исследованных групп показателей.

Ниже среднего уровень комфортности: 4-й, 8-й, 9-й, 10-й м-он. Как минимум по трем группам показателей данные районы находятся в пределах низкой комфортности.

Низкий уровень комфортности: 9а, 11 и 21. Наименьшее значение отмечено в микрорайоне 21. По каждой группе показателей эти районы находятся в зоне низкого комфорта.

Отмечается тенденция: наиболее комфортными для проживания являются староосвоенные части города (островная), которые обладают такими



преимуществами как малоэтажная застройка, развитая инфраструктура, удаленность от опасных производственных объектов. И, напротив, «новые» микрорайоны (заканальная и центральная часть) находятся в зоне низкой комфортности проживания: точечная застройка с высокой плотностью населения, интенсивный транспортный поток, близость к опасным производственным объектам и др.

Такой тренд подчеркивает потерю комфортности при сложившемся уровне градостроительного проектирования в городе. Предлагаемая методика может выступать в качестве контролера при проектировании новых микрорайонов и реорганизации

и реновации уже существующих, так как в своей основе опирается и на ландшафтные, и на градостроительные условия, устанавливая пороговые значения комфортности проживания при имеющихся условиях.

Представленная методика призвана отражать все сферы деятельности в муниципальном образовании, влияющие на комфортность проживания, и послужила основополагающим этапом алгоритма исследований для последующего определения предпочтительности проживания в микрорайонах города, разработки мероприятий и программы по оптимизации условий проживания и определения перспектив развития исследуемой территории.

**Таблица 2.** Микрорайоны по уровню комфортности проживания

**Table 2.** Neighborhoods in terms of comfort

Уровень комфортности Level of comfort	Значение индекса Index value	Микрорайоны District
<b>Высокий</b> High	0,00-0,20	Старый город, Жилгород, Зеленая роща Stariy gorod, Zhilgorod, Zelenaya roshcha
<b>Выше среднего</b> Above average	0,21-0,40	Дары природы, 1-й, 2-й, 7-й микрорайоны, Южный Сазанлей, Солнечный микрорайон, Радужный Dary prirody, 1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 7 <sup>th</sup> districts, Yuzhniy Sazanlej, Solnechniy district, Raduzhniy
<b>Средний</b> Average	0,41-0,60	пос. Дзержинского, 3, 5, 5а, 6, 8а микрорайоны, Восточный Сазанлей Dzerzhinskogo settlement, 3 <sup>rd</sup> , 5 <sup>th</sup> , 5 <sup>th</sup> a, 6 <sup>th</sup> , 8 <sup>th</sup> a districts, Vostochniy Sazanlei
<b>Ниже среднего</b> Below average	0,61-0,80	4-й, 8-й, 9-й, 10-й микрорайоны 4 <sup>th</sup> , 8 <sup>th</sup> , 9 <sup>th</sup> , 10 <sup>th</sup> districts
<b>Низкий</b> Low	0,81-1,00	9а, 11 и 21 микрорайоны 9 <sup>th</sup> a, 11 <sup>th</sup> and 21 <sup>st</sup> districts

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка комфортности проживания населения осуществлена на основе комплексного индекса геоэкологической комфортности среды. Полученные на основе результатов исследования показатели, влияющие на комфортность проживания населения, были проранжированы путем индивидуального экспертного опроса. Экологическая, ландшафтная, градостроительная и социальная комфортность и значения весовых коэффициентов важности, рассчитанные для каждого показателя, определили степень геоэкологической комфортности среды проживания человека.

Методика апробирована на муниципальном образовании г. Балаково Саратовской области. Выявлены зоны с различным уровнем комфортности среды для проживания населения в г. Балаково: «Высокий» уровень комфортности характерен для микрорайонов Старый город, Жилгород, Зеленая роща. «Выше среднего» наблюдается на территории микрорайонов Дары природы, 1-й, 2-й, 7-й м-он, Южный Сазанлей, Солнечный м-он, Радужный. «Средний»: пос. Дзержинского, 3, 5, 5а, 6, 8а, Восточный Сазанлей. «Ниже среднего»: 4-й, 8-й, 9-й, 10-й м-он. «Низкий»: 9а, 11 и 21.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яницкий О.Н. Научно-технический прогресс, человеческий фактор и воспроизводственные функции

городской среды // Сборник научных трудов

«Проблемы качества городской среды». М.: Наука, 1989. С. 9-28.

2. Бородин Ф.М., Айвазян С.А. Социальные индикаторы: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Статистика» и другим экономическим специальностям. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. 607 с.

3. Osberg L., Sharpe A. International comparisons of trends in economic well-being // Social Indicators Research. 2002. V. 58. P. 349-382. DOI: 10.1023/A:1015748220026

4. Veenhoven R. Happy life-expectancy: a comprehensive measure of quality-of-life in nations // Social Indicators Research. 1996. V. 39. N 1. P. 1-58.

5. Епринцев С.А., Архипова О.Е. Анализ экологической комфортности урбанизированных территорий Воронежской области по данным дистанционного зондирования земли // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. N 4. С. 85-91.

6. Епринцев С.А. Исследование параметров качества окружающей среды урбанизированных территорий по данным дистанционного зондирования земли // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2018. N 3. С. 106-109. DOI: 10.23885/2500-123x-2018-2-3-106-111



7. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Жигулина Е.В. Исследование социально-экологических условий, определяющих устойчивое развитие регионов России // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2019. Т. 1. N 4. С. 212-216. DOI: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216
8. Айвазян С.А. Анализ качества и образа жизни населения. М.: Наука, 2012. 432 с.
9. Долгачева Т.А., Аникин В.В., Сергеева А.Н. Методы изучения комфортности проживания населения в городе // Материалы международной научно-практической конференции «Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы». 2018. С. 195-199.
10. Глебова И.С. Анализ комфортности проживания в крупнейшем городе и возможности ее повышения (на примере г. Казани) // Ученые записки Казанского университета. Серия гуманитарные науки. 2011. Т. 153. N 4. С. 198-210.
11. Меринов Ю.Н. Эколого-социальная комфортность городской среды Ростова-на-Дону. Ростов н/Д: Изд-во Рост. госуниверситета, 2001. 140 с.
12. Костовска С.К., Стулышапку В.О. Влияние городской среды на комфортность проживания населения // Материалы VII международной научно-практической конференции «Экологическое равновесие: структура географического пространства». 2016. С. 148-150.
13. Коробов В.Б. Причины расхождения экспертных суждений // Экономика, социология и право. 2017. N 1. С. 41-48.
14. Тутыгин А.Г., Коробов В.Б., Меньшикова Т.В. Проблемы согласованности экспертных суждений в методе анализа иерархий // Вестник гражданских инженеров. 2019. N 5 (76). С. 291-297. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-5-291-297
15. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. Проблемы использования метода анализа иерархий и пути их решения // Экономика и управление. 2016. N 8. С. 60-65.
16. Коробов В.Б. Особенности проведения опросов при создании экспертно-аналитических систем // Экономика, социология и право. 2016. N 10. С. 39-45.
17. Коробов В.Б. Теория и практика экспертных методов; под ред. Б.И. Кочурова. М.: ИНФРА-М, 2019. 281 с. DOI: 10.12737/monography\_5cae0067f1835.43206494
18. Айвазян С.А., Степанов В.С., Козлова М.И. Измерение синтетических категорий качества жизни населения региона и выявление ключевых направлений совершенствования социально-экономической политики (на примере Самарской области и ее муниципальных образований) // Прикладная эконометрика. 2006. N 2. С. 81-84.
19. Айвазян С.А. Межстрановой анализ интегральных категорий качества жизни населения (эконометрический подход). М.: ЦЭМИ РАН, 2001. 61 с.
20. Фомина Н.В., Луговской А.М. Экологическое планирование в устойчивом развитии муниципальных образований // Материалы II Международной научно-практической конференции «Добродеевские чтения – 2018». Отв. ред. Ю.М. Гришаева. 2018. С. 152-155.
21. Балаково: Администрация Балаковского муниципального района. Официальный сайт, 2006-2020. URL: <http://www.admbal.ru/> (дата обращения: 15.01.2020)
22. Свод правил СП 42.13330.2011 «СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 28 декабря 2010 г. N 820).
23. Аткина Л.И., Жукова М.В. Эстетика ландшафтов: учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 75 с.

## REFERENCES

1. Yanitskii O.N. [Scientific and technical progress, human factor and reproduction functions of the urban environment]. In: *Problemy kachestva gorodskoi sredy* [Problems of urban environment quality]. Moscow, Nauka Publ., 1989, pp. 9-28. (In Russian)
2. Borodkin F.M., Aivazyan S.A. *Sotsial'nye indikatory* [Social indicators]. Moscow, YUNITI-DANA Publ., 2006, 607 p. (In Russian)
3. Osberg L., Sharpe A. International comparisons of trends in economic well-being. *Social Indicators Research*, 2002, vol. 58, pp. 349-382. DOI: 10.1023/A:1015748220026
4. Veenhoven R. Happy life-expectancy: a comprehensive measure of quality-of-life in nations. *Social Indicators Research*, 1996, vol. 39, no. 1, pp. 1-58.
5. Eprincev S.A., Arhipova O.E. Analysis of environmental comfort of the urbanized areas of the Voronezh region according to remote sensing of the earth. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]. 2018, no. 4, pp. 85-91. (In Russian)
6. Eprincev S.A. Study of environmental quality parameters of urbanized territories according to remote sensing of the earth. *Ecology. Economy. Computer science. Series: Geoinformation technologies and space monitoring*, 2018, no. 3, pp. 106-109. (In Russian) DOI: 10.23885/2500-123x-2018-2-3-106-111
7. Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V. Study of social and ecological conditions to determine the sustainable development of Russian regions. *Ecology. Economy. Computer science. Series: Geoinformation technologies and space monitoring*, 2019, vol. 1, no. 4, pp. 212-216. (In Russian) DOI: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216
8. Aivazyan S.A. *Analiz kachestva i obraza zhizni naseleniya* [Analysis of the quality and lifestyle of the population]. Moscow, Nauka Publ., 2012, 432 p. (In Russian)
9. Dolgacheva T.A., Anikin V.V., Sergeeva A.N. *Metody izucheniya komfortnosti prozhivaniya naseleniya v gorode* [Methods for studying the comfort of living in the city]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Traditsionnaya i innovatsionnaya nauka: istoriya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy»*, 2018 [Proceedings of the international scientific and practical conference "Traditional and innovative science: history,

- current state, prospects", 2018]. 2018, pp. 195-199. (In Russian)
10. Glebova I.S. Analysis of the living convenience of the big city and possibilities of its improvement (on the example of Kazan). *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya humanitarnye nauki* [Proceedings of Kazan University. Humanities Series]. 2011, vol. 153, no. 4, pp. 198-210. (In Russian)
11. Merinov Yu.N. *Ekologo-sotsial'naya komfortnost' gorodskoi sredy Rostova-na-Donu* [Ecological and social convenience of the urban environment of Rostov-on-Don]. Rostov-on-Don, Rostov State University Publ., 2001, 140 p. (In Russian)
12. Kostovska S.K., Stulyshapku V.O. Vliyanie gorodskoi sredy na komfortnost' prozhivaniya naseleniya [Influence of the urban environment on the comfort of living of the population]. *Materialy VII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekologicheskoe ravновесie: struktura geograficheskogo prostranstva»*, 2016 [Proceedings of the VII international scientific and practical conference "Ecological balance: structure of geographical space", 2016]. 2016, pp. 148-150. (In Russian)
13. Korobov V.B. [The reasons for the discrepancy of expert judgements]. *Ekonomika, sociologiya i pravo*, 2017, no. 1, pp. 41-48. (In Russian)
14. Tutygin A.G., Korobov V.B., Menshikova T.V. Problems of consistency of expert judgments in the method of hierarchy analysis. *Bulletin of civil engineers*, 2019, vol. 76, no. 5, pp. 291-297. (In Russian) DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-5-291-297
15. Korobov V.B., Tutygin A.G. Problems of the Analytic Hierarchy Process and Some Solutions. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and Management]. 2016, no. 8, pp. 60-65. (In Russian)
16. Korobov V.B. Features of conducting surveys in the creation of expert-analytical systems. *Ekonomika, sociologiya i pravo* [Economics, sociology and law]. 2016, no. 10, pp. 39-45. (In Russian)
17. Korobov V.B. *Teoriya i praktika ekspertnykh metodov* [Theory and practice of expert methods]. Moscow, INFRA-M Publ., 2019, 281 p. (In Russian)
18. Aivazian S.A., Stepanov V.S., Kozlova M.I. Measurement of synthetic categories of the quality of life of the region's population and identification of key areas for improving socio-economic policy (on the example of the Samara region and its municipalities). *Prikladnaya ekonometrika* [Applied Econometrics]. 2006, no. 2, P. 81-84. (In Russian)
19. Aivazyan S.A. *Mezhstranovoi analiz integral'nykh kategorii kachestva zhizni naseleniya (ekonometricheskii podkhod)* [Cross-country analysis of integral categories of population quality of life (econometric approach)]. Moscow, Central Economics and Mathematics Institute RAS Publ., 2001, 61 p. (In Russian)
20. Fomina N.V., Lugovskoi A.M. *Ekologicheskoe planirovanie v ustoychivom razvitii munitsipal'nykh obrazovaniy* [Environmental planning in the sustainable development of municipalities]. *Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Dobrodeevskie chteniya – 2018»*, 2018 [Proceedings of the II International scientific and practical conference "Dobrodeevskie chit – 2018", 2018]. 2018, pp. 152-155. (In Russian)
21. *Balakovo: Administratsiya Balakovskogo munitsipal'nogo raiona. Ofitsial'nyi sait, 2006-2020* [Balakovo: Administration of the Balakovo Municipal District. Official site, 2006-2020]. Available at: <http://www.admbal.ru/> (accessed 15.01.2020)
22. *Svod pravil SP 42.13330.2011 «SNiP 2.07.01-89. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poselenii». Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89 (utv. prikazom Ministerstva regional'nogo razvitiya RF ot 28 dekabrya 2010 g. N 820)* [Code of rules SP 42.13330.2011 "SNiP 2.07.01-89. Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. " Updated edition of SNiP 2.07.01-89 (approved by order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of December 28, 2010 N 820)]. (In Russian)
23. Atkina L.I., Zhukova M.V. *Estetika landshaftov* [Landscape aesthetics]. Ekaterinburg, Ural State Forestry University Publ., 2017, 75 p. (In Russian)

# КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Нина В. Фомина в значительной степени участвовала в написании рукописи, в ее концепции, в научном дизайне, в сборе материала, в анализе и интерпретации. Александр М. Луговской и Борис И. Кочуров в равной степени корректировали рукопись до подачи в редакцию. 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

Nina V. Fomina participated to a large extent in the research and writing of the manuscript, its concept, its scientific design, in the collection of material and in analysis and interpretation. Alexander M. Lugovskoy and Boris I. Kochurov were equally involved in correcting the manuscript before submitting it to the editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism or other ethical transgressions.

# NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION


The authors declare no conflict of interest.

# ORCID

Нина В. Фомина / Nina V. Fomina <https://orcid.org/0000-0001-6717-8960>  
 Александр М. Луговской / Alexander M. Lugovskoy <https://orcid.org/0000-0002-3985-4535>  
 Борис И. Кочуров / Boris I. Kochurov <https://orcid.org/0000-0002-8351-3658>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 574: 001.4 (470.6)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-150-157

## Особенности воспроизводства кустарниковой полевки *Microtus majori* Thomas, 1906 в природных условиях

Руслан И. Дзуев , Анна А. Чепракова, Фатима Х. Жияева, Карина А. Машукова

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, Нальчик, Россия

### Контактное лицо

Руслан И. Дзуев, доктор биологических наук, профессор, кафедра биологии, геоэкологии молекулярно генетических основ живых систем, Институт химии и биологии, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова; 360004 Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского 173.  
Тел. +79287182200  
Email [bioekol@mail.ru](mailto:bioekol@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1851-9719>

### Формат цитирования

Дзуев Р.И., Чепракова А.А., Жияева Ф.Х., Машукова К.А. Особенности воспроизводства кустарниковой полевки *Microtus majori* Thomas, 1906 в природных условиях // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 150-157. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-150-157

Получена 10 октября 2019 г.  
Прошла рецензирование 02 декабря 2019 г.  
Принята 15 января 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Цель исследования на основе изучения эколого-биологических особенностей кустарниковой полевки – расширить знания о закономерностях микроэволюции в пространстве, экологию и биологию, на основе чего составить суждение о приспособленных особенностях центрально-северокавказской популяции кустарниковой полевки (*Microtus majori* Thomas, 1906) в природных условиях.

**Материал и методы.** Материал для данной работы получен во время экспедиций и стационарных исследований, проведены авторами на Российском Центральном Кавказе с 2013 по 2017 гг. В течение этого времени проведено обследование различных биотопов пояса широколиственного леса с учетом как антропогенных нагрузок, так и сезона года.

**Результаты.** Стационарные исследования нами проведены с учетом сезона года, в поясе широколиственного леса. Размножение кустарниковых полевок исследованной нами популяции происходит в течение пяти месяцев (апрель-август). Размножение зимовавших полевок происходит в течение четырех месяцев (с начала апреля до конца июля), самки приносят три помета. Соответственно, можно говорить о том, что наибольшее значение в поддержании жизнеспособности популяции этого вида полевок приходится на перезимовавших сеголеток первых весенних когорт.

**Заключение.** Полученные в результате этого данные свидетельствуют о закономерной динамике (сезонной) возрастной структуры популяции, связанной с размножением и отмиранием особей отдельных возрастных групп. В изученной нами популяции кустарниковой полевки при изменении условий существования реагирует увеличением интенсивности размножения, сезонным изменением числа эмбрионов в помете, изменением половой и возрастной структуры, чутко реагирующих на любые колебание среды обитания.

### Ключевые слова

Полевка, популяция, биогеоценоз, детеныш, помет, когорта, потомство, выборка, сезон года, прибылые, зимовавшие, возрастной и половой состав.

# Features of reproduction of the shrub vole *Microtus majori* Thomas, 1906 in natural conditions

Ruslan I. Dzuev , Anna A. Cheprakova, Fatima H. Zhilyaeva and Karina A. Mashukova

H.M. Berbekova Kabardino-Balkaria State University, Nalchik, Russia

## Principal contact

Ruslan I. Dzuev, Doctor of Natural Sciences, Professor, Department of Biology and Geo-ecology of the Molecular Genetic Basis of Living Systems, Institute of Chemistry and Biology, H.M. Berbekov Kabardino-Balkaria State University; 173 Chernyshevskogo St, Nalchik, Russia 360004.

Tel. +79287182200

Email [bioekol@mail.ru](mailto:bioekol@mail.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1851-9719>

## How to cite this article

Dzuev R.I., Cheprakova A.A., Zhilyaeva F.H., Mashukova K.A. Features of reproduction of the shrub vole *Microtus majori* Thomas, 1906 in natural conditions. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 150-157. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-150-157

Received 10 October 2019

Revised 02 December 2019

Accepted 15 January 2020

## Abstract

**Aim.** The purpose of this research based on the study of the ecological and biological characteristics of the shrub vole is to expand knowledge about patterns of microevolution in space, ecology and biology on the basis of which to assess the adapted characteristics of the Central North Caucasian population of the shrub vole (*Microtus majori* Thomas, 1906) in natural conditions.

**Material and Methods** The material for this work was obtained during expeditions and stationary studies carried out by the authors in the Russian Central Caucasus from 2013 to 2017. During this time, a survey of various biotopes of the broad-leaved forest belt was carried out, taking into account both anthropogenic loads and the season of the year.

**Results.** Stationary studies were carried out, taking into account the season of the year, in deciduous forest belt. Reproduction of shrub voles in the population studied takes place over five months (April-August). Overwintered voles reproduce within four months (from early April to late July), females bearing three litters. Accordingly, we can say that the greatest importance in maintaining the viability of the population of this vole species falls on the overwintered yearlings of the first spring cohorts.

**Conclusions.** The data obtained indicate the regular dynamics of the (seasonal) age structure of the population, associated with the reproduction and death of individuals of certain age groups. When conditions of existence in the population of the shrub vole studied change, it reacts with an increase in the intensity of reproduction, a seasonal change in the number of embryos in a litter, a change in sex and age structure: it is sensitive to any fluctuations in its habitat.

## Key Words

Vole, population, biogeocenosis, calf, litter, cohort, offspring, sampling, season of the year, profitable, wintered, age and gender composition.

**ВВЕДЕНИЕ**

Объект нашего исследования – кустарниковая полевка – абориген и эндемик Кавказа, типичный и неотъемлемый компонент горно-лесных экосистем всего региона. Она представляет разносторонний интерес, в том числе в качестве модельного объекта исследования по широкому кругу общебиологических вопросов в природной обстановке и в условиях лабораторного эксперимента, которая имеет прямое отношение к проблеме микроэволюции и охраны уникального генофонда рассматриваемого региона. Необходимость ее разработки на основе достаточной выборки фактического материала отмечается в ряде работ териологов [1-10], занимавшихся изучением представителей рода *Microtus* Кавказа.

Комплексное изучение биологии и экологии *Microtus majori* Thomas, 1906, с охватом различных сезонов года, позволило выявить пределы внутривидовой изменчивости биологии и экологии исследуемого вида в условиях пояса широколиственного леса на Российском Центральном Кавказе, определить современное состояние и тенденция антропогенных изменений половозрастного состава, плодовитости и других вопросов.

Несмотря на то, что биологии и экологии представителей этого рода посвящена серия работ [2-4; 8-10], многие вопросы экологии и биологии отдельных видов этого уникального рода остаются белым пятном в научной литературе. Само существование исследуемого вида в условиях гор Кавказа остается весьма дискуссионной, видимо, это связано с тем, что не только видовая самостоятельность, оспаривается многими тюркологами [5-8].

**Цель** и задачи исследования – изучение биологии (размножение, плодовитость, половая и возрастная структура популяции) и экологии центрально-северокавказской популяции кустарниковой полевки (*Microtus majori* Thomas, 1906) в природных условиях:

- 1) Изучение особенности биологии размножения и плодовитости популяции кустарниковой полевки на территории северного макросклона Центрального Кавказа.
- 2) Изучение возрастной и половой структуры центрально-северокавказской популяции кустарни-

ковой полевки с учетом сезона года.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Материал для данной работы получен во время экспедиций и стационарных исследований, проведенных авторами на Российском Центральном Кавказе с 2013 по 2017 гг. В течение этого времени проведено обследование различных биотопов пояса широколиственного леса с учетом, как антропогенных нагрузок, так и сезона года. Численность кустарниковой полевки оценивалась по результатам относительного учета методом ловушко-линий с использованием давилков Геро [5]. Всех добытых зверьков обрабатывали по общепринятой методике (изучали хромосомный набор, половозрастную структуру, физиологическое состояние репродуктивных органов, сроки беременности, массу и размеры семенников, состояние матки, количество эмбрионов и плацентарных пятен в рогах матки). Всего отработано 1500 ловушко-суток, добыто 248 особей данного вида, в том числе 134 самки и 114 самцов.

Как отмечено выше, зверьков добывали в поясе широколиственных лесов (район голубых озер КБР), на высоте 900 м над уровнем моря.

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Стационарные исследования нами проведены с учетом сезона года, в поясе широколиственного леса. По нашим наблюдениям, размножение кустарниковой полевки в природе начинается в первых числах апреля. У самки массой тела 19,8 г, добытой 5 апреля 2014 г., выявлено, что матка имела набухшую форму, а 18 апреля выявлено 5 эмбрионов среднего размера (5,0х3,0 мм). Признаки участия самцов в размножении определяли по массе и размерам семенников. В начале апреля 2014 г. в природных условиях в размножении принимали участие 48,4% самцов и 67,0% самок. В апреле 2014 г. из 12 отловленных самок 8 были беременны. Процент беременных самок во второй половине апреля в популяции заметно возрастает, т.е. из 16 самок, пойманы с 16 по 22 апреля 2014 г., все были с эмбрионами (табл. 1). Среднее число эмбрионов на 1 самку в это время приходилось в среднем 3,76.

**Таблица 1.** Ход размножения кустарниковой полевки в условиях северного макросклона Центрального Кавказа (Голубые озера) по данным отлова 2014-2017 гг.

**Table 1.** Progress in the breeding of shrub voles in the northern slopes of the Central Caucasus (Blue Lake) according to capture data 2014-2017

Время исследования Research period	Количество половозрелых самок Number of mature females	Беременных Pregnant		С плацентарными пятнами With placental spots		Участвующих в размножении Involved in reproduction	
		n	%	n	%	n	%
1-я половина апреля 1st half of April	12	8	67,0	0	0	8	67,0
2-я половина апреля 2nd half of April	16	16	100	0	0	16	100
1-я половина мая 1st half of may	36	26	72,2	9	25	35	97,2



<b>1-я половина июня</b> 1st half of June	19	12	63,1	7	36,8	19	100
<b>2-я половина июня</b> 2nd half of June	18	10	55,5	8	44,4	18	100
<b>1-я половина июля</b> 1st half of July	8	3	37,5	4	50,0	7	87,5
<b>2-я половина июля</b> 2nd half of July	7	3	50,0	4	25,0	7	75,0
<b>5-18 августа</b> 5-18 August	12	1	8,3	5	41,6	6	50,0
<b>9-25 сентября</b> 9-25 September	6	0	0	2	33,3	2	33,3

О начале размножения кустарниковой полевки в природных условиях мы судили по изменениям размеров гонад добытых зверьков (табл. 2). Как видно из материалов данной таблицы, заметный рост гонад

происходит с 19 апреля достигает по размерам 6,2х11,4 мм, а масса от 340 до 520 мг. С этого времени до осени у половозрелых самцов эти показатели не меняются, в среднем от 8,8 до 9,0 мм, а масса – от 430 до 485 мг.

**Таблица 2.** Состояние половой системы у зимовавших прибылых самцов кустарниковой полевки в условиях северного макросклона Центрального Кавказа (2014-2017 гг.)

**Table 2.** State of reproductive system in wintering males of the scrub vole in the conditions of the northern macroslope of the Central Caucasus (2014-2017)

Месяц Month	Декада Decade	Общее число исследованных самцов Total number of males studied	Масса тела Body weight	Длина семенника, мм Testis length, mm	Масса двух семенников, мг Weight of two testes, mg	Доля самцов со сперматогенезом, % от всех зверьков Share of males with spermatogenesis, % of all animals
<b>Зимовавшие* / Wintering*</b>						
<b>Апрель</b> April	1	11	<u>18,3 – 10,3</u> 19,3	<u>5,8 – 10,3</u> 8,5	<u>250 – 630</u> 334,5	48
	2	5	<u>20,5 – 25,0</u> 22,7	<u>6,2 – 11,4</u> 8,3	<u>340 – 520</u> 430	83
<b>Май</b> May	1	16	<u>18,4 – 24,3</u> 21,4	<u>6,4 – 11,6</u> 9,0	<u>300 – 630</u> 465	100
<b>Июнь</b> June	2	28	<u>22,0 – 25,0</u> 23,5	<u>7,4 – 12,0</u> 9,7	<u>600 – 700</u> 650	100
<b>Июль</b> July	1	9	<u>18,0 – 24,0</u> 21,0	<u>6,4 – 11,6</u> 9,0	<u>350 – 620</u> 485	100
<b>Август</b> August	2	11	<u>17,0 – 22,4</u> 19,7	<u>4,0 – 9,7</u> 7,2	<u>300 – 440</u> 370	67
<b>Прибылые / Profit</b>						
<b>Июнь</b> June	1	11	<u>13,5 – 16,5</u> 15,0	<u>3,3 – 6,0</u> 4,65	<u>36 – 68</u> 52	0
	2	12	<u>18,7 – 26,7</u> 28,5	<u>5,7 – 12,0</u> 8,85	<u>339 – 700</u> 519,5	100
<b>Июль</b> July	1	5	<u>16,5 – 21,0</u> 18,7	<u>4,6 – 10,5</u> 7,5	<u>200 – 500</u> 350	80
	2	6	<u>15,0 – 24,0</u> 19,6	<u>3,4 – 12,0</u> 7,7	<u>600 – 740</u> 660	85,7

Примечание: \*в числителе – пределы изменчивости, в знаменателе – среднее

Note: \*in the numerator – the limits of variability, in the denominator – the average

В первой половине мая 2014 г. популяция *Microtus majori* состояла из половозрелых зверьков. Из 20 пойманных самок беременных было 15 (75%), с

плацентарными пятнами 5 (25%), среднее число эмбрионов составило 4,1 на самку. С 10 по 25 июня 2014 г. и 2016 г. в районе стационарного исследования

нами было отловлено 65 кустарниковых полевков. Из этого числа доля половозрелых самок составляла 48%, интенсивность размножения в этот период несколько снижается, доля беременных самок уменьшается (60%) по сравнению с весенней выборкой, однако процент самок с плацентарными пятнами постепенно возрастает (табл. 1). По-видимому, в середине июня у перезимовавших кустарниковых полевков наблюдается вторая беременность. По нашим наблюдениям, выход молодых из гнезд начинается с середины мая и идет до конца июня; по учетным данным молодые зверьки массой до 12 г в уловах составляют 60%. Молодые полевки, появившиеся весной, принимали участие в размножении рано, т.е. в год рождения. Самки первой кагорты забеременевают очень рано, едва достигнув массы 12-14 г, т.е. приблизительно в возрасте около 25-35 дней. Так, самка, добытая 15 июня 2014 г., имела массу тела 13 г и 4 эмбриона величиной по 6 мм; пойманная 25 июня 2014 г. самка имела при массе тела 13,8 г – 5 эмбрионов по 10 мм длиной. Среднее число эмбрионов у молодых самок в этот период составило 4,2 на самку. Как видно из табл. 2, у большинства самцов ранне-весенних выводков (апрель-май) интенсивность полового созревания начинается во второй половине июня. Все 14 отловленных самцов в этот период были готовы к размножению. В начале

июля доля самцов с активным сперматогенезом уменьшается до 80% за счет появления в уловах полевков июньских выводков, еще не достигших половозрелости, но в конце июля снова увеличивается и достигает 86,7%.

К концу августа, по нашим наблюдениям, размножение кустарниковой полевки полностью прекращается. Так, уже с июля отмечается некоторое снижение относительного числа беременных самок, по нашим данным, в 2016 г., этот показатель падает с 75% в конце июня до 37,5% в первой половине июля. Судя по 26 зверькам, добытым нами в период с 10 до 24 сентября 2016 г., полевки в размножении практически не участвовали (табл. 1).

Последнее подтверждается также наблюдениями наших коллег, которые проводили аналогичные исследования в сентябре 1978 г. в окр. Голубых озер КБР: у трех самок из 11 имелись плацентарные пятна, семенники у самцов (12 экз.) были уменьшены до минимума (длина 3,2×5,8; масса 53-110 мг). Все полевки были не молодые, одного месяца [2].

У зимовавших самок среднее число детенышей оказалось равным  $3,7 \pm 0,08$  (табл. 3). Число эмбрионов колеблется от 2 до 5.

**Таблица 3.** Изменчивость числа эмбрионов у зимовавших и прибылых самок кустарниковой полевки на северном макросклоне Центрального Кавказа

**Table 3.** Variability of the number of embryos in winter and additional females of the shrub vole on the northern slopes of the Central Caucasus

	Месяц Month	Общее число самок Total number of females	Количество самок (экз.) с числом эмбрионов Number of females (ind.) with number of embryos					$\bar{X} \pm m$
			1	2	3	4	5	
Зимовавшие Wintering	<b>Апрель</b> April	28	-	8	14	-	6	$3,14 \pm 0,20$
	<b>Май</b> May	36	-	-	7	18	11	$4,11 \pm 0,11$
	<b>Июнь</b> June	37	-	-	4	17	16	$4,32 \pm 0,11$
	<b>Июль</b> July	16	-	2	6	6	2	$3,50 \pm 0,22$
	<b>Август</b> August	12	-	7	5	-	-	$2,41 \pm 0,14$
	<b>Всего:</b> Total:	129	-	17	36	41	35	$3,71 \pm 0,08$
Прибылые Profit	<b>Июнь</b> June	11	-	-	3	6	2	$3,90 \pm 0,19$
	<b>Июль</b> July	5	-	1	3	1	-	$3,00 \pm 0,36$
	<b>Всего:</b> Total:	16	-	1	6	7	2	$3,62 \pm 0,19$

Как видно из табл. 3, для кустарниковой полевки характерно сезонное изменение количества эмбрионов в помете. Наибольшее число эмбрионов на 1 самку отмечалось нами в апреле-мае и колебалось в пределах 4,1-4,3 эмбрионов при средней величине 4,2; (n=73). Наименьшее число эмбрионов у зимовавших

отмечается в период с июля по август (в среднем за два года – 3,0; n=28).

Число эмбрионов у молодых, впервые приступивших к размножению, свидетельствует о закономерном изменении этого признака по средним показателям (табл. 3). В среднем по всему материалу

оно равно  $3,62 \pm 0,19$  с колебанием от 2 до 5), т.е. сезонная изменчивость числа помётов у кустарниковой полевки объясняется не только колебаниями условий жизни, но и истощением самок, приносящих за лето несколько выводков. Увеличение числа эмбрионов от первой к последней генерации у взрослых самок этого вида, видимо, является экологическим приспособлением, способствующим наибольшей выживаемости молодняка, поскольку основная его масса появляется в периоды, характеризующиеся обилием кормов и преобладанием определенных погодных условий.

Таким образом, размножение кустарниковых полевок исследованной нами популяции происходит в течение пяти месяцев (апрель-август). Размножение

зимовавших полевок происходит в течение четырех месяцев (с начала апреля до конца июля), самки приносят три помёта. Соответственно, можно говорить о том, что наибольшее значение в поддержании жизнеспособности популяции этого вида полевок приходится на перезимовавших сеголеток первых весенних когорт.

Способность популяции поддерживать свою численность в состоянии динамического равновесия, несмотря на изменения внешней среды, во многом определяется динамикой его возрастного состава. Материалы по изменчивости популяционной структуры кустарниковой полевки в условиях северного макросклона Центрального Кавказа представлены в табл. 4

**Таблица 4.** Возрастной и половой состав популяции кустарниковой полевки в условиях северного макросклона Центрального Кавказа

**Table 4.** Age and sex composition of shrub vole population in the conditions of the northern macroslope of the Central Caucasus

Месяц Month	Число прибылых ранних выводков Number of successful early litters		Число прибылых поздних выводков Number of successful late litters		Число зимо- вавших Number wintering		Относительное количество зверьков (% от общего числа) Relative number of animals (% of total)			
							Общее число зверьков Total number of animals			
	абс.	Из них самцы, % Males %	абс.	Из них самцы, % Males %	абс.	Из них самцы, % Males %				
<b>Апрель</b> April	-	-	-	-	11	45,4	11	100	-	-
<b>Май</b> May	-	-	-	-	17	60,0	17	100	-	-
<b>Июнь</b> June	14	64,3	-	-	15	53,4	29	51,7	48,3	-
<b>Июль</b> July	27	56,0	18	61,1	3	100	48	6,2	56,2	37,5
<b>Август</b> August	6	66,6	11	63,6	-	-	17	-	35,2	64,7
<b>Сентябрь</b> September	-	-	20	60,0	-	-	20	-	-	100
<b>Всего</b> Total	47	62,3	49	61,5	46	64,7	142	32,4	32,8	47,5

Применение комплекса методик по определению возраста кустарниковых полевок позволяет с достаточной точностью выделить три возрастные группы зверьков: зимовавшие, сеголетки раннего и позднего рождения. Полученные в результате этого данные (табл. 4) свидетельствуют о закономерной динамике (сезонной) возрастной структуры популяции, связанной с размножением и отмиранием особей отдельных возрастных групп. В апреле-мае популяция целиком состоит из взрослых перезимовавших полевок, относящихся к поздним генерациям прошлого года. Начиная с конца мая в ней все большую долю занимают прибылые первого, а затем и последующих помётов. В июне сеголетки составляют 48%, в июле –

94%, в августе – 100%. Несколько позднее из популяции исчезают прибылые первого выводка. В июле они составляют основу популяции – 56,2%, в августе – 35,2%, а в сентябре полностью вымирают. Соотношение полов во всей нашей выборке равно 1,2:1,0. Однако в различные сезоны года оно заметно меняется. В период вынашивания и выкармливания детенышей в уловах преобладают самки. С конца июля отмечается некоторое преобладание самцов. Видимо, это является результатом повышенной смертности самок после размножения.

Таким образом, в изученной нами популяции кустарниковой полевки при изменении условий существования реагирует увеличением интенсивности

размножения, сезонным изменением числа эмбрионов в помете, изменением половой и возрастной структуры, чутко реагирующих на любые колебание среды обитания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В центрально-северокавказской природной популяции кустарниковой полевки мы выделяем три возрастные группы: зимовавшие, сеголеток раннего и позднего рождения. Численность в популяции подвержена трансформации, а поддержания этого показателя в оптимальной для популяции фактически осуществляется за счет I и II возрастных групп. Половая структура кустарниковой полевки в природных условиях подвержена сезонной изменчивости, а соотношение полов в летне-осенний период близко 1,2: 1,0 (самцов и самок, соответственно). Ареал кустарниковой популяции на Северном Кавказе, по нашим данным и литературным сведениям занимает пойменные и широколиственные леса с оптимумом в поясе широколиственного леса от 100м до 1000м над уровнем моря. Приспособления к различным сезонам года в условиях северного макросклона Центрального Кавказа в поясе широколиственного леса (h=900м) у кустарниковой полевки (*M. majori* Thomas, 1906) выработался ряд общебиологических особенностей, хорошо отличающих ее от других представителей этого рода (размножение, плодовитость, скорость полового созревания и др.).

Сравнение наших данных с литературными сведениями показало, что пониженная потенциальная репродуктивность у кустарниковой полевки в природных условиях не является наследственной особенностью, а определяется конкретными факторами среды.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Покровский А.В., Большаков В.Н. Экспериментальная экология полевок. М.: Наука, 1979. 148 с.
2. Мамбетов А.Х. Развитие и особенности экологии кустарниковой полевки (*Pitymys majori* Thomas) // Тез. докл. Всес. совещ. по проблеме кадастра и учета животного мира. Уфа. 1989. С. 86-87.
3. Кетенчиев Х.А., Мамбетов А.Х. Гибринологическое изучение субальпийских форм кустарниковых полевок и опыт ресинтеза 42-хромосомной формы // Тез. Докл. Всесоюз. совещ. Пушино, 1983. С. 82-84.
4. Карасева Е.В., Телицина А.Ю. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: Наука, 1996. 227 с.
5. Бобринский Н.А. и др. Определитель млекопитающих СССР. М.: Просвещение, 1965. 382 с.
6. Павлинов И.Я., Крусон С.В., Воршавский А.А. и др. Наземные звери России. Справочник-определитель. М.: 2002, 298 с.
7. Темботова Ф.А. Млекопитающие Кавказа и омывающих его морей. Определитель. М.: КМК, 2015. 352 с.
8. Темботов и др. Эколого-географический аспект эволюции кустарниковых полевок Кавказа // Фауна, экология и охрана животных Северного Кавказа. Нальчик, 1976. Вып. 3. С. 3-35.
9. Дзюев Р.И., Чепракова А.А., Ахриева Л.А. Сравнительное изучение некоторых эколого-биологических особенностей полевок *Microtus arvalis macrocranius* Ognev, *Microtus arvalis gudaurens* Ognev и их помесей // Юг России: экология, развитие. 2013. Т. 8. N 4. С. 46-53.
10. Чепракова А.А., Хуламханова М.М., Дзюев Р.И., Дзюев А.Р. Сравнительное изучение биологии некоторых видов полевок Кавказа // Современные проблемы науки и образования. 2016. N 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24338> (дата обращения: 20.09.2019)

## REFERENCES

1. Pokrovskii A.V., Bol'shakov V.N. *Eksperimental'naya ekologiya polevok* [Experimental ecology of voles]. Moscow, Nauka Publ., 1979, 148 p. (In Russian)
2. Mambetov A.Kh. Razvitie i osobennosti ekologii kustarnikovo polevki (*Pitymys majori* Thomas) [Development and ecology of the shrub vole (*Pitymys majori* Thomas)]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznogo soveshchaniya po probleme kadastra i ucheta zhitovnogo mira, Ufa, 1989* [Abstracts of the All-Union Meeting on the Problem of Cadastre and Accounting of the Animal World, Ufa, 1989]. Ufa, 1989, pp. 86-87. (In Russian)
3. Ketenchiev Kh.A., Mambetov A.Kh. Gibrinologicheskoe izuchenie subal'piiskikh form kustarnikovykh polevok i opyt resinteza 42-khromosomnoi formy [Hybridological study of subalpine forms of shrub voles and the experience of resynthesis of the 42-chromosome form]. *Tezisy Dokladov Vsesoyuznogo soveshchaniya, Pushchino, 1983* [Theses of the reports of the All-Union meeting, Pushchino, 1983]. Pushchino, 1983, pp. 82-84. (In Russian)
4. Karaseva E.V., Telitsina A.Yu. *Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh* [Methods for studying rodents in the field]. Moscow, Nauka Publ., 1996, 227 p. (In Russian)
5. Bobrinskii N.A. et al. *Opredelitel' mlekopitayushchikh SSSR* [Keys to mammals of the USSR]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1965, 382 p. (In Russian)
6. Pavlinov I.Ya., Kuskon S.V., Vorshavskii A.A. et al. *Nazemnye zveri Rossii. Spravochnik-opredelitel'* [Land animals of Russia. Definition reference]. Moscow, 2002, 298 p. (In Russian)
7. Tembotova F.A. *Mlekopitayushchie Kavkaza i omyvayushchikh ego morei. Opredelitel'* [Mammals of the Caucasus and washing its seas. Determinant]. Moscow, KMK Publ., 2015, 352 p. (In Russian)
8. Tembotov et al. [Ecological and geographical aspect of the evolution of shrub voles of the Caucasus]. In: *Fauna, ekologiya i okhrana zhitovnykh Severnogo Kavkaza* [Fauna, ecology and animal protection of the North Caucasus]. Nalchik, 1976, vol. 2, pp. 3-35. (In Russian)
9. Dzuev R.I., Cheprakova A.A., Akhrieva L.A. Comparative studying of some ecological and biological peculiarities of *Microtus arvalis macrocranius* Ognev and *Microtus arvalis gudaurens* Ognev, and their crossbreds. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2013, vol. 8, no. 4, pp. 46-53. (In Russian)
10. Cheprakova A.A., Khulamkhanova M.M., Dzuev R.I., Dzuev A.R. [Comparative study of biology of certain voles Caucasus]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 2. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24338> (accessed 20.09.2019)

**КРИТЕРИИ АВТОРСТВА**

Руслан И. Дзюев собрал фаунистический материал, проводил определение видов, проанализировал данные. Анна А. Чепракова собрала фаунистический материал, проводила определение видов, проанализировала данные, корректировка рукописи. Фатима Х. Жильева собрала фаунистический материал. Карина А. Машукова собрала фаунистический материал. 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**

Ruslan I. Dzuev collected faunal material, carried definition of species, analyzed the data. Anna A. Cheprakova collected faunal material, conducted to determination of species, analysed data and corrected the manuscript. Fatima H. Zhilyaeva collected faunal material. Karina A. Mashukova collected faunal material. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

**NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION**

The authors declare no conflict of interest.

**ORCID**

Руслан И. Дзюев / Ruslan I. Dzuev <https://orcid.org/0000-0003-1851-9719>

Анна А. Чепракова / Anna A. Cheprakova <https://orcid.org/0000-0002-8575-2687>

Фатима Х. Жильева / Fatima H. Zhilyaeva <https://orcid.org/0000-0002-6548-5286>

Карина А. Машукова / Karina A. Mashukova <https://orcid.org/0000-0003-2038-1202>



Оригинальная статья / Original article  
УДК 504  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-158-164

## Распределение уровней загрязнения почвы тяжёлыми металлами в Ивановской и Костромской областях

Алексей Н. Сивухин<sup>1</sup> , Дмитрий С. Марков<sup>2</sup>, Ирина Б. Нода<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный университет, Иваново, Россия

<sup>2</sup>Ивановский государственный университет (Шуйский филиал), Шуя, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ САС «Ивановская», Богородское, Россия

### Контактное лицо

Алексей Н. Сивухин, старший преподаватель кафедры общей биологии и физиологии Ивановского государственного университета (ФГБОУ ВО «ИвГУ»); 153000 Россия, г. Иваново, пр-т Ленина, 136.  
Тел. +79158223153  
Email: [ecobiota@mail.ru](mailto:ecobiota@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5157-0500>

### Формат цитирования

Сивухин А.Н., Марков Д.С., Нода И.Б.  
Распределение уровней загрязнения почвы тяжёлыми металлами в Ивановской и Костромской областях // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 158-164. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-158-164

Получена 14 января 2020 г.

Прошла рецензирование 16 марта 2020 г.

Принята 23 марта 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Определить потенциальные источники загрязнения тяжёлыми металлами почвенного покрова Ивановской и Костромской областей. Обозначить риски для здоровья населения изучаемых регионов.

**Материал и методы.** Заложено 72 точки пробоотбора. Лабораторная подготовка вытяжек из почвенных образцов велась на базе биолого-химического факультета Ивановского государственного университета. Аппаратный анализ проводился на атомно-абсорбционном спектрофотометре «210 VGP». Статистическая и математическая обработка данных проводилась в открытом программном пакете «OpenOffice Calc». Построение картографических материалов осуществлялась в ГИС «Quantum GIS Brighton». Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то для них был рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ , отражающий эффект воздействия групп элементов.

**Результаты.** В весенних образцах почвы значительных превышений предельно допустимых концентраций (ПДК) для кобальта, свинца и кадмия не обнаружено. Средняя величина загрязнённости ( $Z_c$ ) для Ивановской области составила 20 единиц (значительный уровень загрязнения), для Костромской – 38 (высокий уровень загрязнения). Коэффициент опасности для содержания тяжёлых металлов в почвенном покрове Ивановской области входит во второй диапазон (значительный риск), в почвенном покрове Костромской области – в третий диапазон (высокий риск).

**Заключение.** В основном тяжёлые металлы попадают в почву со свалок твёрдых бытовых отходов, а также оседают в течение бесснежного времени года. Существует риск для здоровья населения.

### Ключевые слова

Тяжёлые металлы, Ивановская область, Костромская область, коэффициент опасности, почва.

# Distribution of levels of soil contamination by heavy metals in the Ivanovo and Kostroma regions, Russia

Alexey N. Sivukhin<sup>1</sup> , Dmitry S. Markov<sup>2</sup> and Irina B. Noda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ivanovo State University, Ivanovo, Russia

<sup>2</sup>Ivanovo State University, (Shuya branch), Shuya, Russia

<sup>3</sup>FSBI SAS Ivanovskaya, Bogorodskoye village, Russia

## Principal contact

Alexey N. Sivukhin. Senior Lecturer,  
Department of General Biology and  
Physiology, Ivanovo State University; 136  
Lenin Ave, Ivanovo, Russia 153000.  
Tel. +79158223153  
Email [ecobiota@mail.ru](mailto:ecobiota@mail.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5157-0500>

## How to cite this article

Sivukhin A.N., Markov D.S., Noda I.B.  
Distribution of levels of soil  
contamination by heavy metals in the  
Ivanovo and Kostroma regions, Russia.  
*South of Russia: ecology, development*.  
2020, vol. 15, no. 2, pp. 158-164. (In  
Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-  
2020-2-158-164

Received 14 January 2020

Revised 16 March 2020

Accepted 23 March 2020

## Abstract

**Aim.** Identify potential sources of heavy metal contamination of soil in the Ivanovo and Kostroma regions, Russia. Identify the risks to public health in the regions studied.

**Material and Methods.** 72 sampling sites were laid out. Laboratory preparation of extracts from soil samples was carried out in the facilities of the Biological-Chemical Faculty of Ivanovo State University. Hardware analysis was undertaken using a 210 VGP atomic absorption spectrophotometer. Statistical and mathematical data processing was carried out with the OpenOffice Calc open-source software package. The plotting of cartographic materials was done with Quantum GIS Brighton. Since soils are often contaminated with several elements at the same time, the total pollution index (Zc) was calculated for them, thus reflecting the effect of exposure of the groups of elements.

**Results.** Significant excesses above the maximum permissible concentrations (MPC) for cobalt, lead, and cadmium were not found in spring soil samples. The average pollution value Zc for the Ivanovo region was 20 units (a significant pollution level) and for Kostroma - 38 (a high pollution level). The hazard coefficient for the content of heavy metals in the soil cover of the Ivanovo region is thus in the second range (significant risk), while in the soil cover of the Kostroma region it is in the third range (high risk).

**Conclusions.** Mostly heavy metals enter the soil from solid waste dumps and also settle during the snowless season. There is a risk to public health.

## Key Words

Heavy metals, Ivanovo region, Kostroma region, hazard coefficient, soil.

## ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, неизбежно сопровождающее нынешний технический прогресс, наносит ущерб здоровью населения [1-3]. В связи с тем, что работы, посвященные изучению загрязнения почвенного покрова и его влияния на здоровье жителей Ивановской и Костромской областей очень немногочисленны, актуальность и своевременность данного исследования не подлежит сомнению. В докладе Департамента природных ресурсов и экологии по Ивановской области отражено в основном влияние на водную и атмосферную среду, почва изучена лишь опосредованно, работ на эту тему немного [4].

Общее содержание тяжелых металлов в почвенном покрове Ивановской и Костромской областей достаточно высоко, предельно допустимые концентрации свинца, кадмия и кобальта в отдельных местах превышены в несколько раз [5].

Помимо очевидного вреда, который могут приносить валовые формы тяжёлых металлов, с пылью попадая в дыхательные пути человека и животных, серьёзную опасность загрязнение подвижными формами тяжёлых металлов представляет по причине их высокой биодоступности для культурных растений, возделываемых на проблемной территории и выпас скота, либо скашивание травы для прокорма скота и птицы [6; 7]. Поля Ивановской и Костромской областей активно засеваются сельскохозяйственными культурами, как в промышленных масштабах, так и в личных целях (огороды, дачные участки). Потребление этих растений и мяса этих животных в пищу обуславливает накопление поллютанта в организме человека.

Очень важно понять, откуда поступают поллютанты в почвенный покров и в какие сезоны их концентрация наиболее высока. Исследования в соседних регионах показывают, что источниками тяжёлых металлов в почвах в основном являются промышленные предприятия [8].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось на территории Ивановской и Костромской областей. Объектом исследования послужили почвы. Опираясь на данные, полученные в 2014 году [5], было принято решение проверить содержание кадмия, кобальта и свинца в районе потенциальных источников загрязнения, поскольку именно эти поллютанты характеризовались наибольшими величинами содержания в почвенном покрове. Для уточнения времени задержки элементов в биодоступном слое почвы пробы отбирались в мае-июне 2018 года.

Были проанализированы образцы из 20 точек пробоотбора – район Костромской ГРЭС, юго-восточная граница Приволжска, район рекультивированной ШПУ УР-100 в 5 км севернее Лежнева, районы ТЭЦ-2 (в том числе её золоотвалы) и бывшего меланжевого комбината в г. Иваново, свалка ТБО «Чистое поле» и район ИЗТС в г. Иваново, а также деревни Болобино, Серково и Чихачево, которые находятся вдоль трассы Иваново – Нижний Новгород. Эти точки максимально приближены к потенциальным источникам тяжёлых

металлов (промышленные предприятия, электростанция, крупные автомагистрали, такие как Иваново – Нижний Новгород). Также, были математически проанализированы данные, полученные нами ранее для Ивановской и Костромской областей.

Каждая почвенная проба была усреднена квартованием, затем из образцов были приготовлены азотнокислые и пероксидные вытяжки для обнаружения валовых и подвижных соединений тяжёлых металлов соответственно [9]. Лабораторная подготовка вытяжек велась на базе биолого-химического факультета Ивановского государственного университета. Аппаратный анализ проводился на атомно-абсорбционном спектрофотометре «210 VGP» на базе испытательного центра «Качество». Статистическая и математическая обработка данных проводилась в открытом программном пакете «OpenOffice Calc». Построение картографических материалов осуществлялась в ГИС «Quantum GIS Brighton».

Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то для них был рассчитан суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ , отражающий эффект воздействия групп элементов:  $Z_c = \sum (K_c) - (n-1)$ , где  $n$  – число учитываемых элементов [10].

Расчёт рисков для населения зависит от многих факторов. Необходимо учитывать способ и скорость распространения того или иного поллютанта, опасность каждого из них, особенности жизни людей в различных регионах и множество других параметров.

Общая формула для расчета величины поступления химического вещества имеет следующий вид:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}, \text{ где}$$

$I$  – поступление (количество химического вещества на границе обмена), мг/кг массы тела в день;

$C$  – концентрация химического вещества; средняя концентрация, воздействующая в период экспозиции (например, мг/л воды);

$CR$  – величина контакта; количество загрязненной среды, контактирующее с телом человека в единицу времени или за один случай воздействия (например, л/день);

$EF$  – частота воздействий, число дней/год;

$ED$  – продолжительность воздействия, число лет;

$BW$  – масса тела: средняя масса тела в период экспозиции, кг;

$AT$  – время осреднения; период осреднения экспозиции, число дней [11].

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности по формуле:

$$HQ = AD/RfD \text{ или } HQ = AC/RfC,$$

где  $HQ$  – коэффициент опасности;

$AD$  – средняя доза, мг/кг;

$AC$  – средняя концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$RfD$  – референтная (безопасная) доза, мг/кг;

$RfC$  – референтная (безопасная) концентрация, мг/м<sup>3</sup> [12].

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Общая величина загрязненности Zc, рассчитанная для Ивановской области относительно регионального фона в 2014 г. составляет 20, что говорит о значительном уровне загрязнения, для которого характерен относительно высокий уровень заболеваемости населения, особенно детей, а также высокая вероятность развития физиологических отклонений. Для удобства восприятия информации были созданы

карты распределения значения Zc по муниципальным районам (рис. 1). Рассчитанные значения Zc для большинства исследуемых участков в Костромской области в основном превышают порог в 32 единицы (рис. 2), что говорит о высокой степени общего загрязнения тяжёлыми металлами на данных территориях ( $32 < Zc < 128$ ). Среднее значение Zc по Костромской области составило 38, что говорит об опасной категории загрязнения почв [11; 12].

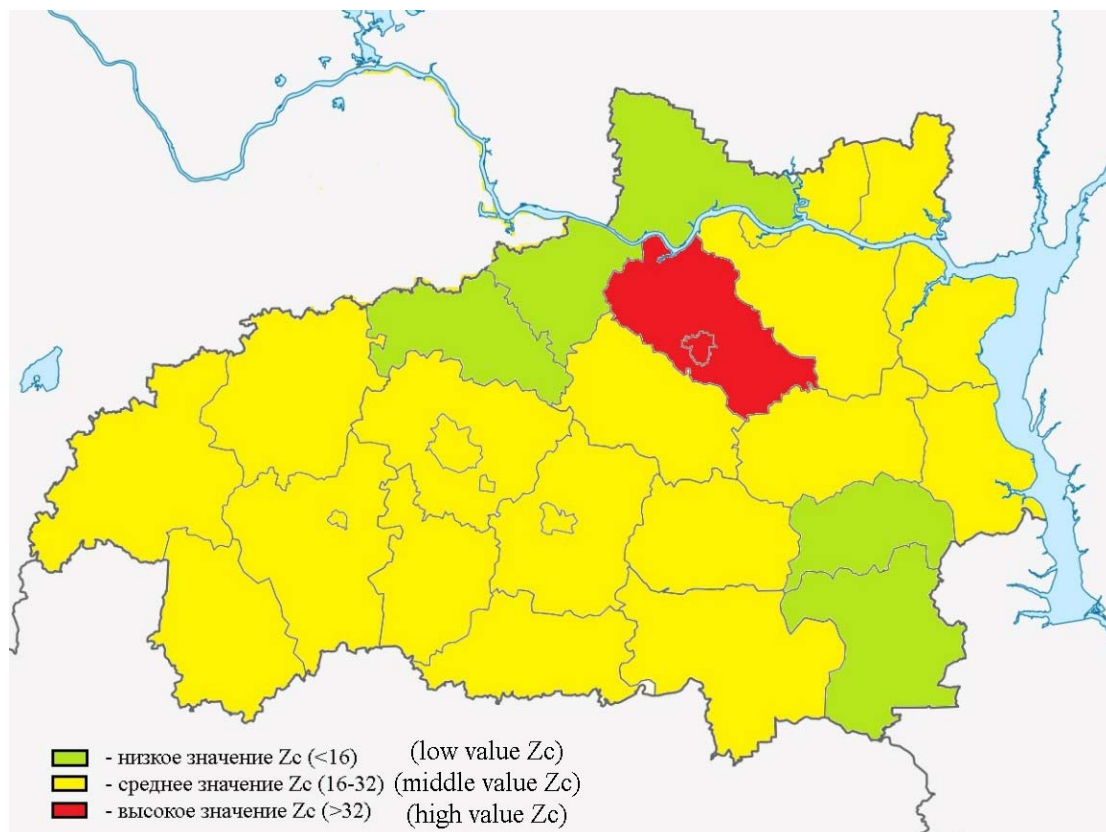
**Таблица 1.** Содержание валовых и подвижных форм тяжёлых металлов в отдельных точках Ивановской и Костромской областей

**Table 1.** Content of gross and mobile forms of heavy metals at individual points in the Ivanovo and Kostroma regions

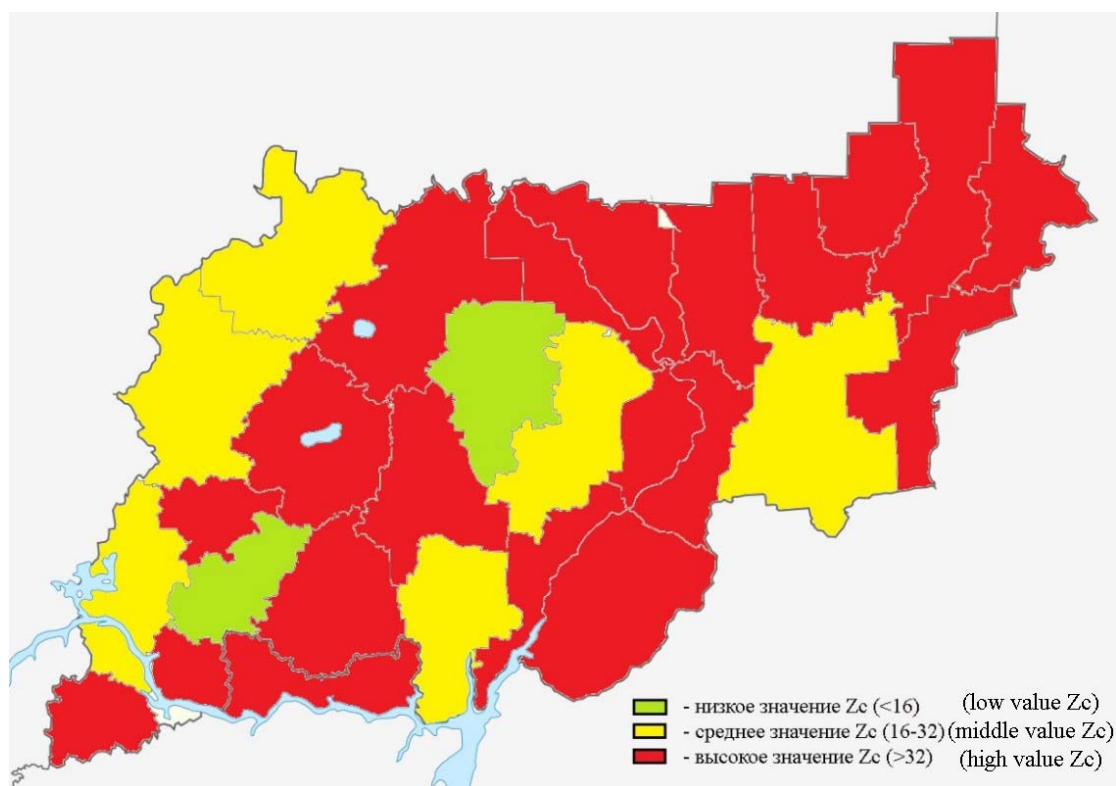
Точки Points	Pb mov, mg/kg*	Pb gross, mg/kg*	Cd mov, mg/kg*	Cd gross, mg/kg*	Co mov, mg/kg*	Co gross, mg/kg*
1. Золотвал у бывшего Завода чесальных машин / Carding Machine Factory	0,108	24,3	0	0,062	0,049	0,344
2. Ивановский абразивный завод / Ivanovo Abrasive Works	0,041	-	0		0,017	-
3. Костромская ГРЭС / Kostroma Hydroelectric Station	0,03	12,7	0	0,02	0,137	0,804
4. Болобино / Bolobino	0,016	4,8	0,004	0	0,026	0,824
5. У забора ТЭЦ-2 / Fence of Thermal Power Plant-2	0,04	16,7	0	0,177	0,01	0,764
6. Берег реки у ТЭЦ-2 / River bank of Thermal Power Plant-2	1,348	17,6	0	0,227	0,016	0,724
7. Маслово, 1,5 км юго-восточнее от ШПУ УР-100 / Maslovo, 1.5 km south-east of ShPU UR-100	0,064	<b>38,6**</b>	0	0,097	0,019	0,964
8. Ул. Станкостроителей с запада от ИЗТС / Ivanovo Machine Tool Manufacturing Plant	0,113	3,6	0	-	0,02	-
9. Завод чесальных машин / Carding Machine Factory	0,069	-	0,003	0,009	0,07	0,704
10. Свалка «Чистое Поле» на старых кучах / Chistoye Pole rubbish dump on old heaps	0,278	19,4	0,005	0,167	0,078	0,614
11. ШПУ УР-100 в 5 км севернее Лежнева / ShPU UR-100 about 5 km north of Lezhnevo	0,348	19,1	0	0,082	0,103	0,514
12. Граница Ивановской и Нижегородской обл. / Border of Ivanovo and Nizhny Novgorod regions	0,045	11,5	0	0,297	0,035	0,434
13. Меланжевый комбинат / Melange plant	<b>51,748**</b>	-	0,04	-	0,298	-
14. Свалка «Чистое Поле» на новых кучах / Chistoye Pole rubbish dump on new heaps	<b>6,248**</b>	-	0	-	0,051	-
15. Торфяной переезд / Torfyanoy pereezd	0,158	-	0,005	-	0,049	-
16. Свалка «Чистое Поле» у дороги / Chistoye Pole rubbish dump on the road	2,178	-	0,98	-	0,039	-
17. Юго-восточная граница Приволжска / South-eastern border of Privolzhsk	0,088	11,1	0,105	<b>1,297**</b>	0,157	0,554
18. Поле культурных злаков у Рогозинихи / Field of cultivated cereals in Rogozinikha	0,118	4,3	0,116	0,124	0,041	1,144
19. Серково / Serkovo	0,108	19,3	0,067	0,04	0,129	0,604
20. Чихачево / Chikhachovo	0,068	15,8	6,056	0,127	0,038	0,594

Примечание: \* – Mov – подвижные формы, gross – валовые формы. \*\* – Полужирным шрифтом указаны превышения ПДК (ОДК)

Note: \* – Mov – mobile forms, gross – gross forms. \*\* – Bold indicates in excess of MPC (UEC)



**Рисунок 1.** Общая величина загрязнённости ( $Z_c$ ) для Ивановской области в 2014 году  
**Figure 1.** Total amount of pollution ( $Z_c$ ) for the Ivanovo region in 2014



**Рисунок 2.** Общая величина загрязнённости ( $Z_c$ ) для Костромской области в 2014 году  
**Figure 2.** Total amount of pollution ( $Z_c$ ) for the Kostroma region in 2014



Проведённый анализ рисков для населения при поступлении тяжёлых металлов в организм ингаляционным или пероральным путём из почвы показал, что имеются опасения насчёт отдельных элементов. В Ивановской области поступление меди ( $1,1 \cdot 10^{-5}$ ), марганца ( $1,8 \cdot 10^{-5}$ ), кадмия ( $2,9 \cdot 10^{-5}$ ) и железа ( $7,6 \cdot 10^{-6}$ ) соответствует второму диапазону риска HQ, что говорит о содержании этих металлов на границе предельно допустимой концентрации. Поступление же свинца ( $1,4 \cdot 10^{-4}$ ) и кобальта ( $1,4 \cdot 10^{-3}$ ) находятся в пределах третьего диапазона риска, что неприемлемо для населения. Для Костромской области поступление в организм человека меди ( $7,7 \cdot 10^{-6}$ ), марганца ( $1,2 \cdot 10^{-6}$ ), кадмия ( $2,5 \cdot 10^{-6}$ ), никеля ( $9,8 \cdot 10^{-7}$ ) и железа ( $2,2 \cdot 10^{-5}$ ) соответствует второму диапазону риска. Свинца ( $6,8 \cdot 10^{-4}$ ) и кобальта ( $8,6 \cdot 10^{-4}$ ) – третьему диапазону. Значительных превышений ПДК для свинца, кадмия и кобальта не обнаружено (табл. 1), что может свидетельствовать о внесении значительного количества тяжёлых металлов за летний период в виде взвешенных частиц с атмосферной пылью, поскольку в пробах, взятых осенью, концентрация изучаемых металлов была гораздо выше [5]. Они накапливаются в течение лета и осени, а весной уходят в глубинные слои почвы вместе с растаявшим снегом. В качестве постоянного источника загрязнения тяжёлыми металлами могут выступать свалки ТБО. Достаточно высокие, хоть и не превышающие ПДК значения концентрации тяжёлых металлов были обнаружены в районе рекультивированной ШПУ УР-100 (табл. 1). Это можно объяснить тем, что при рекультивации в неё было сброшено несколько тонн деноминированных советских банкнот [13], краски для которых содержали свинец и некоторые другие тяжёлые элементы. Постоянное омывание содержимого шахты водами атмосферных осадков может поддерживать стабильный уровень тяжёлых металлов в окрестных почвах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнивая данные осенних и весенних пробоотборов, можно предположить, что основное количество тяжёлых металлов в верхнем слое почвы появляется в течение лета, предположительно из аэрозольной фракции атмосферы. Средняя величина загрязнённости Zс для Ивановской области составила 20 единиц (значительный уровень загрязнения), для Костромской – 38 (высокий уровень загрязнения). Коэффициент опасности для содержания тяжёлых металлов в почвенном покрове Ивановской области входит во второй диапазон (значительный риск), в почвенном покрове Костромской области – в третий диапазон (высокий риск). Необходимо продолжать мониторинг состояния почвенного покрова, поиск новых закономерностей распределения тяжёлых металлов, а также способов снижения рисков для населения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивухин А.Н., Марков Д.С. Оценка содержания тяжёлых металлов в почвенном покрове средней полосы Российской Федерации // Научная жизнь. 2016. N 12. С. 87-100.

2. Naggar Ya.A., Naiem E., Mona M., Giesy J.P., Seif A. Metals in agricultural soils and plants in Egypt // Toxicological & Environmental Chemistry. 2014. V. 96. Iss. 5. P. 730-742. DOI: 10.1080/02772248.2014.984496
3. Михальчук Н.В. Тяжёлые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах юго-запада Беларуси // Агроекологічний журнал. 2017. N 3. С. 27-31.
4. Дунаев А.М., Латухина К.С., Абдалла А.А., Никифоров А.Ю. Уровни присутствия свинца, кадмия и 3D-элементов в почвенном слое Ивановской области // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. 2011. Т. 54. N 6. С. 109-111.
5. Румянцев И.В., Дунаев А.М., Сивухин А.Н., Марков Д.С., Гриневич В.И. Эколого-гигиеническая оценка качества почв Ивановской области // Безопасность в техносфере. 2017. Т. 6. N 1. С. 31-37. DOI: 10.12737/article\_5901972b9ab545.73573107
6. Elliott H.A., Liberati M.R., Huang C.P. Competitive adsorption of heavy metals by soils // Journal of Environmental Quality. 1986. V. 15. Iss. 3. P. 214-219. DOI: 10.2134/jeq1986.00472425001500030002x
7. Ветрова О.А., Леоничева Е.В. Влияние минерального питания на барьерные функции растений земляники по отношению к тяжёлым металлам // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 100-107.
8. Трифонова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А. Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями тяжёлых металлов и мышьяка // Теоретическая и прикладная экология. 2018. N 2. С. 94-101. DOI: 10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1
9. Ревич Б.А., Саёт Ю.Е., Смирнова Р.С. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (Утв. 15 мая 1990 г. N 5174-90). М.: ИМГРЭ, 1990. С. 8-15.
10. Саёт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
11. Новиков С.М. Алгоритмы расчета доз при оценке риска, обусловленного многофакторным воздействием химических веществ. М.: Консультационный центр по оценке риска, 1999. С. 12-20.
12. Оценка рисков для организма человека, создаваемых химическими веществами: обоснование ориентировочных величин для установления предельно допустимых уровней экспозиции по показателям влияния на состояние здоровья. Гигиенические критерии качества окружающей среды 170. МПХБ /ВОЗ. Женева, 1995. С. 38-42.
13. Котляр А. Прокуратура начала расследование, связанное с ракетными шахтами // Правда. 2003. URL: <https://www.pravda.ru/accidents/36251-ivanovo>. (дата обращения: 26.08.2019)

## REFERENCES

1. Sivukhin A.N., Markov D.S. Evaluation of heavy metals content in soil landscape of the midland of Russian Federation. Nauchnaya zhizn' [Scientific Life]. 2016, no. 12, pp. 87-100. (In Russian)
2. Naggar Ya.A., Naiem E., Mona M., Giesy J.P., Seif A. Metals in agricultural soils and plants in Egypt //

- Toxicological & Environmental Chemistry. 2014. V. 96. Iss. 5. P. 730-742. DOI: 10.1080/02772248.2014.984496
3. Mikhalechuk N.V. Heavy metals and trace elements in the background soils and agrolandscapes of the south-west of Belarus. *Agroekologicheskiy zhurnal* [Agroecology magazine]. 2017, no. 3, pp. 27-31. (In Russian)
4. Dunaev A.M., Latukhina K.S., Abdalla A.A., Nikiforov A.Yu. Levels of the presence of lead, cadmium and 3D elements in the soil layer of the Ivanovo region. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii, Seriya Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya]. 2011, vol. 54, no. 6, pp. 109-111 (In Russian)
5. Rumyantsev I.V., Dunaev A.M., Sivuhin A.N., Markov D.S., Grinevich V.I. Ecological and Hygienic Assessment of Ivanovo Region's Soils Quality. *Safety in technosphere*, 2017, vol. 6, no. 1, pp. 31-37. (In Russian) DOI: 10.12737/article\_5901972b9ab545.73573107
6. Elliott H.A., Liberati M.R., Huang C.P. Competitive adsorption of heavy metals by soils. *Journal of Environmental Quality*, 1986, vol. 15, iss. 3, pp. 214-219. DOI: 10.2134/jeq1986.00472425001500030002x
7. Vetrova O.A., Leonicheva E.V. The impact of mineral nutrition on barrier functions of strawberry plants relative to heavy metals. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Fruit growing and berry growing in Russia]. 2017, vol. 52, pp. 100-107. (In Russian)
8. Trifonova T.A., Podolets A.A., Selivanov O.G., Martsev A.A. Assessment of soil contamination in the recreational areas of the city by the industrial compounds of heavy metals and arsenic. *Theoretical and Applied Ecology*, 2018, no. 2, pp. 94-101. (In Russian) DOI: 10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1
9. Revich B.A., Saet Yu.E., Smirnova R.S. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke stepeni zagryazneniya atmosfernogo vozdukha naselennykh punktov metallami po ikh sodержaniyu v snezhnom pokrove i pochve* [Guidelines for assessing the degree of pollution of atmospheric air of settlements with metals according to their content in the snow cover and soil]. Moscow, IMGRE Publ., 1990, pp. 8-15 (In Russian)
10. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. and other. *Geokhimiya okruzhayushchei sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow, Nedra Publ., 1990, 335 p. (In Russian)
11. Novikov S.M. *Algoritmy rascheta doz pri otsenke riska, obuslovlennogo mnogostroyemym vozdeystviem khimicheskikh veshchestv* [Algorithms for calculating doses in assessing the risk arising from the multi-media exposure to chemicals]. Moscow, Risk Assessment Advisory Center Publ., 1999, pp. 12-20. (In Russian)
12. *Otsenka riskov dlya organizma cheloveka, sozdavaemykh khimicheskimi veshchestvami: obosnovanie orientirovochnykh velichin dlya ustanovleniya predel'no dopustimykh urovnei ekspozitsii po pokazatelyam vliyaniya na sostoyanie zdorov'ya. Gigienicheskie kriterii kachestva okruzhayushchei sredy 170* [Assessment of risks to the human body created by chemicals: substantiation of indicative values for establishing maximum permissible exposure levels according to indicators of influence on the state of health. Hygienic criteria for environmental quality 170]. IPCS. WHO. Geneva, 1995, pp. 38-42. (In Russian)
13. Kotlyar A. The prosecutor's office began an investigation related to missile mines. *Pravda* [True]. 2003. (In Russian) Available at: <https://www.pravda.ru/accidents/36251-ivanovo> (accessed 08.26.2019)

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Алексей Н. Сивухин осуществил сбор и анализ образцов, статистическую обработку данных, написал рукопись. Дмитрий С. Марков составил картографические материалы, провёл консультативную работу. Ирина Б. Нода осуществила корректировку статьи, провела консультативную работу. 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

Alexey N. Sivukhin collected and analyzed samples, processed the data statistically and wrote the manuscript. Dmitry S. Markov compiled cartographic materials and undertook consultative work. Irina B. Noda corrected the article and undertook advisory work. All authors equally bear responsibility for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

#### ORCID


Алексей Н. Сивухин / Alexey N. Sivukhin <https://orcid.org/0000-0002-5157-0500>

Дмитрий С. Марков / Dmitry S. Markov <https://orcid.org/0000-0002-1983-6428>

Ирина Б. Нода / Irina B. Noda <https://orcid.org/0000-0001-9572-3225>

Оригинальная статья / Original article  
УДК 591.151:636.22/.28.082.13(470.67)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-165-171

## Полиморфизм генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан

Алимсолтан А. Оздемиров<sup>1</sup>, Марина И. Селионова<sup>2</sup>, Людмила Н. Чинова<sup>2</sup> ,  
Абдусалам А. Хожиков<sup>1</sup>, Евгения С. Суржилова<sup>2</sup>, Джавгарат М. Рамазанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный аграрный научный центр РД, Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

### Контактное лицо

Людмила Н. Чинова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»; 356241, Россия, г. Михайловск, ул. Никонова, 49.  
Тел. +7(8652)717218  
Email [immunogenetika@yandex.ru](mailto:immunogenetika@yandex.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4029-0482>

### Формат цитирования

Оздемиров А.А., Селионова М.И., Чинова Л.Н., Хожиков А.А., Суржилова Е.С., Рамазанова Д.М. Полиморфизм генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 165-171.  
DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-165-171

Получена 16 января 2020 г.  
Прошла рецензирование 12 марта 2020 г.  
Принята 23 марта 2020 г.

### Резюме

**Цель.** Широкое распространение так называемых коммерческих пород приводит к потере уникального генофонда аборигенных пород, сужению той генетической базы, которая необходима для сохранения, увеличения генетического разнообразия еще сохранившихся пород скота. К таким породам относится кавказская бурая. В связи с этим целью настоящих исследований явилось изучение полиморфизма генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* молочного скота, разводимого в разных эколого-климатических зонах Республики Дагестан, для выявления генотипов носителей селекционно-значимых маркерных аллелей для сохранения и дальнейшего использования их в селекционном процессе.

**Материал и методы.** Использование методов ПЦР-ПДРФ проведено генотипирование коров кавказской бурой породы, разводимой в разных природно-климатических зонах. Изучен полиморфизм генов *PIT-1*, *PRL*, *GH*, проведен анализ их аллельного спектра, выявлены генотипы, проведен популяционный анализ их распределения в исследуемом поголовье, изучены особенности генетической структуры исследуемых популяций в связи с условиями среды их обитания.

**Результаты.** Установлено своеобразие аллельного спектра генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* характерное для каждой исследуемой популяции животных. Выявлены гомо-, гетерозиготные генотипы носители желательных маркерных аллелей с частотой встречаемости, зависящей как от гена, так и популяционной принадлежности животных. Выявлены особенности генетической структуры изучаемых генов в исследуемых популяциях.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о генетическом своеобразии кавказской бурой породы, разводимой в разных природно-климатических зонах Республики Дагестан и вероятно, связаны с проявлением такой адаптации, характер которой складывается под влиянием сложившихся экологических, природно-климатических условий среды обитания.

### Ключевые слова

Генодиагностика, генофонд, популяция, адаптация, молочный скот, кавказская бурая порода.

# Polymorphism of PIT-1, PRL and GH genes in dairy cattle of the Caucasian Brown breed bred in various natural ecological zones of the Republic of Dagestan, Russia

Alimsoltan A. Ozdemirov<sup>1</sup>, Marina I. Selionova<sup>2</sup>, Lyudmila N. Chizhova<sup>2</sup> ,  
Abdusalam A. Khozhokov<sup>1</sup>, Evgeniya S. Surzhikova<sup>2</sup> and Dzhavgarat M. Ramazanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Agricultural Research Centre of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

<sup>2</sup>North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, Mikhailovsk, Russia

## Principal contact

Lyudmila N. Chizhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor and chief researcher, Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, North Caucasus Federal Agricultural Research Centre; 49 Nikonova St, Mikhailovsk, Russia 356241.  
Tel. +7(8652)717218  
E-mail [mmunogenetika@yandex.ru](mailto:mmunogenetika@yandex.ru)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4029-0482>

## How to cite this article

Ozdemirov A.A., Selionova M.I., Chizhova L.N., Khozhokov A.A., Surzhikova E.S., Ramazanova D.M. Polymorphism of PIT-1, PRL and GH genes in dairy cattle of the Caucasian Brown breed bred in various natural ecological zones of the Republic of Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 165-171. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-165-171

Received 16 January 2020

Revised 12 March 2020

Accepted 23 March 2020

## Abstract

**Aim.** The widespread use of so-called commercial breeds leads to the loss of a unique gene pool of native breeds and the narrowing of the genetic base that is necessary to preserve and to increase the genetic diversity of cattle breeds which are still preserved. These breeds include the Caucasian Brown. In connection, the aim of this research was to study the polymorphism of *PIT-1*, *PRL* and *GH* genes in dairy cattle bred in different ecological climatic zones of the Republic of Dagestan to identify the genotypes of carriers of selection-significant marker alleles for their preservation and further use in the selection process.

**Material and Methods.** Genotyping of the Caucasian brown breed cows bred in different natural climatic zones was carried out using PCR-RFLP methods. The polymorphism of *PIT-1*, *PRL* and *GH* genes was studied, population analysis of their distribution in the cattle stock studied was carried out and the features of the genetic structure in the researched populations were studied in relation to the conditions of their habitat.

**Results.** The specific allelic *PIT-1*, *PRL*, and *GH* gene spectrum, characteristic for each animal population studied has been established. Homozygous and heterozygous carrier genotypes of the desired marker alleles with frequency of occurrence depending on both the gene and the animal population were identified. The genetic structural features of the genes studied in the researched populations were revealed.

**Conclusion.** The data obtained indicate the genetic uniqueness of the Caucasian Brown breed bred in different natural climatic zones in the Republic of Dagestan and are probably associated with the manifestation of adaptations, the nature of which has developed under the influence of the prevailing ecological, natural climatic conditions of its habitat.

## Key Words

Gene diagnosis, gene pool, population, adaptation, dairy cattle, Caucasian Brown breed.

## ВВЕДЕНИЕ

При действии на организм животных неблагоприятных экологических условий, процесс адаптации и компенсации сопровождается изменениями в координации целого ряда систем: морфологических, биохимических, иммунологических и других, с одной стороны, формированием и закреплением такого механизма адаптации, который путем увеличения избирательной активности определенных генов, их экспрессии, повышения активности клеточных структур, обеспечивает лучшую выживаемость животных при изменении условий содержания, с другой.

Пути адаптации к конкретным условиям различны. Это прежде всего сбалансированный отбор, направленный на поддержание аллельного многообразия генов, а также средовые факторы, обеспечивающих генетическую изменчивость популяции [1; 2]. Этот популяционно-генетический параметр, характеризующий особенности генетической структуры как отдельно взятого животного, так и стада, популяции, породы, в целом, широко используется для оценки, контроля и управления генетическими ресурсами сельскохозяйственных животных. Это является особо актуальным для всего мирового сообщества, из-за происходящего, беспрецедентно быстрыми темпами, сокращения биоразнообразия, которое приобретает не только социально-экономический, экологический характер, но и создаст реальную угрозу потери породного разнообразия генофонда сельскохозяйственных животных [3].

Анализ данных ФАО свидетельствует, что в течение первых шести лет XXI века более 60 пород полностью исчезли, то есть за один месяц исчезает одна порода, унося с собой уникальные генетические данные. Утеря породного разнообразия в нашей стране может привести к сокращению собственных генетических ресурсов, зависимости от импортных поставок животных. В этой связи, не менее актуальна информация о генетической структуре местных, локальных пород, так как специфический уклад их генов особо важен для создания генетических обоснованных программ по сохранению биоразнообразия и рационального использования отечественных генетических ресурсов [4]. При этом особо важное значение имеет оценка генофонда аборигенных пород, как источника сохранения генетической изменчивости, а в перспективе устойчивого повышения биоразнообразия.

Молочный скот кавказской бурой породы, формировавшейся длительное время в конкретных географических зонах Республики Дагестан, хорошо адаптирован к определенному уровню кормления и природно-климатическим условиям равнинной, горной и предгорной зон. Вследствие высокой адаптивной пластичности и способности производить продукцию в суровых условиях животные этой породы пользуются большим спросом.

С развитием молекулярно-генетических методов исследований, позволяющих амплифицировать большое количество определенных участков ДНК, с последующим анализом – полиморфизма этого

участка, стало возможным осуществление не только поиска ключевых генов, полиморфизм которых ассоциирован с хозяйственно-ценными признаками, но и сохранения, накопления селекционно-значимых генотипов в племенных стадах [5; 6].

В качестве генов, маркирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота, рассматриваются такие гены, как *гипофизарный фактор транскрипции (PIT-1)*, *пролактин (PRL)*, *соматотропин (GH)*.

*Гипофизарный фактор транскрипции (PIT-1)*, расположенный у крупного рогатого скота в центромерной зоне первой хромосомы, занимает особое место в детерминации молочной продуктивности и рассматривается как третья самая высокая ступень в регуляции этого процесса. Доказано, что на ранних этапах эмбриогенеза он направляет дифференциацию клеток гипофиза, определяет развитие зон, ответственных за синтез соматотропина, пролактина и участвует в регуляции экспрессии их генов.

*Ген пролактин (PRL)*, расположенный у крупного рогатого скота на 23 хромосоме, является одним из универсальных гормонов гипофиза, относится к семейству белковых гормонов, участвующих в инициации и поддержании лактации [7].

*Соматотропин (GH)* продуцируется передней долей гипофиза, является одним из важнейших регуляторов соматического роста животных. Установлено, что ген, контролирующий синтез соматотропина, регулирует рост животного, а также играет ключевую роль в обменных процессах (углеводном и жировом) [8].

Генетическое маркирование сельскохозяйственных животных в странах с хорошо развитым животноводством является обязательным условием. В последние годы значительно возрос интерес к этому направлению исследований и в РФ. В силу разных причин как объективных, так и субъективных применение методов ДНК-диагностики в селекции крупного рогатого скота и, в частности, кавказской бурой породы, разводимой в Республики Дагестан, не приводится. Выявление особенности полиморфизма генов *гипофизарного фактора транскрипции (PIT-1)*, *пролактина (PRL)*, *соматотропина (GH)*, контролирующих молочную продуктивность, представляет особый интерес в контексте адаптации молочного скота кавказской бурой породы, разводимой в разных природно-климатических зонах Республики Дагестан, а также как источника, уникального аллельного своеобразие генов, маркирующих высокую молочную продуктивность, что явилось целью настоящих исследований.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательская работа выполнялась на крупном рогатом скоте (коровы, n=70) кавказской бурой породы, разводимой в разных эколого-географических зонах Республики Дагестан: равнинная местность, высота над уровнем моря 100-250 м (n=20), горная местность, высота над уровнем моря 650-1250 м



(n=50). Биоматериалом являлась ДНК, выделенная из образцов крови исследуемых животных с использованием набора реагентов для выделения ДНК «DIAtomtmDNAprep» (IsoGeneLab, Москва). Выход ДНК составил 3-5мкг/100мкл с OD 260/280 от 1,6 до 2,0. Для проведения ПЦР применялись наборы «GenePakPCRCore», (IsoGeneLab, Москва).

Методом ПЦР-ПДРФ (полимеразно-цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных

фрагментов) на программируемом четырехканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) проведено генотипирование исследуемых популяций коров для изучения полиморфизма генов гипофизарного фактора транскрипции (*PIT-1*), пролактина (*PRL*), соматотропина (*GH*) [9; 10]. Полимеразно-цепная реакция (ПЦР) осуществлялась с использованием специфических праймеров (табл. 1).

**Таблица 1.** Характеристика аллельных вариантов

**Table 1.** Characterization of allelic variants

Нуклеотидные последовательности Nucleotide sequences	T°C, отжига T°C, annealing	Генотип Genotype	Амплификат, (п.н.) Amplified (p.n.)	Эндонуклеаза / замена нуклеотида Endonuclease / Nucleotide replacement
<b>PIT-1</b>				
F:5'-caatgagaaagttggtgc-3' R:5'-tctgcattcgagatgctc-3'	55	AA/AB/BB	660	HinfI / A→G
<b>PRL</b>				
F:5'-cgagtccttatgagcttgattctt-3' R:5'-gccttcagaagtcgtttgttttc-3'	63	AA/AB/BB	156	RsaI / A→G
<b>GH</b>				
F:5'-gctgctcctgagccttcg-3' R:5'-gcggcgccacttcagaccct-3'	65	VV/VL/LL	223	AluI / C→A

Методом гель-электрофореза определялось число и длина фрагментов рестрикции в 1,8-2,5% агарозном геле при УФ-свете после окрашивания бромистым этидием. В качестве маркера молекулярных масс использовался стандартный набор М 50 «GenePakDNA Markers» (IsoGene Lab).

#### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализом результатов генотипирования исследуемого поголовья установлено, что полиморфизм изучаемых генов, представлен двумя аллелями: гипофизарный фактор транскрипции (*PIT-1*) аллелями *PIT-1<sup>A</sup>* и *PIT-1<sup>B</sup>*;

пролактина *PRL* – *PRL<sup>A</sup>* и *PRL<sup>B</sup>*; соматотропина *GH* – *GH<sup>V</sup>* и *GH<sup>L</sup>* с разной частотой встречаемости.

Частота встречаемости аллеля *PIT-1<sup>A</sup>* в выборке коров кавказской бурой породы, выращиваемых в условиях равнины, составила 0,18; аллеля *PIT-1<sup>B</sup>* – 0,82, в выборке коров этой же породы, но выращиваемой в условиях гор – *PIT-1<sup>A</sup>* – 0,10; *PIT-1<sup>B</sup>* – 0,90, соответственно. Что нашло отражение в частоте встречаемости как гомозиготных *PIT-1<sup>AA</sup>*, *PIT-1<sup>BB</sup>*, так и гетерозиготного *PIT-1<sup>AB</sup>* генотипов, составившей: в популяции, выращиваемых в условиях низины: *PIT-1<sup>AA</sup>* – 0; *PIT-1<sup>BB</sup>* – 65,0; *PIT-1<sup>AB</sup>* – 35,0%, в условиях гор – 2,0; 82,0; 16,0%, соответственно (табл. 2).

**Таблица 2.** Распределение генотипов в исследуемых популяциях

**Table 2.** Genotype distribution in the populations studied

Показатель Indices	PIT-1			PRL			GH		
	Генотип / Genotype								
	AA* (A)	AB	BB (B)	AA (A)	AB	BB* (B)	VV* (V)	LV	LL (L)
Кавказская бурая (равнина), (n=20) / Caucasian Brown (plain), (n=20)									
Частота аллеля Allel frequencies	0,18± 0,06		0,82± 0,06	0,87± 0,05		0,13± 0,05	0,20± 0,06		0,80± 0,06
Частота генотипов, % Genotype frequencies, %	0	35,0	65,0	80,0	15,0	5,0	20,0	0	80,0
Кавказская бурая (горы), (n=50) / Caucasian Brown (mountains), (n=50)									
Частота аллеля Allel frequencies	0,10± 0,04		0,90± 0,04	0,75± 0,06		0,25± 0,06	0,33± 0,07		0,67± 0,07
Частота генотипов, % Genotype frequencies, %	2,0	16,0	82,0	54,0	42,0	4,0	26,0	14,0	60,0

Характерная особенность аллельного спектра гена пролактина *PRL* в исследуемых популяциях выразилась в высокой (0,87) частоте встречаемости аллеля *PRL<sup>A</sup>*, но

низкой (0,13) аллеля *PRL<sup>B</sup>*, высокой (80,0%) частотой встречаемости генотипа *PRL<sup>AA</sup>*, низкой (15,0%) – *PRL<sup>AB</sup>* и очень низкой (5,0%) генотипа *PRL<sup>BB</sup>*, в популяции коров,

выращиваемых в условиях равнины, против 0,75 и 0,25; 54,0; 4,0; 42,0%, соответственно, – в горных условиях.

Неоднозначным оказалось распределение частоты встречаемости аллелей  $GH^V$  и  $GH^L$ , генотипов  $GH^{VV}$ ,  $GH^{LL}$ ,  $GH^{LV}$  в исследуемых популяциях, составившее: 0,20 и 0,80; 20,0; 0; 80,0%, соответственно, у животных, находящихся в равнинных условиях, против 0,33 и 0,67; 26,0; 60,0; 14,0%, соответственно, – в горной местности.

Сопоставление полученных данных свидетельствует о том, что распределение частоты встречаемости селекционно-значимых аллелей и генотипов в изучаемых популяциях зависело как от зоны их разведения, так и гена. Так, частота встречаемости желательного аллеля  $PIT-1^A$  в популяции коров, содержащихся в условиях равнины, в 1,8 раза была выше, по сравнению с животными, находившимися в горных условиях. Доля животных носителей гомозиготного генотипа  $PIT-1^{AA}$  в популяции, разводимой в горной местности, составила 2,0%, при его отсутствии в популяции равнины, но чаще, более чем в 2 раза (35,0%), встречался гетерозиготный генотип  $PIT-1^{AB}$  (16,0%).

Своеобразие распределения селекционно-значимого аллеля  $PRL^B$  в исследуемых популяциях

выразилось в большей (0,25), почти в 2 раза, его частоте встречаемости аллеля в популяции, выращиваемой в горных условиях, чем в равнинных (0,13). Доля животных с гомозиготным  $PRL^{BB}$  генотипом в обеих популяциях была сравнительно одинаковой (5,0 и 4,0%). Обращает на себя внимание тот факт, что присутствие гетерозиготного  $PRL^{AB}$  генотипа в популяции коров, содержащихся в горных условиях, было более чем 2,5 раза выше, чем в разводимых на равнине: 42,0, против 15,0%.

Что касается селекционно-значимого аллеля  $GH^V$ , то он чаще встречался в выборке коров из горной местности, по сравнению с равнинной: 0,33, против 0,20. При сравнительно одинаковом распределении гомозиготного  $GH^{VV}$  генотипа, составившим (0,20-0,26) в исследуемых популяциях, выявлено отсутствие гетерозиготного  $GH^{LV}$  генотипа в выборке коров, содержащихся в равнинных условиях.

Методами генетико-статистического анализа дана оценка генетической структуры исследуемых популяций молочного скота. Величина изучаемых генетических констант зависела как от ареала разведения животных, так и гена (табл. 3).

**Таблица 3.** Популяционные особенности генетической структуры молочного скота кавказской бурой породы  
**Table 3.** Population features of the genetic structure in dairy cattle of the Caucasian Brown breed

Ген Gene	Показатель Indices					
	Ca, %	Na	V, %	Hobs	Hex	ТГ
<b>Кавказская бурая (равнина) / Caucasian Brown (plain)</b>						
<b>PIT-1</b>	70,5	1,42	24,5	0,538	0,870	+0,12 $\Phi > T$
<b>PRL</b>	77,4	1,29	17,6	0,176	0,290	- 0,11 $\Phi < T$
<b>GH</b>	68,0	1,47	27,0	0	0,470	- 0,47 $\Phi < T$
<b>Среднее по генам</b> Genetic Average	71,9	1,39	23,0	0,238	0,543	
<b>Кавказская бурая (горы) / Caucasian Brown (mountains)</b>						
<b>PIT-1</b>	82,0	1,22	16,0	0,190	0,620	- 0,03 $\Phi < T$
<b>PRL</b>	62,5	1,60	35,5	0,724	0,599	+0,13 $\Phi > T$
<b>GH</b>	55,8	1,79	42,2	0,163	0,722	- 0,56 $\Phi < T$
<b>Среднее по генам</b> Genetic Average	66,7	1,54	31,2	0,359	0,647	

Степень гомозиготности (Ca, %), свидетельствующая о консолидации стада, варьировала от (70,5%) в локусе гена  $PIT-1$  в выборке коров, выращиваемых в условиях равнины до (82,0%) этого же гена – в горных условиях. Характерной особенностью изучаемого показателя явилось то, что наименьшая степень гомозиготности (62,5%) в локусе гена  $PRL$  была характерна для популяции коров, содержащейся в условиях гор, в то время как наибольшая величина этого показателя (77,4%), была характерна для популяции, разводимой на равнине. Что касается степени гомозиготности гена  $GH$ , то вариабельность этого показателя в исследуемых популяциях была незначительной (55,8-68,0%).

Число эффективно действующих аллелей (Na) в локусах генов  $GH$  и  $PRL$  было наибольшим (1,79 и 1,60), но наименьшим (1,22) в локусе гена  $PIT-1$  в выборке коров, содержащихся в горной местности. Число эффективно действующих аллелей в локусах генов  $PIT-1$  и  $GH$  было, сравнительно, одинаковым (1,42 и 1,47) в выборке коров, выращиваемых в низменной местности, с меньшим их количеством (1,29) в локусе  $PRL$ .

Что касается степени генетической изменчивости (V, %), то наивысшим этот показатель был в локусах генов  $GH$  и  $PRL$  в выборке коров, выращиваемых в горных условиях, составивший 42,2 и

35,5%, соответственно, против 27,0 и 17,6% – разводимых на равнине.

Уровень наблюдаемой (Hobs) и ожидаемой (Hex) гетерозиготности гена PIT-1 был более чем в 2 раза выше в выборке коров из низинной местности, по сравнению с животными, находящимися в условиях гор 0,538 и 0,870, против 0,190 и 0,620.

Что касается уровня Hobs и Hex гена PRL, он был ниже в выборке коров, разводимой в условиях равнины, чем в условия гор: 0,176 и 0,290, против 0,724 и 0,599. Неоднозначными оказались значения уровня наблюдаемой (Hobs) гетерозиготности гена GH: от отсутствия его 0 в выборке коров, содержащихся в равнине, до 0,163 – в горных условиях. Вариабельность уровня ожидаемой гетерозиготности (Hex) этого гена составила 0,722 в выборке коров, разводимой в условиях гор, против 0,470 – в условиях равнины.

Тест гетерозиготности (ТГ) изучаемых генов в исследуемых популяциях, имел, в основном, отрицательные значения с значительной вариабельностью: от 0,03 до – 0,56. Что свидетельствует о недостатке гетерозигот в исследуемых популяциях молочного скота кавказской бурой породы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализом результатов генотипирования коров кавказской бурой породы установлено, что полиморфизм генов PIT-1, PRL, GH представлен двумя аллелями PIT-1<sup>A</sup> и PIT-1<sup>B</sup>; PRL<sup>A</sup> и PRL<sup>B</sup>; GH<sup>V</sup> и GH<sup>L</sup>, тремя генотипами, соответственно PIT-1<sup>AA</sup>, PIT-1<sup>BB</sup>, PIT-1<sup>AB</sup>; PRL<sup>AA</sup>, PRL<sup>BB</sup>, PRL<sup>AB</sup>; GH<sup>VV</sup>, GH<sup>LL</sup>, GH<sup>LV</sup> с разной частотой встречаемости, зависящей как от гена, так и от условий разведения животных. Установлено, что популяции коров достаточно сходны по частоте встречаемости отдельных аллелей изучаемых генов. В тоже время отмечено некоторое своеобразие, что нашло отражение в формировании генотипов. Суммарное количество селекционно-значимых генотипов носителей гомозигот (PIT-1<sup>AA</sup>, PRL<sup>AA</sup>, GH<sup>LL</sup>) в популяции коров, выращиваемой в условиях равнины составило 25,0, в условиях гор – 32,0%, носителей гетерозигот (PIT-1<sup>AB</sup>, PRL<sup>AB</sup>, GH<sup>LV</sup>), обеспечивающих генетическое разнообразие популяции, было почти в два раза выше (40,0 и 72,0%) в популяции коров выращиваемых в условиях гор. Вариабельность степени гомозиготности изучаемых популяций была не значительной, свидетельствующая о консолидации генофонда кавказской бурой породы, в тоже время степень генетической изменчивости (суммарно по генам) исследуемой выборки составила 54,2%, в том числе 23,0% – популяции в условиях равнины, 31,2% – в горных условиях. Полученные результаты свидетельствуют о своеобразии породного, популяционного генофонда молочного скота кавказской бурой породы. Выявленное своеобразие аллельного спектра изучаемых генов, вероятно, следует отнести к проявлению популяционного вида адаптации, характер которой складывается под влиянием сложившихся экологических, природно-климатических условий среды обитания.

Современные генетические подходы к совершенствованию пород, основанных на более

полной оценке генотипа животных и генетического разнообразия популяции, будут способствовать совершенствованию экологических основ сохранения местных пород, а их внутривидовая изменчивость и высокая адаптивность обеспечат устойчивое развитие животноводства в разных географических экосистемах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Столповский Ю.А. Концепция и принципы генетического мониторинга для сохранения in situ пород domesticированных животных // Сельскохозяйственная биология. 2010. Т. 45. № 6. С. 3-8.
2. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В., Боронская О.И., Петрикеева Л.В., Абдельманова А.С., Врем Г. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 631-641. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.631rus
3. Зиновьева Н.А., Доцев А.В., Сермягин А.А., Виммерс К., Рейер Х., Солкнер Й., Денисова Т.Е., Врем Г. Изучение генетического разнообразия и популяционной структуры российских пород крупного рогатого скота с использованием полногеномного анализа SNP // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 788-800. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.6.788rus
4. Крюков В.И., Шалимова О.А., Друшляк Н.Г., Пикунова А.В. ДНК-диагностика в селекции крупного рогатого скота // Вестник ОрелГАУ. 2012. № 1. С. 62-67.
5. Долматова И.Ю., Валитов Ф.Р. Оценка генетического потенциала крупного рогатого скота по маркерным генам // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 3. С. 850-853.
6. Lazebnaya I.V., Lazebny O.E., Stolpovsky Yu.A. Distribution of gh1, ghr, and prl gene polymorphisms in two turano mongolian cattle breeds from russia, china, and mongolia // Molecular Phylogenetics Contributions to the 5th Moscow International Conference "Molecular Phylogenetics and Biodiversity Biobanking". A. Troitsky and L. Rusin, eds. 2018. 47 p. DOI: 10.30826/MolPhy2018-27
7. Лазебная И.В., Перчун А.В. Исследование крупного рогатого скота бурятской породы с использованием генов-кандидатов // Евразийский союз учёных. 2016. № 31-2. С. 6-9.
8. Ünal E.Ö., Kepenek E.Ş., Dinç H., Özer F., Sönmez G., Togan I., Soysal M.I. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) gene polymorphisms in Turkish native cattle breeds // Turkish Journal of zoology. 2015. V. 39. P. 734-748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9
9. Селионова М.И., Чижова Л.Н., Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Михайленко А.К. Перспективные генетические маркеры крупного рогатого скота // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 3 (31). С. 44-51. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
10. 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

погатого скота // AgroZooТехника. 2019. Т. 2. N 1. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3

## REFERENCES

1. Stolpovskii Yu.A. Concept and principles of genetic monitoring for the purpose of preservation in situ of domestical animals kinds. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2010, vol. 45, no. 6, pp. 3-8. (In Russian)
2. Zinovieva N.A., Sermiyagin A.A., Dotsev A.V., Boronetskaya O.I., Petrikeeva L.V., Abdelmanova A.S., Brem G. Animal genetic resources: developing the research of allele pool of russian cattle breeds – minireview. *Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 4, pp. 631-641. (In Russian) DOI: 10.15389/agrobiol.2019.4.631rus
3. Zinovieva N.A., Dotsev A.V., Sermiyagin A.A., Wimmers K., Reyer H., Sölkner J., Deniskova T.E., Brem G. Study of genetic diversity and population structure of five Russian cattle breeds using whole-genome SNP analysis. *Agricultural Biology*, 2016, vol. 51, no. 6, pp. 788-800. (In Russian) DOI: 10.15389/agrobiol.2016.6.788rus
4. Kryukov V.I., Shalimova O.A., Drushlyak N.G., Pikunova A.V. DNA diagnostics in horned cattle selection. Vestnik OrelGAU [Bulletin of the Orel State Agricultural University]. 2012, no. 1, pp. 62-67. (in Russian)
5. Dolmatova I.Y., Valitov F.R. Assessment of the genetic potential of cattle by marker genes. Vestnik Bashkirskogo universiteta [Bulletin of Bashkir University]. 2015, vol. 20, no. 3, pp. 850-853. (In Russian)

## КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Абдусалам А. Хожокков и Джавгарат М. Рамазанова отобрали биоматериал для исследований; Алимсолтан А. Оздемиров, Марина И. Селионова, Людмила Н. Чижова и Евгения С. Суржикова провели ДНК-исследования и проанализировали данные. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

6. Lazebnaya I.V., Lazebny O.E., Stolpovsky Yu.A. Distribution of gh1, ghr, and prl gene polymorphisms in two turano mongolian cattle breeds from russia, china, and mongolia. *Molecular Phylogenetics Contributions to the 5th Moscow International Conference "Molecular Phylogenetics and Biodiversity Biobanking"*. A. Troitsky and L. Rusin, eds., 2018, 47 p. DOI: 10.30826/MolPhy2018-27
7. Lazebnaya I.V., Perchun A.V. The study of horned cattle of the Buryat breed using candidate genes. Evraziiskii soyuz uchenykh [Eurasian Union of Scientists]. 2016, no. 31-2, pp. 6-9. (In Russian)
8. Ünal E.Ö., Kepenek E.Ş., Dinç H., Özer F., Sönmez G., Togan I., Soysal M.I. Growth hormone (GH), prolactin (PRL), and diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) gene polymorphisms in Turkish native cattle breeds. *Turkish Journal of zoology*, 2015, vol. 39, pp. 734-748. DOI: 10.3906/zoo-1409-9
9. Selionova M.I., Chizhova L.N., Bobryshova G.T., Surzhikova E.S., Mikhailenko A.K. Perspective genetic markers of horned cattle. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2018, no. 3 (31), pp. 44-51. (In Russian) DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-31-44-51
10. Selionova M.I., Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Sharko G.N., Mikhailenko T.N., Chudnovets A.I. Breed characteristics of the allelic profile of the genes that control milk production in cattle. *AgroZooТехника*, 2019, vol. 2, no. 1, 3 p. DOI: 10.15838/alt.2019.2.1.3

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Abdusalam A. Khozhokov and Dzhavgarat M. Ramazanova selected biomaterial for research. Alimsoltan A. Ozdemirov, Marina I. Selionova, Lyudmila N. Chizhova and Evgeniya S. Surzhikova conducted DNA research and analyzed data. All authors equally participated in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

## NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

## ORCID

Алимсолтан А. Оздемиров / Alimsoltan A. Ozdemirov <https://orcid.org/0000-0003-2150-2192>  
 Марина И. Селионова / Marina I. Selionova <https://orcid.org/0000-0002-9501-8080>  
 Людмила Н. Чижова / Lyudmila N. Chizhova <https://orcid.org/0000-0002-4029-0482>  
 Абдусалам А. Хожокков / Abdusalam A. Khozhokov <https://orcid.org/0000-0002-7303-0222>  
 Евгения С. Суржикова / Evgeniya S. Surzhikova <https://orcid.org/0000-0002-3955-0902>  
 Джавгарат М. Рамазанова / Dzhavgarat M. Ramazanov <https://orcid.org/0000-0003-4928-1635>

Рецензия / Review

УДК 502 (251.1)

DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-172-177

**Рецензия на книгу Чибилёва А.А. «Картины Природы степной Евразии»: Том 1: От предгорий Альп до Южного Урала. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2018. 172 с.; Том 2: От Урала до Иртыша. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2019. 184 с.**

**Геннадий С. Розенберг** 

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

Рецензия написана в ходе самоизоляции и удалённого доступа к работе в связи с пандемией коронавируса COVID-19.

**Контактное лицо**

Геннадий С. Розенберг, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН; 445003 Россия, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10. Тел. +79036879448

Email [genarozenberg@yandex.ru](mailto:genarozenberg@yandex.ru)ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8820-4459>**Формат цитирования**

Розенберг Г.С. Рецензия на книгу Чибилёва А.А. «Картины Природы степной Евразии»: Том 1: От предгорий Альп до Южного Урала. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2018. 172 с.; Том 2: От Урала до Иртыша. М.; Оренбург: Институт степи УрО РАН; РГО, 2019. 184 с. // Юг России: экология, развитие. 2020. Т.15, N 2. С. 172-177. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-172-177

Получена 16 мая 2020 г.

Принята 25 мая 2020 г.



**Review of the book by A.A. Chibilev “Pictures of Nature of Steppe Eurasia”: Volume 1: From the Foothills of the Alps to the Southern Urals. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2018. 172 p.; Volume 2: From the Urals to the Irtysh. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2019. 184 p.**

**Gennady S. Rozenberg** 

Institute of Ecology of the Volga Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

This review was written during self-isolation and remote access to work in connection with the COVID-19 coronavirus pandemic.

**Principal contact**

Gennady S. Rozenberg, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute of Ecology of the Volga Basin, Russian Academy of Sciences; 10 Komzin St, Togliatti, Samara region, Russia 445003.

Tel. +79036879448

Email [genarozenberg@yandex.ru](mailto:genarozenberg@yandex.ru)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8820-4459>

**How to cite this article**

Rozenberg G.S. Review of the book by A.A. Chibilev “Pictures of Nature of Steppe Eurasia”: Volume 1: From the Foothills of the Alps to the Southern Urals. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2018. 172 p.; Volume 2: From the Urals to the Irtysh. Moscow & Orenburg: Steppe Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Russian Geographical Society, 2019. 184 p. *South of Russia: ecology, development*. 2020, vol. 15, no. 2, pp. 172-177. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-172-177

Received 16 May 2020

Accepted 25 May 2020

© 2020 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Начну рецензию не традиционно – «издалека и сбоку». Меня всегда занимал тот интерес, который проявлял к географии Николай Васильевич Гоголь. Не просто проявлял, а, если можно так сказать, сопровождал его всю жизнь [1]. Известно, что он намеревался создать специальный труд по географии России, стать автором не только художественных произведений, но и географических трудов. В статье «Мысли о географии»<sup>3</sup>, вошедшей в сборник «Арабески» (1835 г.), Гоголь написал: «Да впрочем, что не интересно в географии? Она такое глубокое море <...> нужно стараться познакомить сколько можно более с миром, со всем бесчисленным разнообразием его, но чтобы это никак не обременило памяти, а представлялось бы светло нарисованною картиною (выделено мной. – Г.Р.). Богатый для сего запас заключается в описаниях путешественников, которых множество и из которых, кажется, донныне в этом отношении мало умели извлекать пользы» [2]. И в научной, и в научно-популярной литературе неоднократно высказывалась мысль о близости географии к искусству. «Наука и пейзажная живопись – два взаимодополняющих способа познания земных миров и нас самих» [3]. Интересно, но в «Арабесках», сразу за статьей по географии, идет статья с разбором картины Карла Брюллова «Последний день Помпеи», в которой можно найти и «географические мотивы». Гоголь и география, Гоголь и изобразительное (пейзажное) искусство... Кажется, если бы Гоголь жил сегодня, он не менее восторженно приветствовал бы использование в географии высокохудожественной фотографии природных ландшафтов.

Рецензируемый двухтомник лауреата Демидовской премии, академика А.А. Чибилёва – издание своеобразное. Мы привыкли к тому, что многие свои научные труды он иллюстрирует своими же очень профессиональными фотографиями. «Искусство фотографии для меня – дополнительная и очень важная возможность отразить особенности рельефа, геологии и ландшафта, видовое разнообразие растительного и животного мира, подчеркнуть пейзажно-эстетические свойства объектов природного наследия России и сопредельных территорий. Занимаясь лично фотофиксацией объектов и явлений, уверен, что профессиональный естествоиспытатель, владеющий основами фотоискусства, имеет значительные преимущества перед профессиональным фотохудожником в создании фотографического образа географических объектов» [4]. Но «Картины природы Степной Евразии» даже в этом ряду, как мне представляется, стоят обособленно, органично соединяя в себе подлинную научную ценность и эстетику высококачественного фотоальбома.

Естественно, комментировать (рецензировать?) видеоряд – дело не благодарное («лучше один раз увидеть...»). Лишь замечу, что фотографическим творчеством Чибилёв занимается уже более 50 лет. Он был неоднократным участником и победителем разного рода всероссийских фотоконкурсов. Одна из последних фотовыставок Чибилёва прошла 15-16 февраля 2019 г. в университете Фрибура (фр. Fribourg),

расположенного близ г. Берна, в Швейцарии в рамках Международной конференции «Советская степь – культура, окружающая среда, экономика и политика» (International Conference "The Soviet Steppe – Culture, Environment, Economics and Politics").

Иллюстрированная двухтомная монография посвящена эталонам природы европейской (первый том) и некоторым азиатским частям Степной Евразии (Республика Казахстан; второй том). При этом рассматриваются ландшафты не только собственно степной зоны, но и примыкающие и генетически тесно связанные с ней пустынные степи (полупустыни) и лесостепь.

Камертоном данных изданий сразу звучит первая же фраза из «Предисловия» к первому тому: «На протяжении всей своей истории, а это около двух с половиной тысяч лет, география была не только естественной наукой, но и формой своеобразного искусства. <...> Смею утверждать, что только неравнодушный к красоте изучаемого природного объекта исследователь сможет в полной мере понять его сущность и раскрыть важнейшие закономерности устройства географического пространства» (т. 1, с. 10)<sup>4</sup>. Здесь же, в предисловии автор говорит о роли А. Гумбольдта (с его «Картинами природы – Ansichten der Natur»<sup>5</sup>; книга географической лирики [5]), своего учителя, профессора Ф.Н. Милькова, французских художников-пейзажистов Барбизонской школы (фр. Ecole de Barbizon), многочисленных представителей художественной литературы (включая поэзию) в появлении этой работы.

В первой главе «Общие представления о Степной Евразии» предпринята попытка системного рассмотрения ландшафтов и их элементов Внутренней Евразии как единого пространства (материалы были собраны в ходе Степной ландшафтно-экологической экспедиции РГО 2014-2017 гг.). Были охвачены преимущественно равнинные и безлесные (степные) земли от Среднедунайского бассейна (Австрия, Венгрия, Румыния, Сербия) до Даурии и Маньчжурии. Эти достаточно различающиеся природные образования объединены Чибилёвым в один мегарегион по следующим причинам: спорность границ из-за разных подходов к районированию, нарушающая целостность (размывание природных границ) хозяйственная деятельность человека, историко-географическое единство, которое на протяжении последних нескольких тысяч лет служило «для массовых переселений, развития кочевнической культуры, масштабных военных походов» (т. 1, с. 18), и, наконец, культура воздействия (сельскохозяйственная,

<sup>4</sup> Если при цитировании указаны только том и страницы, то они имеют отношение к рецензируемым книгам; работы, процитированные в них, не включены в список литературы данной рецензии.

<sup>5</sup> Первый перевод на русский язык «Ansichten der Natur» являлся частью предполагавшегося многотомного издания: «Путешествия Гумбольдта» и назывался: «Путешествие барона Александра Гумбольдта по Америке с геологическими и климатическими исследованиями Азии». Пер. с нем. И. Неронов. СПб.: Тип. вдовы Плюшар с сыном. 1835. Только на следующем листе, наконец, указано настоящее заглавие книги: «Взгляды на природу с учеными пояснениями и дополнениями». Следующий перевод, сделанный Н.Х. Кетчером, был напечатан в 1853 г. (Гумбольдт А. «Воззрения на природу» Александра Гумбольдта. М.: Тип. А. Семена, 1853. XII, 601 с. [Магазин землевладения и путешествий: Геогр. сб.; Т. 1]). Наконец, третий перевод «ввел» и закрепил в научной литературе представления о «картинах природы» [6].

<sup>3</sup> Впервые опубликована в «Литературной газете» (1831, № 1, 1 января, с. 4-7) под названием «Несколько мыслей о преподавании детям географии», с подзаголовком «(Для детского возраста)» и под псевдонимом «Г. Янов».

мелиоративная и пр., приведшая к специфическому степному землепользованию), – все это формирует единый и в тоже время разнообразный, удивительный облик ландшафтов Степной Евразии. На все это разнообразие накладываются климатические и антропогенные воздействия (неравномерные как во времени, так и в пространстве). И все это – требует изучения, прогноза и охраны.

«Предисловие» и первая глава второго тома «Степная страна в центре Евразии» продолжают обоснование выбора объекта исследования. Два подраздела – «Самые большие на свете степи» и «Степная Евразия как трансконтинентальный мегарегион» – посвящены описанию шести основных подзон в пределах степной и пустынно-степной ландшафтных зон на равнинах Казахстана (охвачена территория равнинных, возвышенных и низкогорных степей и полупустынь Западного, Центрального и Северного Казахстана).

Главы 2-15 первого тома и главы 2-3 второго тома посвящены описанию и фотоиллюстрированию конкретных географических объектов. «Всегда ограниченные сроки проведения экспедиций, непредсказуемые дорожные (и «бездорожные») трудности не позволяли составить более полное представление о картинах природы, представленных в книге регионов Республики Казахстан. Впрочем, перед экспедицией такая задача и не ставилась. Для нас было важнее найти то общее в лике евразийских степей, что объединяет различные страны и регионы, расположенные вдоль трансконтинентальной оси Внутренней Евразии, главная черта которой – открытость ландшафта, возможность свободно передвигаться по этому пространству, не встречая преград, возможность открыто общаться с народами, населяющими этот самый просторный многонациональный коридор непрерывных во времени и пространстве связей в многовековой истории» (т. 2, с. 18).

Сам жанр научной рецензии и её объём не позволяют в подробностях прокомментировать все рассмотренные Чибилёвым объекты. Далее я просто перечислю их, что позволит читателю сформировать свое мнение и о масштабах исследований, и о разнообразии представленных ландшафтов:

- *Среднедунайская равнина* (степи Альфёлда [Венгрия], степи Воеводины [Сербия], степеподобные ландшафты Трансильвании [Румыния] и степи Нижней Австрии);
- *Причерноморье и Приазовье. Украина* (Причерноморская низменность от низовьев Дуная до Приазовья, лесостепные Кодры, Подольская, Приазовская и Приднестровская возвышенности, Донецкий кряж; описаны Еланецкая, Тарутинская, Куяльницкая, Хомутовская степи, Гранитно-степное Побужье, естественно, Аскания-Нова и др.);
- *степной Крым* (различные варианты петрофитных степей в заповедниках «Опукский» и «Казантипский», Осовинская, Чаудинско-Опукская, Карадагская степи и др.);
- *степи Предкавказья* (Кубано-Приазовская и Терско-Кумская низменности, Прикубанская наклонная и Ногайская равнины, Ставропольская возвышенность);
- *бассейн Нижнего Дона* (типчакково-ковыльные и полынно-типчакково-ковыльные степи в заповеднике

«Ростовский»; Чибилёв отмечает вклад профессора О.Н. Дёминой в создание системы ООПТ Ростовской области; замечу, что и я «приложил руку» к популяризации её работ [7-8]);

- *Среднерусская возвышенность* (по ландшафтно-геоморфологическому принципу Чибилёв выделяет Меловой Юг [степные и лесостепные ландшафты представлены в заповедниках «Белогорье» в Белгородской области, Центрально-Черноземном заповеднике им. В.В. Алёхина в Курской области и в степных ООПТ Воронежской области – Вейделевская, Ямская, Казацкая, Стрелецкая, Хреновская, Волоконовская меловая, Хрипунская степи и др.] и Известковый Север [здесь интересно описание восстановления степей в районе Куликова поля]);
- *Приволжская возвышенность* (выделяются Южно-Приволжская степная и Приволжская лесостепная провинции [природные парки «Донской», «Щербаковский», «Хвалынский», заповедник «Приволжская лесостепь»]);
- *Прикаспийская низменность* (Калмыцкая степь [Черные земли], заповедники «Маныч-Гудило» и Богдинско-Баскунчакский, природный парк «Эльтонский», заказник «Степной» и др.);
- *Заволжье* (степное Низкое Самаро-Иргизское Заволжье и лесостепное Высокое Заволжье; Финайкинская тюльпанная, Покровская степи, Леляевская комплексная полупустыня, Бижбулякский природный заказник и др.);
- *Общий Сырт и Аксаковская лесостепь* (Таловская степь, Прикиньская лесостепь и др.);
- *Оренбургское Предуралье* (изучено и описано очень подробно, можно сказать, – с любовью);
- *Южный Урал и Приюжноуралье* (различают две ландшафтные области: северную низко- и среднегорную Южноуральскую и южную предгорно-возвышенную равнинную Приюжноуральскую);
- *Подуральское плато* (меловые массивы Утва-Актау и Актолагай, холмы Акшатау [«Серебряные горы»], гора Иманкара и др.; к сожалению, уникальные ландшафты Подуральского плато пока не имеют природоохранного статуса);
- *Мугоджары* (Мулаалжар<sup>6</sup>; горностепной полуостров среди полупустынь Арало-Каспия; сеть ООПТ практически не развита; Чибилёв предлагает семь перспективных ключевых ландшафтных территорий для создания системы резерватов разного масштаба с целью сохранения природного разнообразия этой части Южного Урала);
- *равнины и горы Западного Казахстана* (Северный Прикаспий, Казахский Урал, плато Устюрт, полуостров Мангышлак [Мангистау] и Тургайская равнина) и, наконец,
- *Казахский мелкосопочник* (западная часть Казахского мелкосопочника – горы Улытау и прилегающие степи, возвышенность Кокшетау, Нура-Тенгизская равнина; восточная часть Казахского мелкосопочника – Низкогорье Ерейментау, Баянаульские горы, горы Каркаралы и Кент).

<sup>6</sup> После получения независимости в Республике Казахстан была проведена большая работа по адаптации географических названий к правилам современного казахского языка. При этом в русской научной литературе сложились устоявшиеся географические названия, которые невозможно переписать на новый лад. В некоторых случаях, Чибилёв приводит как старую, так и новую редакцию географических названий.

И, все-таки, прокомментирую 2-3 ландшафтные области, в которых ведут исследования сотрудники нашего Института экологии Волжского бассейна РАН (скорее, подскажу некоторые из публикаций, которые могут оказаться полезными для характеристики степных ландшафтов) – Приволжская возвышенность, Прикаспийская низменность, Заволжье. Прежде всего, это касается флористических и геоботанических исследований засоленных почв в пределах лесостепной и степной зон [9-12]. Интересные работы ботанического, гидробиологического, биохимического плана ведутся нашими сотрудниками в бассейне оз. Эльтон [13-16]. Кроме того, мы ведем исследования эколого-экономического характера (оценка природного капитала, экологических услуг и ущерба), что позволяет ставить вопрос о научном обосновании «трансграничной особой степной социо-эколого-экономической зоны» в границах Степной Евразии (особый юридический и эколого-экономический статус [разного рода льготы для национальных или иностранных предпринимателей для решения задачи устойчивого развития социо-эколого-экономической системы территории и повышения благосостояния населения с обязательным «акцентом» на экологическую составляющую]). Так как наши институты (Институт степи УрО РАН и ИЭВБ РАН) давно и плодотворно сотрудничают, решение такой задачи представляется осуществимым.

В «Заключении» ко второму тому, А.А. Чибилёв пишет: «Современные ресурсы сети Интернет дают возможность попасть в любой уголок Планеты, не выходя из кабинета. <...> Может быть, в условиях цифрового информационного пространства и сама иллюстрированная книга, выражаясь современным языком, книга на бумажном носителе, теряет смысл и значение как универсального источника Знаний. Может быть... Однако, следуя традициям мировой географической литературы, Русское географическое общество продолжает издание атласов, альбомов, монографий, путеводителей, журналов. <...> История Степной Евразии продолжается, продолжается её научное и визуальное познание. Занимаясь на протяжении шестидесяти лет наблюдением и изучением Природы, я никогда не сомневался, что главное её богатство для человека заключается в возможности поддаться наплыву чувств и воображений от созерцания самых совершенных, никогда не повторяющихся, всегда таинственных окружающих нас пейзажей. <...> На протяжении многих десятилетий, карабкаясь по склонам, сторожа лучи солнца, проделывая тысячи километров пешком, на лошади, на лодке, на вездеходе, на вертолете, я старался запечатлеть картины Природы и поделиться увиденным со всеми, кто не утратил чувства восхищаться. Во всех экспедициях я пытался сделать так, чтобы очарование Природой охватило как можно больше моих коллег – и это было целью путешествия, наряду с получением новых знаний <...> У исследователя-географа для передачи своих чувств есть только фотообъектив, который должен беспристрастно и без прикрас передать зрителю и читателю произведения главного Творца окружающего нас мира – Природы!» (т. 2, с. 181).

И еще. Рецензируемые книги – «многослойны». Помимо научной, эколого-географической (ландшафт-

ной) составляющей, в них прекрасный фото-документальный ряд; но есть и еще один элемент, – это «разбросанная» по монографиям, своего рода, антология высказываний о степях (с портретами великих естествоиспытателей (академики А. фон Гумбольдт, П.П. Семёнов-Тян-Шанский, Н.П. Дубинин, Л.С. Берг, В.И. Вернадский, С.И. Коржинский, чл.-корреспонденты ИСПБАН П.И. Рычков, Э.А. Эверсман и др.), поэтов (Ш. Петёфи [венг. Petőfi Sándor], И.А. Бунин, М.А. Волошин, Д.Н. Кугультинов, А. Мицкевич), писателей (А.П. Чехов, М.А. Шолохов, И.С. Тургенев, С.Т. Аксаков, конечно, Н.В. Гоголь [с которого я и начал рецензию «издалека и сбоку»] и др.).

Следующий, третий том автор планирует посвятить восточному сектору Степной Евразии, к востоку от Иртыша: от Алтая до Забайкалья. Будем ждать.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лаппо Г.М. География и Гоголь // Социально-экономическая география: традиции и современность. М.; Смоленск: Ойкумен, 2009. С. 162-179.
2. Гоголь Н.В. Мысли о географии (для детского возраста) // Гоголь Н.В. Россия. Путь истины. М.: РИПОЛ классик, 2018. С. 117-125. (Сер.: Русские мыслители)
3. Ретеюм А.Ю. Отражение пространства в географии и живописи // География искусства: новые ракурсы. Сборник статей. М.: ГИТР, 2020. С. 7-20.
4. Чибилёв А.А. «Естествоиспытатель должен быть фотографом!» // Музы в храме науки. Альбом-каталог документально-художественной выставки из фондов Архива РАН и частных собраний. СПб., ООО «ЛЮДОВИК», 2008. С. 94-103.
5. Сафонов В.А. Александр Гумбольдт. М.: Мол. гвардия, 1959. 192 с. (Сер.: Жизнь замечательных людей, ЖЗЛ)
6. Гумбольдт А. Картины природы с научными объяснениями Александра Гумбольдта / Перевод с нем. А.Н. [А. Назимовым] с третьего последнего издания. С пред. проф. К.Ф. Рулье. В 2-х ч. М.: Тип. В. Готье, 1855. Ч. 1 – XVI, 223 с.; Ч. 2 – 244 с.
7. Розенберг Г.С. О двух монографиях по растительности Ольги Деминой [Рецензия] Демина О.Н. Восточнопричерноморские степи и их территориальная охрана. М.: ИП Скороходов В.А., 2016. 64 с. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. N 1. С. 176-179.
8. Демина О.Н. Восточнопричерноморские степи и их территориальная охрана. М.: ИП Скороходов В.А., 2016. 64 с.
9. Карпов Д.Н., Юрицына Н.А. Растительность засоленных почв Южного Урала и сопредельных территорий. Тольятти: Изд-во СНЦ РАН, 2006. 124 с.
10. Саксонов С.В. Самаролукский флористический феномен. М.: Наука, 2006. 263 с.
11. Гелашвили Д.Б., Саксонов С.В., Розенберг Г.С., Иудин Д.И., Снегирева М.С., Солнцев Л.А., Якимов В.Н. Флористический феномен Самарской Луки: фрактальная структура таксономического разнообразия // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. N 2 (36). С. 80-104.
12. Лысенко Т.М. Растительность засоленных почв Поволжья в пределах лесостепной и степной зон. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2016. 329 с.



13. Лысенко Т.М., Митрошенкова А.Е. Растительность засоленных гидроморфных экотопов озер Эльтон и Баскунчак (Волгоградская и Астраханская области) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. N 1-4. С. 863-870.
14. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Шитиков В.К., Абросимова Э.В. Планктонные и донные сообщества высокоминерализованных рек бассейна оз. Эльтон: статистический анализ зависимостей // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1. N 3. С. 32-34.
15. Розенцвет О.А., Нестеров В.Н., Богданова Е.С., Табаленкова Г.Н., Захожий И.Г. Биохимическая обусловленность дифференциации галофитов по типу регуляции солевого обмена в условиях Приэльтона // Сибирский экологический журнал. 2016. N 1. С. 117-126. DOI: 10.15372/SEJ20160112
16. Rozentsvet O.A., Kosobryukhov A.A., Zakhozhiy I.G., Tabalenkova G.N., Nesterov V.N., Bogdanova E.S. Photosynthetic parameters and redox homeostasis of *Artemisia santonica* L. under conditions of Elton region // Plant Physiology Biochemistry. 2017. V. 118. P. 385-393. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.07.005

#### REFERENCES

1. Lappo G.M. [Geography and Gogol]. In: *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: traditsii i sovremennost'* [Socio-economic geography: tradition and modernity]. Moscow – Smolensk, Oikumen Publ., 2009, pp. 162-179. (In Russian)
2. Gogol N.V. [Thoughts on geography (for children)]. In: *Rossiya. Put' istiny* [Russia. The path of truth]. Moscow, RIPOl klassik Publ., 2018, pp. 117-125. (In Russian)
3. Retezum A.Yu. [Reflection of space in geography and painting]. In: *Geografiya iskusstva: novye rakursy* [Geography of art: new perspectives]. Moscow, GTR Publ., 2020, pp. 7-20. (In Russian)
4. Chibilev A.A. ["A natural scientist must be a photographer!"]. In: *Muzy v khrame nauki. Al'bom-katalog dokumental'no-khudozhestvennoi vystavki iz fondov Arkhiva RAN i chastnykh sobraniy* [Muses in the temple of science. Album-catalog of documentary art exhibition from the funds of the Archive of the Russian Academy of Sciences and private collections]. SPb., «LYUDOVIK» Publ., 2008, pp. 94-103. (In Russian)
5. Safonov V.A. *Aleksandr Gumbol'dt* [Alexander Humboldt]. Moscow, Molodaya gvardiya Publ., 1959, 192 p. (In Russian)
6. Gumbol'dt A. *Kartiny prirody s nauchnymi ob'yasneniyami Aleksandra Gumbol'dta* [Pictures of nature with scientific explanations by Alexander Humboldt]. Moscow, V. Got'e Publ., 1855, vol. 1, 223 p.; vol. 2, 244 p.
7. Rozenberg G.S. Two monographs on the vegetation Olga Demina (Demina O.N. Classification of the Vegetation of the Steppes of the Don River Basin. Rostov-na-Donu: Southern

- Federal Univ. Press, 2015. 212 p.; Demina O.N. Eastern-Black-Sea Steppes and their Territorial Security. M.: IP Skorohodov V.A., 2016. 64 p. Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii [Samara Bend: problems of regional and global environment]. 2017, vol. 26, no. 1, pp. 176-179. (In Russian)
8. Demina O.N. *Vostochnoprichernomorskie stepi i ikh territorial'naya okhrana* [Eastern-Black-Sea Steppes and their Territorial Security]. Moscow, V.A. Skorokhodov Publ., 2016, 64 p. (In Russian)
9. Karpov D.N., Yuritsyna N.A. *Rastitel'nost' zasolennykh pochv Yuzhnogo Urala i sopredel'nykh territorii* [Vegetation of saline soils of the Southern Urals and adjacent territories]. Tolyatti, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences Publ., 2006, 124 p. (In Russian)
10. Saksonov S.V. *Samarolukskii floristicheskii fenomen* [Samaroluk floristic phenomenon]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 263 p. (In Russian)
11. Gelashvili D.B., Saksonov S.V., Rosenberg G.S., Jiudin D.I., Snegireva M.S., Solntsev L.A., Yakimov V.N. Floristic the phenomenon of the Samarskaya Luka: the fractal structure of taxonomic diversity. Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii [Samara Bend: problems of regional and global environment]. 2011, vol. 20, no. 2 (36), pp. 80-104. (In Russian)
12. Lysenko T.M. *Rastitel'nost' zasolennykh pochv Povolzh'ya v predelakh lesostepnoi i stepnoi zon* [Vegetation of saline soils of the Volga region within the forest-steppe and steppe zones]. Moscow, KMK Publ., 2016, 329 p. (In Russian)
13. Lysenko T.M., Mitroshenkova A.E. Vegetation of saline hydromorphic ecotopes of Elton and Baskunchak Lakes (Volgograd and Astrakhan regions). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2011, vol. 13, no. 1-4, pp. 863-870. (In Russian)
14. Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Shitikov V.K., Abrosimova E.V. Plankton and benthic communities of highly mineralized rivers in the basin of lake Elton: statistical analysis of correlations. *Morskoi biologicheskii zhurnal* [Marine Biological Journal]. 2016, vol. 1, no. 3, pp. 32-34. (In Russian)
15. Rozentsvet O.A., Nesterov V.N., Bogdanova E.S., Tabalenkova G.N., Zakhozhiy I.G. Biochemical Conditionality of Halophytes' Differentiation by the Type of Regulation of Salt Metabolism in Prieltonye. *Sibirskiy Ekologicheskii Zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 117-126. (In Russian) DOI: 10.15372/SEJ20160112
16. Rozentsvet O.A., Kosobryukhov A.A., Zakhozhiy I.G., Tabalenkova G.N., Nesterov V.N., Bogdanova E.S. Photosynthetic parameters and redox homeostasis of *Artemisia santonica* L. under conditions of Elton region. *Plant Physiology Biochemistry*, 2017, vol. 118, pp. 385-393. DOI: 10.1016/j.plaphy.2017.07.005

#### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Геннадий С. Розенберг подготовил и написал рецензию. Автор несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Gennady S. Rozenberg prepared and wrote a review. Author is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

#### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

#### ORCID

Геннадий С. Розенберг / Gennady S. Rozenberg <https://orcid.org/0000-0002-8820-4459>



**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 Орджоникидзевна**, к.б.н., доцент, e-mail: dagecolog@mail.ru,  
моб. тел. +79285375323

**Иванушенко Юлия Юрьевна**, магистр экологии, e-mail: dagecolog@mail.ru

**Адрес редакции:** 367001, Россия, г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21, ООО «Институт прикладной экологии»,  
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, e-mail: dagecolog@mail.ru, tel. +79285375323

**Yuliya Yu. Ivanushenko**, master of ecology, e-mail: dagecolog@mail.ru

**Editorial address:** 367001, Russia, Makhachkala, 21 Dakhadaeva st.

tel. / fax: +7 (8722) 56-21-40

**Founders of journal:**

The limited liability company Publishing House «Kamerton»

Dagestan State University

Издание зарегистрировано Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и  
средств массовых коммуникаций.

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)

Зарубежная подписка оформляется через фирмы-партнеры ЗАО «МК-периодика»

по адресу: 129110, Москва, ул. Гиляровского, 39, ЗАО «МК-периодика»;

Тел.: (495) 281-91-37; 281-97-63; Факс (495) 281-37-98. E-mail: info@periodicals.ru

Internet: <http://www.periodical.ru>

To effect subscription it is necessary to address to one of the partners of JSC «MK-periodica»  
in your country or to JSC «MK-periodica» directly.

Address: Russia, 129110, Moscow, 39, Gilyarovskiy St., JSC «MK-periodica».

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Оригинал-макет подготовлен в ООО «Институт прикладной экологии».

Подписано в печать 17.07.2020 г.

Объем 22,25. Тираж 100. Заказ № 61.

Формат 70х90%. Печать офсетная.

Бумага офсетная № 1.

Тиражировано в типографии ИПЭ РД

г. Махачкала, ул. Дахадаева, 21